

Diagnostic périopératoire et échographie interventionnelle

Diagnostic périopératoire et échographie interventionnelle

Dominic Harmon, MB, MSc, MD, FCARCSI

Professor, Anaesthesia and Pain Medicine,
Department of Anaesthesia and Pain Management,
Mid-Western Regional Hospital,
University of Limerick,
Limerick, Ireland

Henry P. Frizelle, MB, MD, FFARCSI

Consultant, Anaesthetist,
Department of Anaesthesia and Intensive Care,
Mater Misericordiae University Hospital,
Dublin, Ireland

NavParkash S. Sandhu, MD

Associatif Clinical Professor, Department of
Anesthesiology, University of California, San Diego,
San Diego, California

Frances Colreavy, MB, FFARCSI

Consultant, Intensive Care Medicine,
Department of Anaesthesia and Intensive Care,
Mater Misericordiae University Hospital,
Dublin, Ireland

Michael Griffin, MB, BSc, MD, FFARCSI

Consultant, Anaesthetist,
Department of Anaesthesia and Intensive Care,
Mater Misericordiae University Hospital,
Dublin, Ireland

Traduction et adaptation

Frédéric Lapostolle

Médecin, spécialiste en anesthésie-réanimation
et en médecine d'urgence, SAMU 93, centre hospitalier
universitaire Avicene, Bobigny

Jean Catoire

Médecin, spécialiste en anesthésie-réanimation
et en médecine d'urgence,
centre hospitalier Princesse Grace, Monaco

Elisabeth Gaertner

Médecin, spécialiste en anesthésie-réanimation
et en médecine d'urgence, hôpital de l'Archet 2,
centre hospitalier universitaire, Nice



ELSEVIER
MASSON

Edition originale : *Perioperative Diagnostic and Interventional Ultrasound*

Dominic Harmon, MB, MSc, MD, FCARCSI, Professor, Anaesthesia and Pain Medicine, Department of Anaesthesia and Pain Management, Mid-Western Regional Hospital, University of Limerick, Limerick, Ireland.

Henry P. Frizelle, MB, MD, FFARCSI, Consultant, Anaesthetist, Department of Anaesthesia and Intensive Care, Mater Misericordiae University Hospital, Dublin, Ireland.

NavParkash S. Sandhu, MD, Associatif Clinical Professor, Department of Anesthesiology, University of California, San Diego, San Diego, California.

Frances Colreavy, MB, FFARCSI, Consultant, Intensive Care Medicine, Department of Anaesthesia and Intensive Care, Mater Misericordiae University Hospital, Dublin, Ireland.

Michael Griffin, MB, BSc, MD, FFARCSI, Consultant, Anaesthetist, Department of Anaesthesia and Intensive Care, Mater Misericordiae University Hospital, Dublin, Ireland.

L'édition originale, *Perioperative Diagnostic and Interventional Ultrasound* (ISBN 978-1-4160-3356-1), a été publiée par Saunders, une marque de Elsevier Inc.

Frédéric Lapostolle est médecin, spécialiste en réanimation et en médecine d'urgence, SAMU 93, centre hospitalier universitaire Avicenne, Bobigny.

Jean Catineau est médecin, spécialiste en anesthésie-réanimation et en médecine d'urgence, centre hospitalier Princesse Grace, Monaco.

Elisabeth Gaertner est médecin, spécialiste en anesthésie-réanimation et en médecine d'urgence, hôpital de l'Archet 2, centre hospitalier universitaire, Nice.

Édition originale : *Perioperative Diagnostic and Interventional Ultrasound*

Executive Publisher : Natasha Andjelkovic

Editorial Assistant : Isabel Trudeau

Senior Project Manager : Mary Stermel

Design Direction : Louis Forgione

Édition française : *Diagnostic périopératoire et échographie interventionnelle*

Responsables éditoriaux : Fabienne Roulleaux, MarieJo Rouquette, Tarik Oulehri

Éditeurs : Muriel Chabert, Anne Berthelémy

Chef de projet : Françoise Méthiviez

Maquette de couverture : Véronique Lentaigne

© 2008 Elsevier Inc. All rights reserved.

© 2010 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés pour la traduction française

62, rue Camille-Desmoulins, 92442 Issy-les-Moulineaux cedex

<http://france.elsevier.com>

L'éditeur ne pourra être tenu pour responsable de tout incident ou accident, tant aux personnes qu'aux biens, qui pourrait résulter soit de sa négligence, soit de l'utilisation de tous produits, méthodes, instructions ou idées décrits dans la publication. En raison de l'évolution rapide de la science médicale, l'éditeur recommande qu'une vérification extérieure intervienne pour les diagnostics et la posologie.

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés réservés pour tous pays.

En application de la loi du 1^{er} juillet 1992, il est interdit de reproduire, même partiellement, la présente publication sans l'autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).

All rights reserved. No part of this publication may be translated, reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any other electronic means, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without prior permission of the publisher.

Photocomposition : SPI Publisher Services, Pondichéry, Inde

Imprimé en Italie par Printer Trento S.r.l., 38100 Trento

Dépôt légal : septembre 2010

ISBN : 978-2-8101-0088-0

Liste des auteurs

Steven Gayer, MD, MBA

Director of Anesthesia Services
Bascom Palmer Eye Institute
Associate Professor of Anesthesiology
and Ophthalmology
University of Miami Miller School of Medicine
Miami, Florida

Tadhg G. Glesson, MB, MRCPI, FFRCSI

Department of Radiology
Mater Misericordiae University Hospital
Dublin, Ireland

Conor Hearty, MB, FCARCSI

Department of Anaesthesia
Mid-Western Regional Hospital
Limerick, Ireland

Philip Hu, FCARCSI, MD

Consultant Anaesthetist
deloide and Meath Hospital Incorporating
the National Children's Hospital
Dublin, Ireland

Shyamala Karuvannur, MD

Assistant Clinical Professor
University of California, San Diego
San Diego, California

Chandra M. Kumar, MBBS, DA, FFARCSI, FRCA, MSc

Consultant Anaesthetist
Academic Department of Anaesthesia
The James Cook University Hospital
Middlesbrough, United Kingdom

Stephen Mannion, MRCPI, FCARCSI

Consultant Anaesthetist
Department of Anaesthetist
South Infirmiry-Victoria University Hospital
Cork, Ireland

Iain Moppett, MD

Clinical Lecturer
University Department of Anaesthesia
Queen's Medical Centre
Nottingham, United Kingdom

John G. Murray, MD

Consultant Radiologist
Department of Radiology
Mater Misericordiae University Hospital
Dublin, Ireland

Ahtsham Niazi, MB, FCARCSI

Assistant Professor of Anaesthesia
University of Toronto Faculty of Medicine
Staff Anesthesiologist
Toronto Western Hospital
Toronto, Ontario, Canada

Brain O'Brien, MD, MSc, FCARCSI

Consultant Anaesthetist
Department of Anaesthesia and Intensive Care
Mater Misericordiae University Hospital
Dublin, Ireland

Angus O'Connor, MB, MRCPI, FRCR

Consultant Radiologist
Department of Radiology
Nottingham City Hospital
Nottingham, United Kingdom

Brain D. O'Donnell, MB, FCARCSI

Clinical Lecturer
Department of Anaesthesia
Cork University Hospital
Cork, Ireland

Stephen Roberts, MBChB, MD

Consultant Anaesthetist
The Jackson Rees Department of Pediatric Anaesthesia
Alder Hey Hospital Royal Liverpool Children's,
NHS Trust
Liverpool, United Kingdom

Jaspreet Singh, MD

Department of Anesthesiology
New York University, School of Medicine
New York, New York

Avant-propos

L'échographie révolutionne de nombreux domaines de la médecine, des urgences médicales à l'ophtalmologie, et l'anesthésie n'échappe pas à ce mouvement. La capacité de visualiser de façon dynamique des structures anatomiques et, dans de nombreux cas, de positionner les aiguilles à l'aide de l'échographie a modifié notre pratique, de l'unité de soins intensifs au service de prise en charge de la douleur. L'examen échographique et l'échoguidage sont déjà devenus des outils essentiels du monitoring cardiovasculaire et de l'abord vasculaire. Bien que l'utilisation de l'échographie soit moins bien étudiée dans le domaine de l'anesthésie régionale et de la prise en charge de la douleur, il n'y a pas de doute dans mon esprit que l'échographie deviendra un *gold standard* pour la pratique médicale dans ce domaine, et ce dans les 10 ans qui viennent. Dans le but d'étendre les connaissances sur l'utilisation de l'échographie en anesthésie, il est vital que des éléments de formation de haute qualité soient disponibles. Ainsi, jusqu'à présent, peu de sources dans la littérature anesthésique donnaient des recommandations sur la réalisation de ces différentes techniques.

Le professeur Dominic Harmon et ses collègues ont accompli un travail admirable en réalisant cet ouvrage pour combler ce manque. Le professeur Harmon a une expérience conséquente dans l'utilisation de l'échographie en anesthésie et dans la prise en charge de la douleur. Dans ces circonstances, il n'est pas surprenant que ce livre soit aussi bien conçu et aussi complet. Les auteurs ont écrit une partie conséquente du texte ; ils ont en outre fait appel à un groupe international de

contributeurs, tous experts dans leur domaine respectif, pour rédiger d'importants chapitres. Cet ouvrage est divisé en quatre parties qui couvrent les bases de l'échographie, l'utilisation de l'échographie en période péri-opératoire et en unité de soins intensifs, ainsi que l'utilisation de l'échographie en anesthésie régionale et dans la prise en charge de la douleur. Dans chaque chapitre, une attention particulière a été accordée aux considérations pratiques et à la recherche soutenant ces pratiques, permettant au praticien de se familiariser avec la technique et les preuves de son intérêt.

J'ai été particulièrement honoré d'avoir été sollicité pour contribuer à ce projet avec les plus éminents experts mondiaux dans l'utilisation de l'échographie en anesthésie, en anesthésie locorégionale et dans la prise en charge de la douleur. Cet ouvrage sera pris comme référence par tous les anesthésistes qui souhaitent se familiariser ou améliorer leur expertise dans l'utilisation de l'échographie en anesthésie et dans la prise en charge de la douleur. De plus, ce livre occupera une place prédominante dans la bibliothèque des anesthésistes, des réanimateurs et des praticiens d'autres spécialités qui auront besoin de l'échographie comme outil essentiel de leur pratique dans les années à venir.

COLIN J.L. MCCARTNEY, MB, FRCA, FCARCSI, FRCPC
Director of Regional Anesthesia and Pain Research
Sunnybrook Health Sciences Centre
University of Toronto
Toronto, Ontario, Canada

Remerciements

La réalisation de ce livre et du projet vidéo qui l'accompagne a été facilitée par le soutien de Sonosite Inc., Washington, États-Unis.

La patience et le soutien de M. Gunnar Olafsson BSc (physiologie) [Sonosite] ont été essentiels dans l'accomplissement de ce projet.

Les auteurs de cet ouvrage souhaitent aussi remercier les personnes suivantes pour leur conseil, leur soutien et leur travail conséquent dans l'assemblage du matériel contenu dans cet ouvrage.

Tous les auteurs qui ont mis leur expérience au service de la rédaction des différents chapitres.

M. Aidan Maguire, directeur de télévision, pour la production vidéo, et son assistant technique, M. Joe Peake.

Mme Florence Grehan, pour son excellente production photographique et vidéo.

Le Dr Conor Hearty, pour son assistance clinique durant les séances de photographie et de vidéo.

Tous les patients qui se sont montrés disponibles pour la production des images et qui ont permis que les blocs soient réalisés sur eux.

Tous les volontaires qui ont été disponibles pour la production des images.

L'équipe chirurgicale et paramédicale du Mid-Western Regional Hospital et du Nesson's Orthopedic Hospital (Limerick, Irlande), pour leur patience et leur coopération.

Le Dr Harmon remercie Annette, Eoin et Roisin pour leur indéfectible soutien.

Préface à l'édition anglaise

L'échographie touche maintenant tous les domaines de l'anesthésie et de la médecine opératoire, offrant de nombreux avantages comme outil diagnostique et comme outil d'intervention. L'échographie fait désormais partie du programme de formation dans tous les départements d'anesthésie et dans toutes les unités de soins intensifs. Elle demeure, cependant, opérateur-dépendant, et un entraînement adéquat ainsi qu'une certification constituent des objectifs prioritaires.

Les auteurs de cet ouvrage ont été impliqués, depuis plusieurs années, dans l'organisation de formations et d'ateliers sur l'utilisation de l'échographie comme outil diagnostique et comme outil d'intervention en période opératoire. Ceci inclut les ateliers sur les blocs nerveux périphériques échoguidés, les abords vasculaires échoguidés, l'utilisation de l'échographie en unité de soins intensifs et l'échographie transœsophagienne. Notre objectif dans l'organisation de ces formations et ateliers était de poser les fondations sur lesquelles les cliniciens pourraient développer leur expertise. En réalisant collectivement cet ouvrage, nous avons franchi une étape supplémentaire dans cette démarche.

Nous étions conscients du défaut de document informatif et complet couvrant tous les aspects de l'échographie dans sa pratique en anesthésie et en médecine périopératoire. Même si des informations sur ce sujet existent dans différents livres et sources multimédias, il semblait raisonnable de présenter les aspects théoriques et pratiques de l'échographie dans ce contexte sous forme d'un ouvrage complet comprenant deux éléments : un livre et un DVD.

Nous espérons que le résultat est un outil d'apprentissage individuel qui permettra aux anesthésistes, aux réanimateurs et aux autres professionnels de santé d'apprendre l'échographie diagnostique et d'intervention, sûrement et efficacement.

DOMINIC HARMON

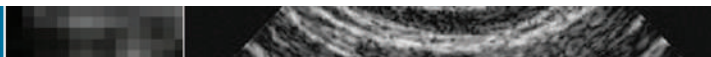
HENRY P. FRIZELLE

NAV PARKASH S. SANDHU

FRANCES COLREAVY

MICHAEL GRIFFIN

Préface à l'édition française



Même si certains trouvent que l'échographie a conquis l'espace de notre spécialité par son aspect ludique, si d'autres trouvent qu'une énorme pression industrielle est sous-jacente à cette progression, si d'autres encore trouvent qu'ils n'en ont pas besoin car sûrs de leur technique, et même si nous ne deviendrons jamais de vrais radiologues, il est indéniable que l'application des ultrasons en pratique courante est la révolution de la dernière décennie. En quelques années en effet l'échographie, permettant la visualisation directe des structures anatomiques et de leurs rapports, a radicalement changé la pratique de l'anesthésie - réanimation. L'échographie n'affranchit pas de la connaissance de l'anatomie classique, mais la vision en temps réel des structures, aiguilles de ponction et organes, permet d'accélérer certains diagnostics et ainsi la mise en route d'une thérapeutique, améliore la performance pour certains actes invasifs et ceci avec un confort optimisé pour le patient. Cette pratique nécessite une redéfinition des procédures, une réflexion sur les règles de sécurité et d'hygiène. C'est en ALR que ce changement de culture est le plus spectaculaire (de la neurostimulation à l'échoguidage, de l'opacification radiologique des cathéters à la visualisation de leur extrémité et de la diffusion du produit anesthésique). Après la période d'apprentissage comprenant des notions de bases physiques des ultrasons, de maniement de l'appareil, de la sono anatomie, le praticien verra très vite ses performances s'améliorer et trouvera différentes applications de l'échographie dans son exercice journalier. Comment ne pas s'aider des ultrasons pour poser une voie centrale alors que l'on sait visualiser de petits nerfs que l'on va délicatement entourer de solution anesthésique locale ? Comment ne pas être tenté d'élargir les indications des ultrasons vers nos difficultés quotidiennes comme les ponctions veineuses ou artérielles difficiles,

les blocs chez les obèses ? Le dernier champ d'application qui certes paraît surprenant pour certains dont la pratique de l'ALR est déjà ancienne concerne les anesthésies périmédullaires, avec visualisation de la profondeur et du niveau de ponction mais aussi échoguidage en temps réel de l'aiguille.

Les outils d'apprentissage à notre disposition ont progressé très rapidement, avec mise à la disposition des praticiens de vidéos, d'ouvrages proposant les coupes échographiques, de stages et DIU. Cet ouvrage, très complet, offre une iconographie très riche dont se rapprochera le débutant mais aussi le praticien confirmé qui complétera ses apprentissages. Nul ne peut actuellement commencer la pratique de l'échographie, que ce soit en réanimation ou en anesthésie, sans avoir en tête la coupe sono anatomique qu'il doit obtenir. L'entraînement se fait en simulation ou sur l'animal avant de débiter par les gestes les plus simples. La définition des images à l'écran a évolué et les images d'aujourd'hui ne sont pas celles de demain, et encore moins celles dont on disposera dans un an avec l'apparition de la 3D.

Certains pays ont déjà inclus la pratique des ultrasons dans leurs recommandations, que ce soit en anesthésie, réanimation, voire même en médecine d'urgence. La littérature récente regorge d'articles sur l'échographie : cas cliniques, mises au point mais surtout études randomisées comparatives de haut grade et la médecine basée sur les preuves a fait apparaître les ultrasons dans les différents référentiels de notre spécialité.

Pour améliorer nos performances dans l'intérêt du patient, passons de techniques aveugles à la visualisation, tout en respectant les règles de sécurité antérieures en aucun cas abandonnées.

ELISABETH GAERTNER

Histoire des ultrasons en anesthésie

1

CONOR HEARTY, DOMINIC HARMON



Les ultrasons ont évolué, des bases physiques théoriques vers un outil de recherche, pour devenir aujourd'hui un précieux instrument de diagnostic, d'évaluation et d'optimisation des thérapeutiques. Le chemin a été long et l'essentiel est dû aux physiciens, aux ingénieurs en mécanique, en électronique et aux ingénieurs biomédicaux qui ont développé cette technologie.

La vitesse du son a été mesurée pour la première fois par Jean-Daniel Colladon en 1826, avec son expérience de la cloche sous-marine dans le lac de Genève [1]. La physique du son a été ensuite décrite par lord Rayleigh en 1877, dans son article : « *The Theory of Sound* » (la théorie du son). Lazzaro Spallanzani (1729-1799), prêtre et physiologiste italien, a cherché à expliquer la capacité des chauves-souris à évoluer dans l'obscurité. Il a démontré que les chauves-souris pouvaient se déplacer les yeux cachés, mais qu'elles butaient contre les obstacles lorsque leur bouche était couverte, ce qui l'a conduit à suggérer l'existence de sons inaudibles [2,3]. En 1880, Pierre et Jacques Curie ont décrit la transformation de l'énergie électrique en énergie mécanique par certains cristaux, *l'effet piézoélectrique* [4].

Le changement de siècle a vu arriver le développement du sonar. Les attentes autour de cette technologie ont considérablement augmenté après le naufrage du Titanic en 1912. Les radars ont suivi. Les années 1930 ont vu le développement des détecteurs par ultrasons des défauts du métal et cette technologie a été plus tard adaptée et utilisée par le monde médical. Initialement, les ultrasons ont été utilisés comme traitement ou « remède de charlatan », capable de tout traiter. Les deux décennies suivantes ont annoncé la découverte de nouveaux cristaux avec un meilleur rendement en production d'énergie par *effet piézoélectrique*.

George Ludwig a été crédité de la première description de l'utilisation des ultrasons comme outil diagnostique pour l'identification, *in vitro*, de lithiase biliaire sur des tissus animaux. Ses recherches reposaient sur des ultrasons en mode A (A pour « amplitude »). Son appareil a été, plus tard, commercialisé pour un usage en médecine et en biologie [5-8].

C'est dans les années 1950 que l'examen en mode B (B pour « brillance ») est devenu une réalité, permettant l'obtention d'images en deux dimensions. Douglass et Howry ont présenté un « pan-scanner » (figure 1.1) à une conférence de l'American Medical Association et ont reçu une récompense pour ce travail. L'appareil montrait de nombreuses limites ; par exemple, le patient était immergé dans l'eau et l'engin était bien loin

d'être portable, mais il donnait des images précises et reproductibles des organes.

Le premier appareil portable était un appareil doté d'un bras articulé fabriqué par Holmes à l'université du Colorado, puis développé et commercialisé en 1962 par ses collègues Wright et Meyerdirck, formant la *Physionics Engineering Inc.* [9-11].

Les années 1960 ont vu l'explosion de la recherche sur les ultrasons : équipements utilisant l'imagerie en mode A et en mode B, dont le premier « *fast B-scanner* », le *Vidoson* de Siemens. Les spécialités comme l'obstétrique et la gynécologie, l'urologie, la chirurgie générale et la cardiologie étaient enthousiasmées à l'idée d'évaluer cette technologie dans leur domaine. Le premier congrès mondial sur l'échographie (*World Congress on Ultrasonic Diagnostics in Medicine*) s'est déroulé à Vienne en 1969 et le second à Rotterdam, en 1972, où un nombre croissant de communications a été présenté. Ces congrès ont permis de constituer un groupe international de cliniciens et de scientifiques qui ont activement contribué au développement de la technologie et de la méthodologie de l'échographie [1].

Barnett et Morley ont publié en 1974 *Clinical Diagnostic Ultrasound (Diagnostic clinique par échographie)*, premier livre consacré à l'échographie abdominale en mode B. Le développement, dans les années 1970, de l'échographie en mode B vers l'échographie que nous connaissons actuellement a effectivement été déterminé par la technologie. La plus importante innovation dans l'imagerie par ultrasons, consécutive à l'invention du composé d'imagerie de contact, a été l'apparition du convertisseur d'image. Celui-ci, déposé sur le tube de rayon cathodique de faible résolution avec l'introduction d'un convertisseur d'image analogue, permettait de « lire » les faisceaux des ultrasons et d'afficher l'information sur un écran de télévision. Cette technologie est connue sous le nom d'« échelle de gris » (« *gray scale* ») [12,13].

Le progrès technologique suivant est apparu sous la forme du convertisseur d'image digital ; lentement, les progrès en microprocesseurs ont permis aux appareils d'échographie de devenir plus petits et à chaque étape du processus d'être numérisée. Les autres améliorations, dans les années 1990, ont vu l'augmentation du nombre de cristaux transducteurs ¹ (ou canaux, de 64 à 128),

¹Un transducteur (*transducer*) est un élément qui transforme une forme d'énergie en une autre. Pour les sondes d'échographie, l'énergie électrique est convertie en ultrasons, et vice-versa. Le transfert d'énergie utilise l'effet piézoélectrique. (N.d.T.)



■ **Figure 1.1.** Technique d'examen ultrasonore de « pan scanner » de Douglass et Howry, au congrès de l'American Medical Association. Avec l'autorisation du Dr Barry Goldberg, Chairman of the Archives Committee of the Association for Medical Ultrasons, www.aium.org.

l'amélioration dans la technologie des cristaux transducteurs (vers du haut débit et une gamme de haute dynamique), et l'augmentation de la gamme d'ouverture (plus de cristaux « tirant » dans une même unité de temps). Le résultat final est un appareil moins cher, portable et, plus important encore en anesthésie, offrant une bien meilleure résolution.

Les premiers anesthésistes à prendre conscience de l'intérêt potentiel de la technologie ultrasonore exerçaient l'anesthésie en cardiologie. Cette prise de conscience est née du besoin de disposer d'une évaluation plus précise du débit cardiaque peropératoire. Ils ont commencé en utilisant l'échocardiographie épicaudique (c'est-à-dire en contact direct avec le cœur) [14,15]. Le moment décisif est survenu lorsque, sous la collaboration du Dr Yasu Oka et du Dr Masayuku Matsumoto, l'échographie trans-thoracique et le stéthoscope œsophagien ont été réunis [15]. Ils ont publié leur découverte dans le *New York State Journal of Medicine*. Depuis, c'est devenu un instrument essentiel pour les praticiens exerçant l'anesthésie en cardiologie.

Au cours des dernières années, l'échographie a été encore davantage embrassée par le monde de l'anesthésie. La visualisation de l'anatomie avant l'administration des agents anesthésiques a toujours été un objectif pour ceux qui pratiquent des anesthésies locorégionales. Le premier rapport de la visualisation de la diffusion en temps réel d'un anesthésique local par l'échographie a été publié en 1994 par Kapral et al. Ils ont décrit la réalisation échoguidée d'un bloc sus-claviculaire du plexus brachial [16].

Ce travail a potentiellement éliminé les plus sérieuses complications de ce geste, ne rapportant pas de lésion vasculaire, ni de lésion neurologique, ni de pneumothorax, et posant les fondations de l'utilisation en routine de l'anesthésie locorégionale échoguidée. Depuis cette publication originale [16], l'équipe de Vienne a rapporté plus

de 4 000 procédures d'anesthésie locorégionale avec un taux de succès voisin de 100 % [17].

Presque chaque bloc, préalablement décrit, a été modifié pour permettre une visualisation directe, par échographie, de la diffusion de l'anesthésique local. L'équipement requis pour pratiquer l'anesthésie locorégionale échoguidée est devenu plus abordable et très largement disponible. Le principal facteur limitant le développement de cette « sous-spécialité » est désormais la disponibilité du personnel formé et entraîné ! Les avantages de cette technique sont nombreux : meilleur taux de succès, réalisation plus rapide du bloc, utilisation de plus faibles doses d'anesthésique local, plus grande satisfaction du patient [17] et, potentiellement, plus grande sécurité.

Les sondes linéaires à haute fréquence offrent de meilleures images des structures anatomiques qui intéressent les anesthésistes. Les aiguilles utilisées pour ces techniques étaient initialement des aiguilles de stimulation nerveuse. Utiliser la stimulation de nerfs périphériques optimise la courbe d'apprentissage. Des aiguilles de calibre supérieur avec une extrémité de type Hustead sont plus faciles à visualiser. L'industrie développe actuellement des aiguilles spécifiquement conçues pour l'anesthésie locorégionale échoguidée [18].

Une progression logique, à partir de l'anesthésie locorégionale échoguidée, est de faire de l'échographie un outil d'utilisation plus large en anesthésie. Ce chemin a déjà été suivi en obstétrique, en gynécologie et en cardiologie. En outre, l'augmentation de l'intérêt et de l'utilisation des ultrasons chez les anesthésistes doit contribuer à une meilleure compréhension de l'anatomie et du mode d'action de l'anesthésie nerveuse périphérique. Ceci devrait changer la vision de cette pratique... d'un art vers une science.

La place de l'échographie dans l'arsenal de l'imagerie doit contribuer à augmenter les capacités d'intervention clinique. Ceci se ressent dans les chapitres de cet ouvrage, qui abordent l'utilisation de l'échographie pour les abords vasculaires, les soins de réanimation et la prise en charge des douleurs chroniques. L'échographie comme outil quotidien arrive en anesthésie un peu plus tard que dans d'autres spécialités, mais... mieux vaut tard que jamais !

RÉFÉRENCES

1. Woo J : *A short history of the developments of ultrasound in obstetrics and gynecology*. 1999. Available at <http://www.ob-ultra.sound.net/history.html>.
2. Griffin DR, Galambos R : The sensory basis of obstacle avoidance by flying bats. *J Exp Zool* 86 : 481-506, 1941.
3. Hill CR : Medical ultrasonics : An historical review. *Br J Radiol* 46 : 899-905, 1973.
4. Curie J, Curie P : Développement par pression de l'électricité polaire dans les cristaux hémihédres à faces inclinées. *C R Acad Sci (Paris)* 91 : 294-295, 1880.
5. Ludwig GD, Bolt RH, Hueter TF, Ballantine HT : Factors influencing the use of ultrasound as a diagnostic aid. *Trans Am Neurol Assoc* 51 : 225-228, 1950.
6. Ludwig GD, Ballantine HT : Ultrasonic irradiation of nervous tissue, *Surgical Forum, Clinical Congress of the American College of Surgeons*, p. 400, 1950.
7. Ludwig GD : The velocity of sound through tissues and the acoustic impedance of tissues. *J Acoust Soc Am* 22 : 862-866, 1950.
8. Ludwig GD, Struthers FW : Detecting gallstones with ultrasonic echoes. *Electronics* 23 : 172-178, 1950.

9. Howry DH : The ultrasonic visualization of soft tissue structures and disease processes. *J Lab Clin Med* 40 : 812-813, 1952.
10. Howry DH, Bliss WR : Ultrasonic visualization of soft tissue structures of the body. *J Lab Clin Med* 40 : 579-592, 1952.
11. Howry DH : Development of an ultrasonic diagnostic instrument. *Am J Phys Med* 37 : 234, 1958.
12. Taylor KJW, McCreedy VR : A clinical evaluation of gray scale ultrasonography. *Br J Radiol* 49 : 244-252, 1976.
13. Taylor KJW, Carpenter DA, Hill CR, McCreedy VR : Gray scale ultrasound imaging. The anatomy and pathology of the liver. *Radiology* 119 : 415-423, 1976.
14. Oka Y : The evolution of intraoperative transesophageal echocardiography. *Mt Sinai J Med* 69 : 18-20, 2002.
15. Matsumoto M, Oka Y, Lin YT, et al : Transesophageal echocardiography for assessing ventricular performance. *N Y State J Med* 79 : 19-21, 1979.
16. Kapral S, Krafft P, Eibenberger K, et al : Ultrasound-guided supraclavicular approach for regional anesthesia of the brachial plexus. *Anesth Analg* 78 : 507-513, 1994.
17. Marhofer P, Greher M, Kapral S, et al : Ultrasound guidance in regional anaesthesia. *Br J Anaesth* 94 (1) :7-17, 2005.
18. Schafhalter-Zoppoth I, McCulloch CE, Gray AT : Ultrasound visibility of needles used for regional nerve block, an in vitro study. *Reg Anesth Pain Med* 29 : 480-488, 2004.

2

Ce qu'il faut savoir de la physique des ultrasons

BRIAN O'BRIEN, MICHAEL GRIFFIN



Les sons situés au-dessus de la gamme des fréquences audibles (c'est-à-dire au-delà de 20 000 cycles par seconde ou 20 kHz) sont appelés « ultrasons ». Les ultrasons à destination médicale ont typiquement une fréquence de plus de 100 fois supérieure à la limite de l'audition d'humaine (2 MHz ou plus). Néanmoins, les principes qui gouvernent le comportement du son et des ultrasons sont semblables. La compréhension de ces principes est essentielle pour que les ultrasons soient utilisés et interprétés correctement et en toute sécurité. L'objectif de ce chapitre est de proposer une vue d'ensemble des processus de production des ondes ultrasonores, de leur transmission et de leurs modifications au travers des différents tissus, de leur détection par la sonde et de leur représentation finale.

Production du faisceau ultrasonore : le transducteur piézoélectrique

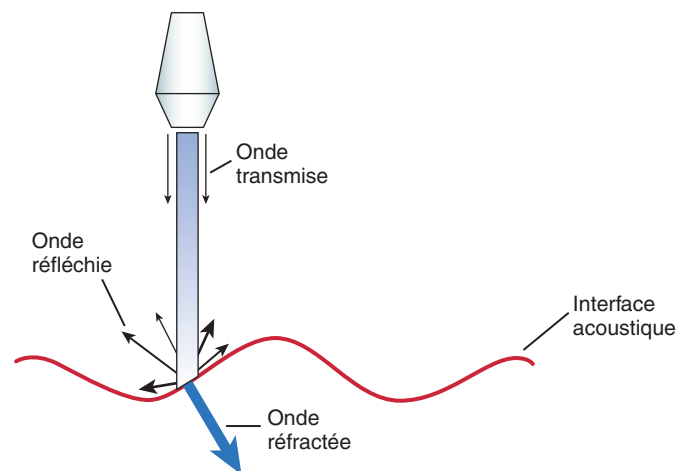
Certaines substances cristallines, comme le quartz ou la tourmaline, ont une propriété appelée « effet piézoélectrique ». Quand une tension électrique leur est appliquée, ils changent de forme ; inversement, quand ils sont fortement comprimés et déformés, ils produisent un courant électrique (le préfixe *piézo* vient d'un mot grec signifiant « presser, comprimer »). Ainsi, quand une telle substance est soumise à des impulsions électriques, elle oscille et change cycliquement de forme, et ainsi transforme ou « transduce » l'énergie d'une forme électrique à une forme mécanique. Cette oscillation se produit à la « fréquence de résonance » du cristal, fréquence inversement proportionnelle à son épaisseur. Le fonctionnement des montres digitales, dans lesquelles une batterie fournit l'énergie électrique provoquant la résonance du cristal de quartz, est un exemple quotidien de l'utilisation de la piézoélectricité. Les sondes à ultrasons modernes utilisent un matériau offrant des propriétés piézoélectriques supérieures à celles du quartz, comme le titano-zirconate de plomb. Des recherches récentes suggèrent que ces substances se déforment probablement dans plus d'un plan quand une tension leur est appliquée, accroissant ainsi l'effet piézoélectrique.

Propagation de l'onde ultrasonore

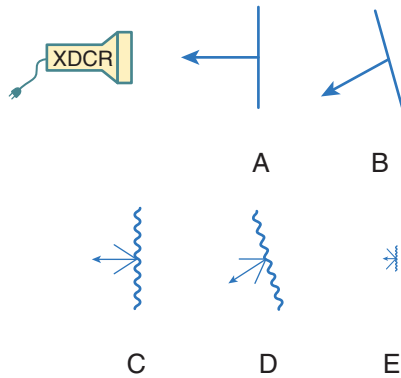
Alors que la vitesse du son dans l'air est d'environ 330 m/s, il se déplace approximativement 5 fois plus vite dans l'eau, qui est un milieu proche de la plupart

des tissus du corps humain. Dans le sang et les tissus mous, les ultrasons se déplacent à environ 1540 m/s, ou à 1,54 mm/ μ s ; les appareils médicaux à ultrasons effectuent leurs calculs sur cette base. Le contact entre l'extrémité de la sonde et la peau est optimisé par l'utilisation d'un gel conducteur. À partir de là, le faisceau ultrasonore traverse les tissus et il peut être transmis, réfléchi, réfracté, dispersé, ou même transformé sous une autre forme (par exemple en énergie calorifique). Ce qui se produit dans une situation particulière dépend des propriétés des tissus par lesquels passe le faisceau.

L'onde traverse le milieu jusqu'à ce qu'elle rencontre une interface (figure 2.1). En ce lieu, la plupart des faisceaux sonores sont transmis ou réfléchis : le rapport de l'amplitude de l'onde réfléchie à l'onde incidente est le *coefficient de réflexion* et le rapport de l'onde transmise à l'onde incidente est le *coefficient de transmission* (figure 2.1). Le principe de conservation d'énergie implique que si davantage d'énergie est réfléchie, moins d'énergie est transmise, et vice-versa. Le degré de réflexion ou de transmission du faisceau sonore dépend de la différence d'impédance acoustique des tissus, ceci étant défini comme le produit de la densité du tissu par la



■ **Figure 2.1.** Une onde acoustique traverse le milieu jusqu'à ce qu'elle rencontre une interface acoustique. À ce point, l'essentiel du faisceau sonore est transmis ou réfléchi : le rapport de l'onde réfléchie à l'onde incidente est le coefficient de réflexion. L'onde transmise est réfractée, c'est-à-dire que la trajectoire est modifiée par la création d'un angle par rapport au trajet du faisceau incident. D'après Feigenbaum H, Armstrong WF, Ryan T. *Feigenbaum's echocardiography*. 6^e éd. Philadelphie : Lippincott Williams and Wilkins ; 2005. p. 14.



■ **Figure 2.2.** Le son qui n'est pas transmis peut être réfléchi ou dispersé par une surface. Les réflecteurs parfaits (A,B) n'existent pas dans la nature, mais les aiguilles d'acier ou les valves prothétiques en métal peuvent se comporter comme telles. La dispersion du son a plus de chances de se produire au contact de surfaces irrégulières, rugueuses (C,D) ou par la rencontre avec de très petits objets, particulièrement s'ils sont plus petits qu'une longueur d'onde (E). Les ondes acoustiques dispersées sont perdues et ne reviennent pas à la sonde ; elles ne peuvent donc pas contribuer à la formation de l'image. D'après Sidebotham D, Merry A, Legget M, éd. *Practical perioperative transoesophageal echocardiography*. Londres : Elsevier ; 2003. p. 17.

vitesse du son à l'intérieur de ce tissu. Le son transmis est réfracté, c'est-à-dire qu'il traverse le tissu, mais avec une direction modifiée selon un angle proportionnel à la différence de densité des tissus (figure 2.1).

Bien qu'il soit possible d'imaginer que les ondes acoustiques soient réfléchies selon la loi du « tout ou rien » (figure 2.2), cela est rarement le cas dans le corps humain. Bien que la quantité d'énergie sonore réfléchie vers la sonde émettrice dépende de l'angle constitué entre l'onde incidente et la surface de réflexion (figure 2.2b), les ondes réfléchies sont aussi typiquement *dispersées* à des degrés variables. Il est d'autant plus probable que cela se produise sur des surfaces irrégulières ou par le contact avec de très petits objets (surtout inférieurs à une longueur d'onde) [figures 2.2c à 2.2e]. De plus hautes fréquences et, en conséquence, des longueurs d'onde plus courtes réduisent le risque de dispersion en augmentant la quantité de son qui revient à la sonde. Une partie de l'énergie sonore est aussi absorbée ; comme la friction, cela produit de la chaleur. Le niveau auquel cela se manifeste est déterminé par la fréquence de l'onde et la distance parcourue par elle ; il est plus grand pour de plus longues distances et pour les plus hautes fréquences. L'énergie sonore est perdue à un taux approximatif de 0,5-1 dB/cm/MHz. L'énergie ainsi perdue ne peut donc pas revenir à la sonde pour participer à former une image. Ainsi un compromis est-il nécessaire entre une fréquence assez élevée pour limiter la dispersion et assez basse pour pénétrer à une profondeur adaptée sans produire de chaleur excessive. En conséquence, des transducteurs de haute fréquence sont utilisés pour obtenir des images détaillées de structures superficielles ; par exemple, une fréquence de 10 à 15 MHz pourrait être utilisée pour examiner la thyroïde, alors qu'une fréquence de 2 MHz serait choisie pour produire des images (moins détaillées) de

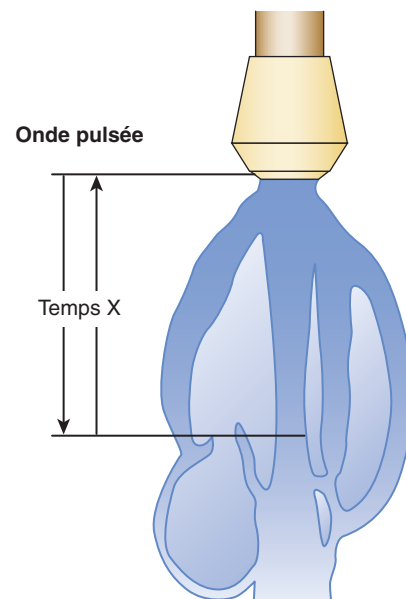
structures intra-abdominales chez un patient obèse. Comme point de référence, il faut considérer qu'un transducteur de 10 MHz permet seulement de pénétrer le tissu corporel à une profondeur d'environ 8 cm.

Mesure des distances des structures fixes

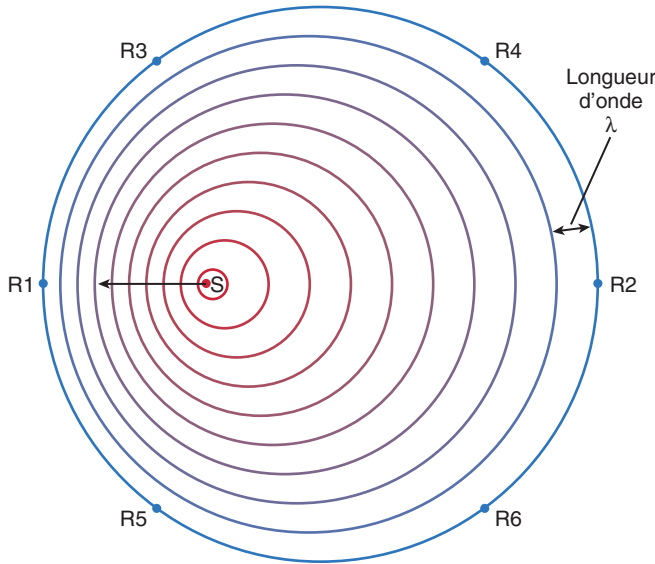
Un transducteur peut être fait pour émettre une brève impulsion sonore et attendre ensuite le retour du son réfléchi (figure 2.3). Une horloge dans le système peut mesurer précisément l'intervalle de temps qui sépare l'émission du son du retour de l'onde sonore. Comme cela correspond exactement au temps que prend l'onde pour aller vers l'objet et revenir, et comme il est connu que la vitesse du son est de 1,54 mm/μs, la distance des objets échogènes peut ainsi être calculée. Une analogie peut être faite avec la chute d'une pierre dans un puits, lorsque le temps avant d'entendre l'impact de la pierre sur l'eau est utilisé pour estimer la profondeur du puits.

Mesure du mouvement : l'effet Doppler

L'effet Doppler est un phénomène communément observé où une onde réfléchie revient vers l'observateur, modifiée par le mouvement de la surface réfléchissante (figure 2.4). L'exemple classiquement employé pour illustrer le phénomène est la façon dont le son du sifflement d'un train semble augmenter en intensité quand il s'approche d'une gare, pour tomber brusquement lorsque le train la franchit. Aujourd'hui, le son d'une voiture de course passant à proximité d'un



■ **Figure 2.3.** Un transducteur émet une impulsion sonore brève et attend ensuite que la portion réfléchie de l'impulsion sonore revienne. Le temps nécessaire entre l'émission de l'impulsion et la réception de l'impulsion réfléchie dépend seulement de la distance entre la sonde et la surface réfléchissante, surface qui est contenue dans le volume d'échantillonnage. D'après Savage RM, Aronson S, éd. *Comprehensive textbook of intraoperative transesophageal echocardiography*. Philadelphie : Lippincott Williams and Wilkins ; 2005. p. 15.



Principe du Doppler

- Son transmis par un objet en mouvement :

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{v}{c}$$

- Son réfléchi par un objet en mouvement :

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{2v}{c}$$

- ... par un objet en mouvement, avec un angle :

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{2v \cos \theta}{c}$$

- Modification...

$$v = \frac{c \Delta f}{2f \cos \theta}$$

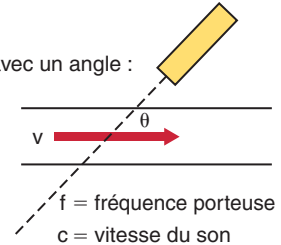


Figure 2.4. L'effet Doppler est un phénomène communément observé où la fréquence d'une onde atteignant un observateur dépend de la direction et de la vitesse de la source. Quand le mouvement n'est pas directement orienté en s'éloignant de l'observateur, un facteur de correction est introduit, basé sur le cosinus de l'angle θ du mouvement (voir le texte). La source S se déplace directement vers l'observateur, en R1, à partir de R2. Ainsi, pour R1 et R2, l'angle θ est de 0 et son cosinus est de 1. Par conséquent, R1 et R2 reçoivent respectivement la plus grande réduction et la plus grande augmentation possible de leur longueur d'onde. Les observateurs à d'autres points détectent des modifications moins extrêmes. Ceux qui sont en R3 et R5 détectent des longueurs d'onde identiques l'un et l'autre ; dans les deux cas, il y a une réduction par rapport à la fréquence source. Inversement, ceux qui sont en R4 et R6 reçoivent des signaux identiques dont la longueur d'onde est augmentée par rapport à l'émission en S. À gauche : d'après Sidebotham D, Merry A, Legget M, eds. *Practical perioperative transoesophageal echocardiography*. Londres : Elsevier ; 2003. p. 34. À droite : d'après Savage RM, Aronson S, eds. *Comprehensive textbook of intraoperative transesophageal echocardiography*. Philadelphie : Lippincott Williams and Wilkins ; 2005. p. 14.

microphone de télévision est sûrement un exemple plus familier, générant une augmentation et une diminution du son que nous percevons immédiatement alors que, pour le pilote, le son reste constant.

Dans le cas de l'échographie clinique, le processus exige que la machine mesure n'importe quel changement de fréquence de l'onde acoustique réfléchi. Si le faisceau est dirigé parallèlement à la direction du mouvement ou de l'écoulement, la vitesse de l'élément en mouvement (qui peut être des hématies ou une interface de tissu, par exemple) se calcule comme suit :

$$\begin{aligned} \text{Vitesse} &= \text{vitesse du son} \\ &\times [(\text{changement de fréquence}) / \\ & (2 \times \text{fréquence d'émission})] \\ \text{ou } v &= c(\Delta f) / 2f \end{aligned}$$

Quand le faisceau ne peut pas être dirigé parallèlement à la direction de l'écoulement ou du mouvement, un facteur de correction est utilisé : le cosinus de l'angle d'incidence (représenté par θ , la lettre grecque thêta) de telle sorte que cela s'exprime ainsi :

$$v = c(\Delta f) / 2f \cos \theta$$

Imagerie Doppler à flux pulsé et continu

L'échographie par Doppler pulsé ne nécessite qu'un transducteur : il émet une impulsion sonore pendant une brève période et ensuite, après une pause de durée

variable, il reçoit l'écho en retour (figure 2.5). En modifiant la durée de la pause (parce que la vitesse du son est constante) et en limitant la période pendant laquelle l'écho est reçu, il est possible d'analyser sonographiquement les régions intéressantes (voir la figure 2.5). Les échos réfléchis par d'autres structures ne devraient théoriquement pas être détectés, puisque le transducteur ne peut pas les recevoir, sauf pendant un délai très bref et approprié. L'onde sonore pulsée doit avoir une durée d'au moins deux longueurs d'onde pour pouvoir être utilisée de façon fiable.

Cependant, il est possible, pendant une période de réception, que des sons reviennent au transducteur à partir de structures se déplaçant rapidement et qu'ils soient alors mal interprétés par la machine. Ce problème risque de se produire si le changement de fréquence Doppler provoqué par le mouvement de l'objet (Δf dans l'équation ci-dessus) excède la moitié de la fréquence de répétition de l'onde (la limite de Nyquist). Connue sous le nom d'*aliasing*, c'est le phénomène qui fait que, dans les vieux films, les roues qui tournent semblent parfois immobiles ou aller dans le mauvais sens : la roue qui effectue un tour complet pendant chaque image du film semble stationnaire, alors que celle qui effectue une rotation de plus d'un demi-tour a l'air d'aller en arrière. L'identification, la réduction et l'interprétation d'images avec un phénomène d'*aliasing* exigent de l'expérience de la part de l'échographiste.

L'échographie Doppler continue requiert au moins deux transducteurs : un pour émettre et un pour recevoir l'onde acoustique. Ils sont constamment en action

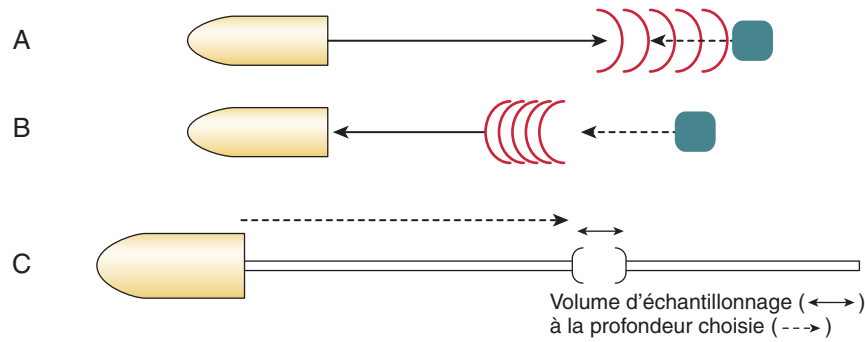


Figure 2.5. L'imagerie par échographie Doppler pulsée requiert seulement un transducteur unique : il émet une impulsion sonore pendant une période brève (A) et ensuite, après une pause d'une durée variable, il reçoit et mesure la fréquence de l'écho de retour (B). La durée de la pause détermine où se trouve la position du volume d'échantillonnage, la « fenêtre », c'est-à-dire le point où la vitesse est mesurée. L'imagerie bidimensionnelle est utilisée pour positionner la fenêtre à l'endroit désiré avant que l'échographie pulsée ne soit débutée (C). D'après Poelaert J, Skarvan K. *Transoesophageal echocardiography in anaesthesia and intensive care medicine*. 2^e éd. Londres : BMJ ; 2004. p. 10.

et peuvent ainsi mesurer un flux ou un mouvement de haute vélocité. Le transducteur de réception détecte des sons revenant de l'intégralité du champ ; pour cette raison, l'échographie Doppler continue ne peut pas mesurer la profondeur et est ainsi décrite comme soumise à une « plage d'ambiguïté » (figure 2.6).

Production d'image par ultrasons

L'impulsion de retour détectée par la sonde peut être affichée de trois façons différentes. Le mode le plus simple est l'imagerie en mode A (mode « amplitude »), dans laquelle l'énergie réfléchie détermine l'amplitude de l'affichage. Le mode B (mode « brillance ») correspond à un mode où la couleur affichée est plus brillante si la

structure est plus échogène. Le balayage de l'écran et sa représentation en fonction du temps, comme sur un axe X, produisent l'imagerie en mode M (mode « mouvement »), ainsi appelé pour sa capacité à illustrer le mouvement (figure 2.7).

Le chemin du faisceau sonore suit une trajectoire linéaire, de telle sorte que de multiples images doivent être additionnées pour produire une image bidimensionnelle. Habituellement, 128 images linéaires, disposées comme le rayon d'une roue, sont produites pour représenter un secteur de 90° (figure 2.8). Elles ne sont pas produites simultanément. Elles sont néanmoins produites suffisamment rapidement pour pouvoir être perçues comme représentant les tissus à un instant donné. Cela peut être réalisé en mobilisant mécaniquement un transducteur ou en utilisant des transducteurs à activité séquentielle pour émettre des ondes selon différents angles afin de balayer la région concernée. Chaque balayage à travers la région produit une « séquence » qui constitue une image, comme une série de dessins provenant d'un dessin animé. La vitesse de la séquence est limitée par la vitesse

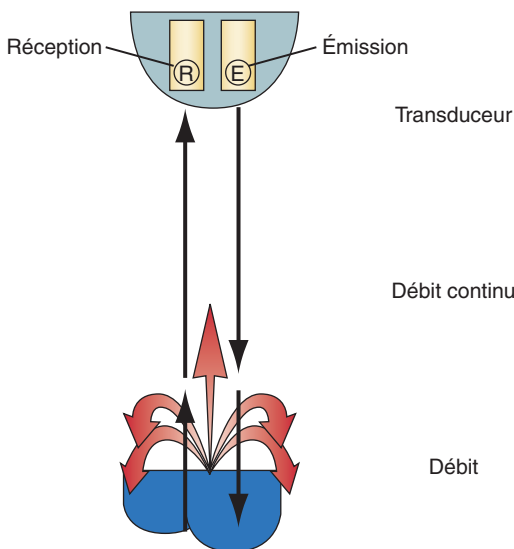


Figure 2.6. L'imagerie par échographie Doppler continue nécessite deux transducteurs : un pour émettre et un pour recevoir l'onde acoustique. Ils sont tous les deux constamment actifs et peuvent mesurer un flux ou un mouvement de haute vélocité. D'après Savage RM, Aronson S, éd. *Comprehensive textbook of intraoperative transesophageal echocardiography*. Philadelphie : Lippincott Williams and Wilkins ; 2005. p. 14.

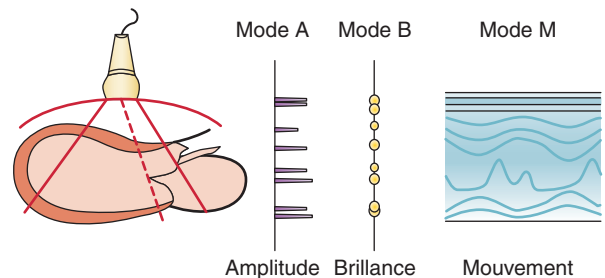


Figure 2.7. L'impulsion sonore de retour détectée par la sonde peut être représentée de trois façons. En imagerie de mode A (mode « amplitude »), l'énergie réfléchie détermine l'amplitude de la représentation. En imagerie de mode B (mode « brillance »), la brillance du signal est déterminée par l'échogénicité de la structure réfléchissante. En imagerie de mode M (mode « mouvement »), ainsi appelée pour sa capacité à démontrer le mouvement des structures, la représentation change en fonction de la modification de position relative des surfaces réfléchissantes avec un haut degré de résolution temporelle. D'après Feigenbaum H, Armstrong WF, Ryan T. *Feigenbaum's echocardiography*. 6^e éd. Philadelphie : Lippincott Williams and Wilkins ; 2005. p. 25.

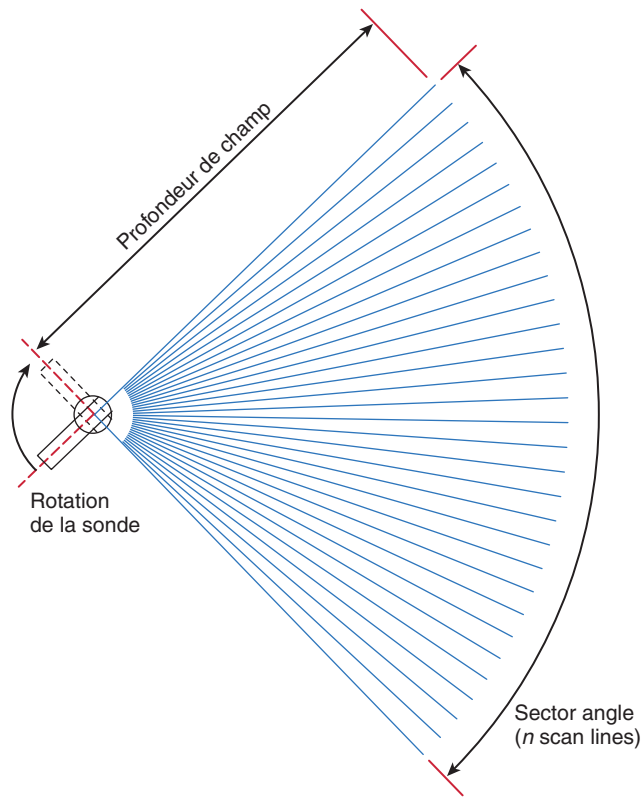


Figure 2.8. Génération d'une image bidimensionnelle : le trajet du faisceau sonore suit une trajectoire linéaire, de telle sorte que de multiples images peuvent être additionnées. Généralement, 128 images linéaires, disposées comme le rayon d'une roue, sont produites pour représenter un secteur de 90°. D'après Sidebotham D, Merry A, Legget M, eds. *Practical perioperative transoesophageal echocardiography*. Londres : Elsevier ; 2003. p. 22.

du son et par la profondeur du balayage du champ. La durée de la séquence est déterminée comme suit, pour un secteur de 8 cm de profondeur :

$$T = \left[\frac{\text{(distance jusqu'à et depuis la limite du secteur)} \times \text{(nombre d'images par séquence)}}{\text{(vitesse du son)}} \right]$$

Ainsi, pour une profondeur de champ de 8 cm ou de 16 cm jusqu'à la limite de champ et retour, le nombre standard d'images nécessaire (128) et la vitesse du son de 1,54 mm/ μ s, ce délai est calculé comme suit :

$$T = \frac{[(160 \text{ mm}) \times (128)]}{(1,54 \text{ } \mu\text{s/s})} \\ = 13\,298 \text{ } \mu\text{s} \text{ ou } 13,3 \text{ ms}$$

Ainsi le taux de la séquence maximale est-il d'environ 75 par seconde. Des taux de séquence élevés sont nécessaires pour représenter des structures en mouvement rapide ; si une image correcte n'est pas produite, le taux de séquence peut être augmenté en réduisant la profondeur du champ. Bien que le taux de séquence de l'image tel qu'il est enregistré puisse excéder 80 par seconde, comme lorsque les images sont enregistrées sur la vidéocassette, il est limité par le taux de séquence de la vidéocassette (25 à 30 par seconde, selon les pays).

Résolution spatiale et temporelle

La capacité de la sonde à distinguer des signaux de sources séparées s'appelle la résolution. Ainsi, deux sources proches l'une de l'autre dans l'espace, dans le temps ou dans l'intensité du signal sont vues comme un point unique si la résolution de la machine est dépassée. Un faisceau d'ultrasons se présente en trois dimensions et la résolution spatiale a trois composantes : axiale, latérale et en profondeur (en épaisseur) (figure 2.9). La plus discriminante est la résolution axiale, en distinguant des objets le long de l'axe du faisceau, mais à des distances différentes. Elle est physiquement limitée à la moitié de la durée de l'impulsion sonore, c'est-à-dire une longueur d'onde. C'est classiquement moins de 0,5 mm pour la plupart des sondes d'échographie. La résolution latérale, qui distingue des objets côte à côte, est limitée par la largeur du faisceau, puisque les objets reflétant le même faisceau sont indifférenciables. La résolution en profondeur (en épaisseur), mesurée à angle droit par rapport à l'axe latéral, est la composante la moins précise.

La résolution temporelle est limitée par la vitesse à laquelle le faisceau balaye le champ : elle est à son tour limitée par la vitesse du son et le nombre de faisceaux par séquence. La réduction de ce dernier paramètre améliore la résolution temporelle, mais réduit la résolution latérale.

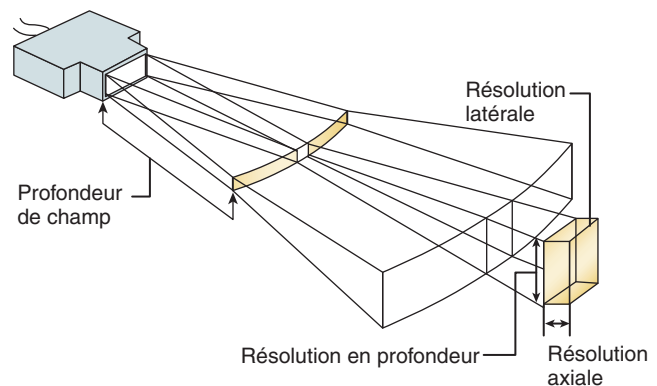


Figure 2.9. Les résolutions latérale, axiale et en épaisseur (hauteur) décrivent la capacité de distinguer des structures l'une de l'autre, le long des lignes démontrées, qui sont les axes du faisceau tridimensionnel des ondes ultrasonores. D'après Sidebotham D, Merry A, Legget M, eds. *Practical perioperative transoesophageal echocardiography*. Londres : Elsevier ; 2003. p. 26.

POINTS CLÉS

- « Ultrasons » signifie « sons au-dessus des fréquences que l'homme peut entendre ». De telles ondes acoustiques se déplacent habituellement en ligne droite jusqu'à ce qu'elles rencontrent une interface avec un autre milieu.
- Le matériel piézoélectrique convertit l'énergie électrique en énergie sonore et retour, ce qui forme les bases de l'imagerie par ultrasons.
- Le son réfléchi qui revient vers l'appareil a été modifié par son passage au travers des tissus, en fonction de la consistance et du mouvement tissulaires. Le niveau d'onde acoustique réfléchi et les modifications dans sa fréquence sont des mesures clés.

- L'échographie en mode Doppler pulsé utilise une sonde unique pour produire et pour détecter le son. L'impossibilité de faire les deux en même temps constitue les limites physiques du système – ceci peut produire des artéfacts trompeurs.
- L'échographie en mode Doppler continu utilise les sondes distinctes pour l'émission et la réception des sons. Bien que meilleure pour afficher le mouvement, cette technique ne permet pas d'évaluer précisément la profondeur, car le moment d'émission de l'onde n'est pas connu par la sonde de réception.
- Les images restituées peuvent être affichées comme des signaux d'amplitudes différentes, des points de brillance différente ou comme des points mobiles. Ils sont appelés respectivement modes A, B et M.
- Les images des plus grandes profondeurs sont produites plus lentement, de telle sorte que la profondeur de champ peut être mise au point au plus bas pour permettre d'obtenir des images des structures examinées.
- La résolution (capacité à discerner un détail) de la sonde varie dans différentes directions. Elle est finalement limitée par la nature des ondes acoustiques.

POUR ALLER PLUS LOIN

- Bashein G, Detmer PR : Physical principles, ultrasonic image formation and artifacts. In Sidebotham D, Merry A, Legget M (eds) : Practical Perioperative Transoesophageal Echocardiography. London, Butterworth-Heinemann, 2003, pp 13-32.
- Bashein G, Detmer PR : Principles of Doppler ultrasound. In Sidebotham D, Merry A, Legget M (eds) : Practical Perioperative Transoesophageal Echocardiography. London, Butterworth-Heinemann, 2003, pp 33-44.
- In Weyman AE (ed) : Principles and Practice of Echocardiography, 2nd ed Philadelphia, Lea & Febiger, 1994.

3

Les principes de l'échographie interventionnelle

ANGUS O'CONNOR



La popularité des gestes guidés par l'échographie a considérablement augmenté au cours des dernières années avec une extension, au-delà du département de radiologie, dans les services d'urgences, les salles d'opération et les consultations externes. Relativement peu de ces procédures sont nouvelles. Il s'agit, pour l'essentiel, de techniques bien établies, comme l'approche vasculaire, les infiltrations articulaires ou neurologiques et la mise en place d'un drain thoracique. Bien que de tels gestes soient encore exécutés à l'aveugle, en utilisant des repères anatomiques, l'introduction du repérage par l'image a démontré des avantages tangibles, comme une amélioration des taux de succès et une diminution des complications [1,2]. Plus difficile à quantifier mais tout aussi importante est l'amélioration incontestable de la confiance que les opérateurs accordent au repérage échographique, conduisant à envisager la réalisation de gestes sur des patients qui auraient auparavant dû être exclus de telles interventions. L'équipement en échographe représente, quoi qu'il en soit, un investissement conséquent. Les protections de sonde à usage unique, le gel stérile et les guides d'aiguille ajoutent au prix de la procédure. Il incombe donc aux opérateurs d'exceller dans leur technicité et leurs résultats pour justifier ces dépenses supplémentaires. En outre, qui-conque réalise avec succès ces interventions constatera rapidement que sa compétence sera très sollicitée pour la prise en charge de patients difficiles, avec des particularités morphologiques, des coagulopathies veineuses ou des tentatives préalables infructueuses de procédures sans repérage échographique. Développer et entretenir les compétences nécessaires exige une compréhension approfondie des principes fondamentaux de l'intervention sous échographie. Une fois ces techniques assimilées, elles peuvent être appliquées à un large éventail de situations cliniques, que ce soit dans le cas d'un patient valide dans un centre de la douleur ou dans le cas d'un patient gravement malade dans l'unité de soins intensifs.

Mise en place d'un protocole

Développer et maintenir un protocole prédéterminé est une aide énorme pour améliorer la confiance et la réussite de l'opérateur. Bon nombre de procédures échoguidées sont simples et tolèrent une importante marge d'erreur. Une technique suboptimale peut passer inaperçue et demeurer non sanctionnée. Toutefois, dans les cas plus difficiles où la cible est petite ou entourée d'importantes structures vulnérables, une mauvaise technique expose à l'échec ou à des complications.

Comme pour tout moteur de compétences, la ponction à l'aiguille échoguidée doit être constamment pratiquée avec un esprit d'autocritique, afin de maintenir des résultats optimaux. Les cas de routine doivent être considérés comme une opportunité pour les praticiens de continuer d'apprendre et de perfectionner leurs techniques dans un environnement sans pression. Si les mêmes étapes sont appliquées à chaque cas, qu'il soit facile ou difficile, les opérateurs développent une routine inconsciente, dans laquelle ils évitent les erreurs de base et qui leur permet de focaliser leur concentration sur les aspects les plus critiques de chaque examen.

Préparation de la procédure

Obtenir des informations précises sur les antécédents du patient peut sembler évident, mais est souvent négligé. Une coagulopathie sous-jacente n'est pas nécessairement une contre-indication à la procédure, mais nécessite d'être corrigée au préalable ou d'avoir recours, après le geste, à une compression manuelle au point de ponction. L'indication précise de la procédure peut fortement influencer l'approche [4]. Par exemple, si un accès veineux central est requis pour une dialyse, une ponction sous-clavière est à éviter, car elle pourrait compromettre une fistule artérioveineuse ultérieure ou un greffon [3,4].

Optimiser le confort de l'opérateur et du patient est une étape importante dans la préparation de la procédure. Un patient détendu est plus susceptible d'être coopératif et de s'abstenir de bouger à un moment critique. Un opérateur à l'aise peut atteindre un niveau de concentration plus élevé, facteur déterminant dans le succès de la pose échoguidée des cathéters. Il est utile que l'opérateur puisse s'asseoir, généralement sur le bord du lit ou du brancard, ou éventuellement sur un tabouret. Dans le cas d'un patient en décubitus sur un lit bas, une option raisonnable pour l'opérateur est de s'installer confortablement à genoux sur un coussin. S'il est nécessaire que l'opérateur reste debout (par exemple pour une ponction de la veine jugulaire interne), alors la hauteur du lit doit être adaptée afin d'éviter l'inconfort. Le patient doit être placé dans une position stable avec la partie de l'anatomie à examiner immédiatement à la disposition de l'opérateur. Si la posture en décubitus est la plus appropriée, mieux vaut utiliser des mousses ou des coussins pour maintenir une position sécurisée plutôt que d'espérer simplement que le patient se maintiendra dans cette attitude. S'il est nécessaire que le bras soit en abduction pour un bloc nerveux, il doit être placé sur

une chaise avec une serviette roulée sous la main, plutôt que de pendre. L'échographie est une pratique « ex-portable » et tout opérateur avec une longue expérience sera probablement amené à effectuer de telles procédures à distance de son site habituel de pratique. L'utilisation appliquée du matériel disponible contribue à obtenir un positionnement optimal. Le personnel infirmier, capable de fournir des oreillers et des couvertures roulées, est souvent très précieux pour cela.

L'identification correcte de la cible visée est une condition préalable au succès de la procédure. Un guidage

parfait de l'aiguille dans une artère au cours d'une cathétérisation veineuse n'est à l'évidence d'aucun intérêt. Chaque intervention doit donc être précédée d'une évaluation diagnostique de l'anatomie locale. Ceci doit être réalisé avant de positionner le champ stérile pour permettre d'ajuster la position du patient ou pour choisir une autre sonde sans avoir à bouger les champs stériles ou à changer les protège-sonde.

La perméabilité des veines peut être confirmée par la compression et l'inspection de l'aspect échographique interne (figure 3.1). L'expansion pulsatile identifie

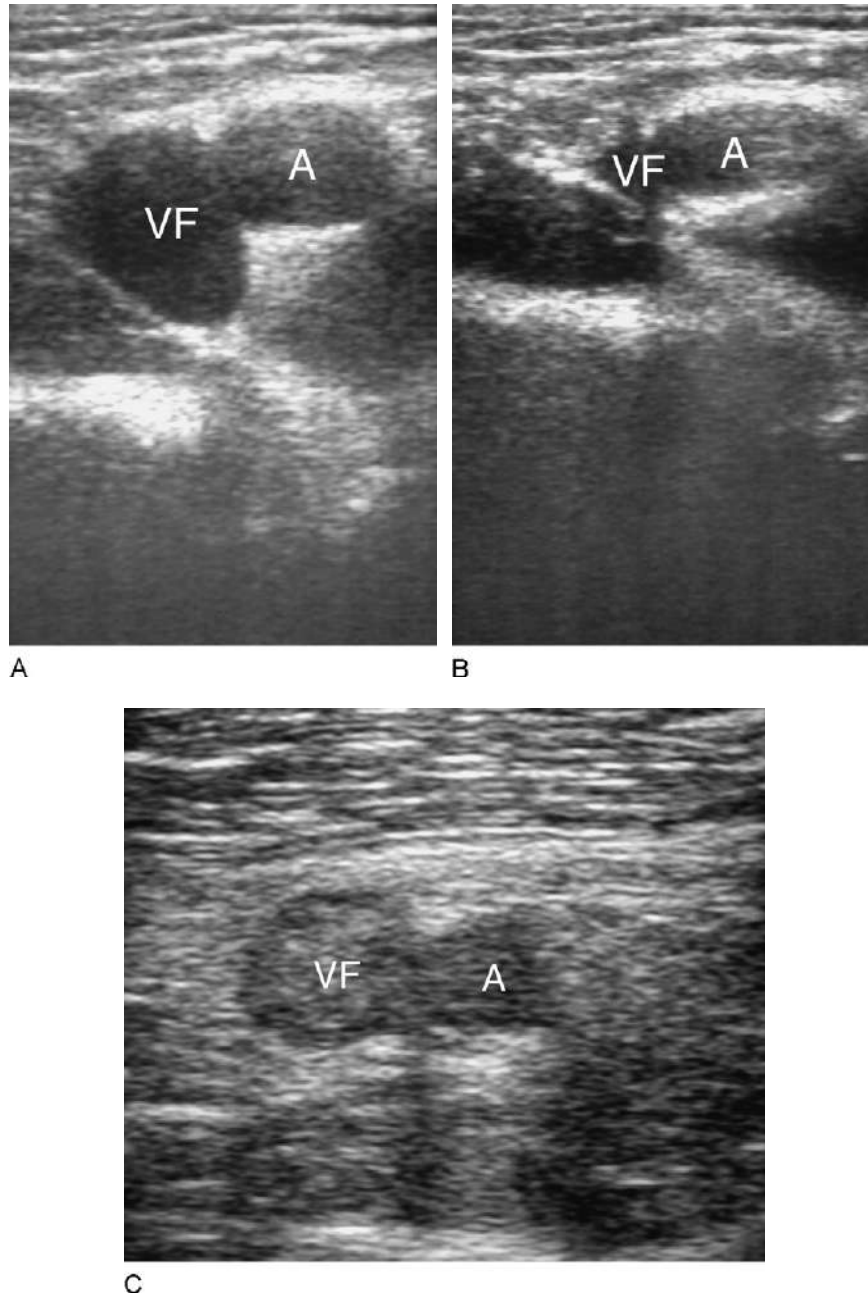
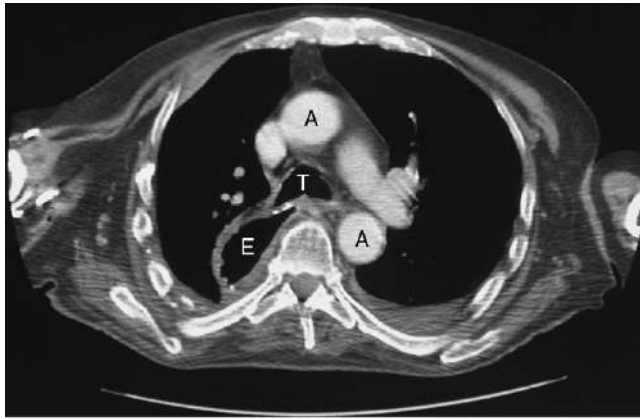
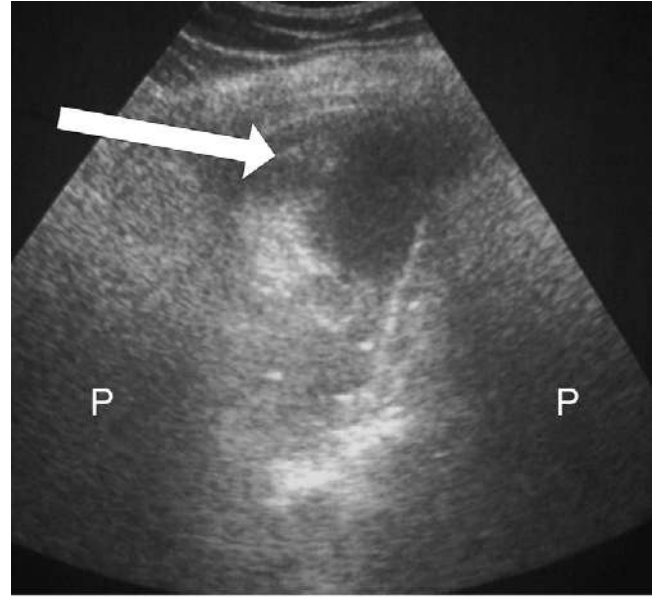


Figure 3.1. **A.** Une échographie transversale normale de l'aîne montre une veine fémorale franchement hypo-échogène (VF). **B.** Une compression oblitère la lumière vasculaire, confirmant l'absence de thrombus interne. **C.** Coupe similaire chez un patient avec une thrombose de la veine fémorale (VF). Le vaisseau contient un matériel interne échogène compatible avec une thrombose subaiguë, non compressible par pression directe. La ponction de ce vaisseau serait inutile. A : artère.



A



B

Figure 3.2. A. Coupe axiale d'un scanner après une œsophagectomie. Notez que l'estomac (E) rempli d'air remonte dans la région paravertébrale droite au contact de l'espace pleural. B. Image échographique intercostale postérieure du thorax droit d'un autre patient, après œsophagectomie. Une structure hypo-échogène remplie de liquide avec un contenu interne échogène est indiquée (flèche). Ces images sont normales pour un estomac rempli de liquide, mais pourraient facilement être confondues avec un épanchement pleural complexe. A : aorte ; P : poumon ; T : trachée.

des structures artérielles. Un trajet provisoire de l'aiguille peut également être déterminé. Toutes les structures locales vulnérables doivent être identifiées et repérées, de sorte qu'elles puissent être évitées au cours de la procédure. Certains opérateurs jugent utile de mesurer la profondeur à partir de la peau pour cibler la distance des repères présents sur la plupart des machines modernes. C'est le moment idéal pour faire de tels calculs. Les gestes échoguidés sont souvent requis en période postopératoire chez des patients qui ont des déformations chirurgicales de l'anatomie, ce qui rend difficile l'identification correcte de la cible.

Un estomac rempli de liquide gastrique chez un patient en postœsophagectomie peut facilement être confondu avec un épanchement pleural, entraînant des conséquences fâcheuses (figure 3.2). Pour éviter ce problème, les opérateurs devraient être familiers de l'anatomie échographique normale de chaque zone dans laquelle ils souhaitent effectuer des procédures échoguidées. Ils seront alors en mesure de déterminer des repères anatomiques qui peuvent servir de points de référence à partir desquels l'anatomie peut être déduite. Si le doute persiste, une procédure de révision des notes et d'autres images de coupe devrait être l'étape suivante. Lorsque l'examen n'est pas probant, il convient d'envisager d'effectuer un diagnostic par aspiration avec une aiguille fine, après discussion avec l'équipe de référence.

Optimisation de l'utilisation de l'équipement

Une grande variété d'échographes et de sondes avec différents modes opératoires, différentes options et différentes caractéristiques et options est disponible pour un usage clinique. Il est essentiel que l'opérateur se

familiarise avec les caractéristiques opérationnelles des équipements disponibles pour en optimiser l'utilisation. Le transducteur ou sonde est la pièce la plus importante de l'équipement. Elle est à la fois fragile et coûteuse. Laisser tomber la sonde de la hauteur d'un lit peut facilement casser le délicat cristal. Pour cette raison, après la phase d'utilisation, elle doit être placée dans un lieu sûr, généralement dans une encoche ou un logement sur le côté de la machine. Avec l'aide d'un assistant, le patient et l'équipement peuvent être préparés et la sonde recouverte immédiatement avant utilisation. Dans de nombreux cas, plus d'une sonde est disponible. Les facteurs à considérer dans la sélection de la sonde sont sa fréquence, sa gamme et sa taille. Les sondes aux fréquences les plus élevées (7,5–12 MHz) offrent une meilleure résolution spatiale, puisqu'une longueur d'onde plus courte permet une plus grande discrimination des points (figure 3.3). Malheureusement, le faisceau est rapidement atténué par la profondeur et ces sondes sont donc plus adaptées à des applications superficielles, telles que les abords veineux centraux cervicaux et les injections au niveau des nerfs périphériques. Les sondes à basse fréquence (3–5 MHz) sont indiquées pour des procédures intéressant des structures plus profondes, telles que la mise en place de drains thoraciques ou de drainage d'ascite. Les sondes linéaires ont une surface en plateau plate et produisent une image rectangulaire. Elles sont plus utilisées pour les applications superficielles. Les sondes curvilignes ont une surface convexe, générant un faisceau divergent, qui s'élargit avec la profondeur [5] (figure 3.4). Cette fonction est essentielle pour les applications profondes où la visualisation constante de l'aiguille depuis le point de ponction au niveau de la peau jusqu'au point central cible est nécessaire. Le terme « empreinte » est couramment utilisé pour désigner la face de la sonde en contact

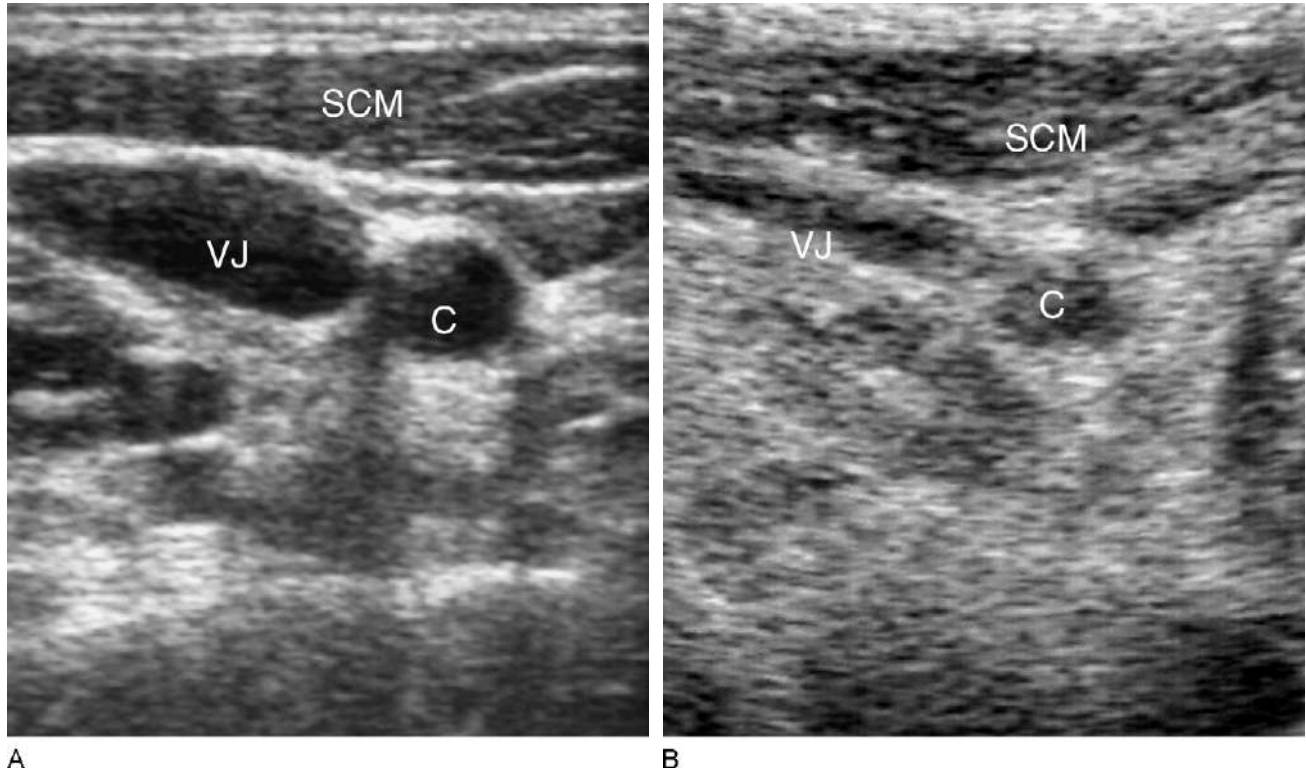


Figure 3.3. Image transversale des vaisseaux du cou avec une fréquence de **(A)** 10 MHz et **(B)** de 3,5 MHz. Observez la réduction considérable de la qualité de l'image à une fréquence plus faible. C : artère carotide ; VJ : veine jugulaire ; SCM : muscle sterno-cléido-mastoidien.

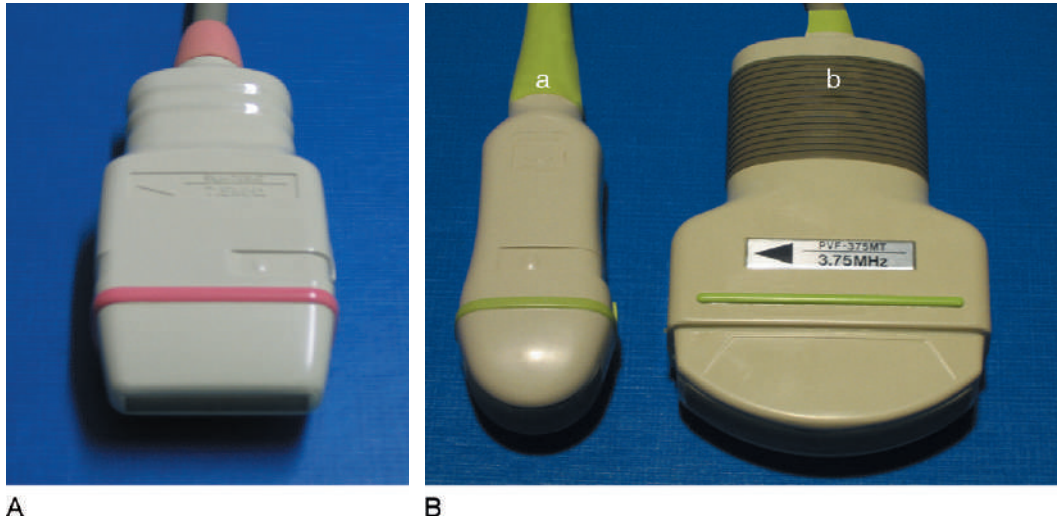


Figure 3.4. **A.** Une sonde linéaire, avec une surface plate, donne une image rectangulaire. Ceci est adapté pour une application superficielle. **B.** Deux sondes curvilignes de 3,75 MHz avec des tailles d'empreinte différentes. La surface de contact de la sonde **a** est petite, mais elle est très convexe pour conserver la taille du champ. Cela rend la focalisation du faisceau plus difficile. La sonde **b** a une plus large surface de contact, qui autorise une surface plus convexe et facilite la mise au point.

avec la surface de la peau. Une plus petite empreinte permet aux procédures d'être exécutées par une fenêtre acoustique plus étroite, un avantage déterminant quand la fenêtre est petite, comme à proximité d'un os ou de structures vulnérables. En plus, une sonde étroite autorise un site d'entrée cutané plus près de la cible, facilitant une trajectoire plus verticale de l'aiguille. Le désavantage

d'une plus petite empreinte dépend de la gamme. Une sonde linéaire avec une faible empreinte réduit considérablement le champ de vision, ce qui rend difficile la ponction latérale et limite la visualisation des structures environnantes. Les sondes curvilinéaires avec une petite empreinte conservent habituellement un large champ de vision grâce à une surface de sonde nettement convexe.

Bien que cela préserve la possibilité de surveiller l'aiguille latéralement en profondeur, la grande divergence de faisceau est défavorable à la mise au point, entraînant une diminution de résolution. Comme mentionné précédemment, l'échographiste est soumis à un standard plus élevé que ses collègues qui utilisent seulement la surface du corps et des repères anatomiques ; il sera appelé à réussir dans les cas difficiles où les ponctions à l'aveugle ont échoué. Une utilisation maximale de l'équipement d'imagerie est donc essentielle.

Identifier un site cutané à l'aplomb de la cible, écarter la sonde échographique et réaliser la ponction en aveugle est une pratique encore largement répandue. Bien que cette technique fasse économiser du temps et évite la frustration de tenter de visualiser directement la pointe de l'aiguille, elle ne donne qu'un léger avantage par rapport à la technique non échoguidée. Pour obtenir un bénéfice total de l'échographie, l'aiguille doit être repérée dans les tissus sous-cutanés et dirigée vers la cible en recourant au guidage en temps réel. Développer cette compétence exige du temps et de la discipline, mais finit par donner des résultats supérieurs à ceux atteints par les opérateurs les plus expérimentés, non assistés par guidage échographique. L'échographie peut et doit également être utilisée pour délivrer de façon appropriée les anesthésiques locaux lors des procédures de mise en place de cathéter (voir ci-dessous). Enfin, un examen échographique post-procédure immédiat est parfois utile pour confirmer la position du drain ou pour détecter une complication, par exemple un hématome.

Programmer le site de la ponction

Choisir le meilleur point de ponction peut avoir un impact énorme sur l'issue de la procédure et constitue une partie importante de la première évaluation diagnostique. Le meilleur site de ponction doit viser à :

- a. maximiser l'objectif de la cible ;
- b. éviter les structures intermédiaires ;
- c. faciliter les manipulations ultérieures postponction.

Parfois, ces objectifs peuvent être contradictoires et un compromis doit être recherché.

Si les structures locales vulnérables sont affichées dans le champ de vision, alors, c'est un élément positif supplémentaire, car elles peuvent être surveillées pendant la progression de l'aiguille. Il est important que le site de ponction au niveau de la peau reflète l'ensemble des besoins de la procédure et pas seulement la ponction échoguidée. Par exemple, la ponction de la portion supérieure ou moyenne distendue d'une veine jugulaire est tout à fait acceptable pour le placement temporaire d'une voie veineuse centrale dans le service de soins intensifs.

Toutefois, l'approche de la même veine, pour la mise en place d'un cathéter de dialyse tunnelisé, requiert souvent l'accès dans une partie plus petite et plus inférieure de la veine afin d'éviter la pliure du cathéter au niveau du cou [6]. Un mauvais choix de site de ponction peut également se traduire par une bataille constante pour visualiser l'aiguille ou pour s'accommoder des structures gênantes telles que les côtes ou les vaisseaux (figure 3.5). Ceci peut être préjudiciable à une

manipulation ultérieure du guide ou du dispositif de dilatation si un angle aigu est créé entre le point de ponction cutané et le site de pénétration de l'aiguille à l'entrée dans la cible. Dans certains cas, cela peut nécessiter de recommencer avec un nouveau site de ponction, souvent avec une zone cible altérée par un hématome ou de l'air introduit dans le cathéter au cours des vaines manipulations préalables. Même le plus chevronné des opérateurs utilise parfois un mauvais site de ponction, parfois en raison d'un discret changement de position du patient ou du mouvement d'un pli cutané entre le moment du diagnostic et la procédure elle-même. Il est souvent préférable de s'arrêter et de recommencer plutôt que de lutter avec une position défavorable, ce qui peut être démoralisant aussi bien pour le patient que pour l'opérateur.

Utilisation d'anesthésiques locaux

Les anesthésiques locaux devraient être, en routine, administrés au cours de gestes échoguidés, à quelques exceptions près : l'injection de lidocaïne à 1 % le long du trajet de l'aiguille est suffisante dans la plupart des cas. La sensation de picotement qui accompagne l'administration de l'anesthésique (causée par les agents conservateurs acides) peut être réduite par le mélange de la lidocaïne à du bicarbonate de sodium à 8,4 % selon un ratio de 10 : 1 (lidocaïne : bicarbonates) dans la seringue qui sert à l'injection [7]. L'air doit toujours être soigneusement purgé de la seringue et de l'aiguille, immédiatement avant l'introduction dans la peau. Si de l'air reste présent, il sera injecté, obscurcissant le site que l'opérateur désire visualiser. La peau est injectée en premier, avec une aiguille de calibre 25 gauges. Sélectionner le site de ponction optimal est délicat et l'opérateur doit s'assurer que c'est bien là que l'anesthésique est injecté. L'anesthésique peut être injecté plus en profondeur avec une aiguille de 19 gauges (verte) ou une aiguille de calibre à ponction lombaire de 22 gauges, si des structures profondes doivent être abordées. Cette deuxième phase de l'administration de l'anesthésique devrait être faite avec un guidage échographique direct, ce qui permet à l'opérateur d'avoir une idée précise de la trajectoire de l'aiguille de ponction. En outre, il permet que l'anesthésique soit administré dans la zone la plus adaptée. Par exemple, lors de la vidange d'une ascite, le péritoine, sensible, nécessite une infiltration plus abondante qu'un tissu adipeux sous-cutané mal innervé (figure 3.6). Le guidage échographique direct garantit également que les vaisseaux ne seront pas traversés par inadvertance et permet d'éviter une injection intravasculaire ou la formation d'un hématome.

Optimisation de la visualisation de l'aiguille

En règle générale, la cible doit être placée au milieu du champ de vision avec un site de ponction situé latéralement par rapport à la sonde. Cela permet une trajectoire courte, directe et verticale de l'aiguille. Une main (en général, la main non dominante, la gauche) doit être entraînée à maintenir solidement le plan de l'image

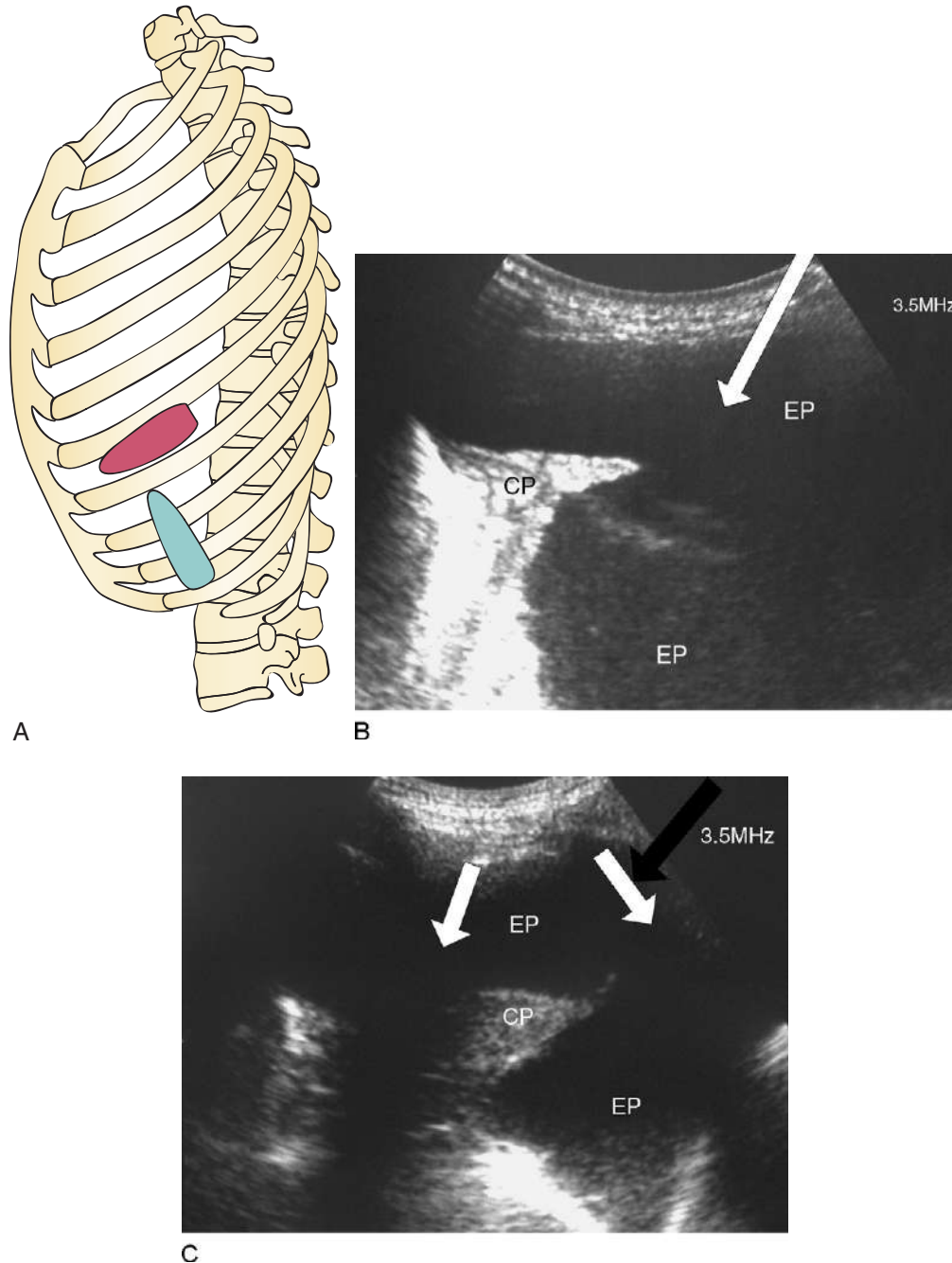


Figure 3.5. Importance du positionnement correct de l'aiguille ou de la sonde. **A.** Deux approches du thorax pour le drainage pleural. Orienter la sonde selon un axe parallèle à l'espace intercostal (en rouge) donne une image claire et une voie dégagée vers la cible. Placer la sonde perpendiculairement ou obliquement par rapport à l'espace intercostal (en bleu) peut obstruer le passage de l'aiguille. **B.** Une image échographique transverse, avec la sonde parallèle à l'axe de l'espace intercostal, donne une image claire de la cible (EP : épanchement pleural ; CP : collapsus pulmonaire) avec une voie directe de l'aiguille (flèche blanche). **C.** Une approche à travers les côtes (flèches blanches) expose l'ombre acoustique en obscurcissant l'image. La trajectoire idéale de l'aiguille vers l'épanchement (flèche noire) va toucher l'une des côtes, provoquant une douleur et nécessitant une réorientation hors du champ d'examen.

sélectionné, tout au long de la ponction. Une telle capacité de visualisation continue de la cible dans l'image est une condition préalable au guidage échographique en temps réel. L'autre main guide l'aiguille. Quand elle pénètre dans la peau, l'aiguille doit être dans un plan parfaitement parallèle à la surface du capteur. La largeur du faisceau d'ultrasons est beaucoup plus étroite que l'extrémité de la sonde, un positionnement attentif

et précis de l'aiguille au centre de la sonde est nécessaire pour avoir une visualisation optimale à l'écran (figure 3.7). Si l'aiguille n'est pas parallèle au faisceau d'ultrasons, elle passera dans et hors de l'image, nécessitant une adaptation constante de la part de la main tenant la sonde pour suivre la trajectoire. De ceci peut parfois résulter le passage de la cible en dehors du champ de vision. Pour cette raison, l'échec de

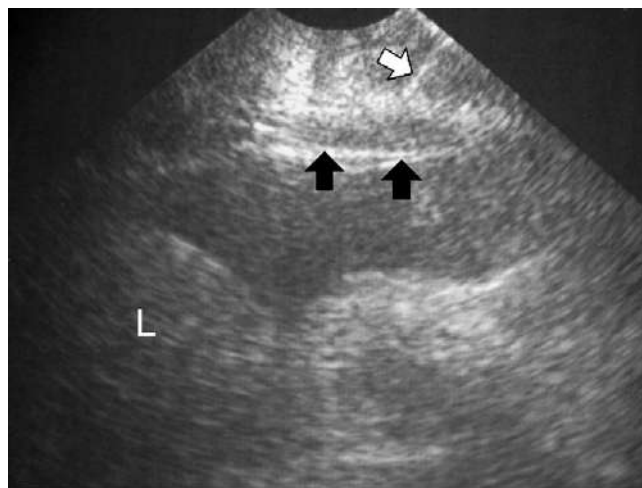
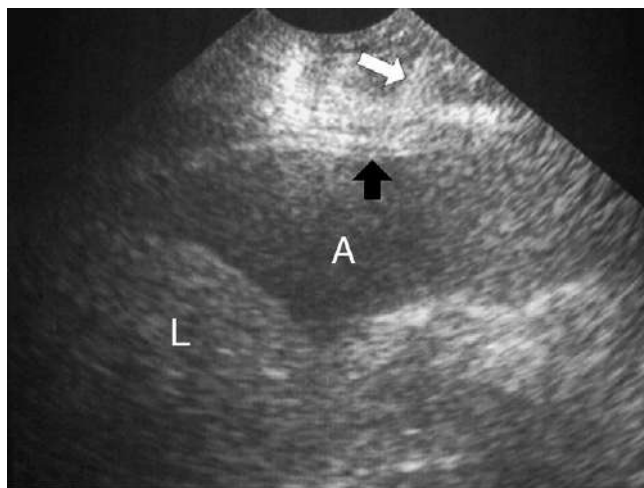


Figure 3.6. Image de l'administration d'un anesthésique local précédant un drainage de liquide d'ascite. **A.** Une aiguille de calibre 18 gauges est visualisée dans les tissus sous-cutanés (flèche blanche), avec sa pointe au niveau de la ligne péritonéale échogène de la paroi abdominale (flèche noire). **B.** Une image hypo-échogène est visualisée à la pointe de l'aiguille (flèches noires) après l'injection de 5 ml d'anesthésique local sur ce site densément innervé (flèche blanche = aiguille). A : ascite ; L : foie.

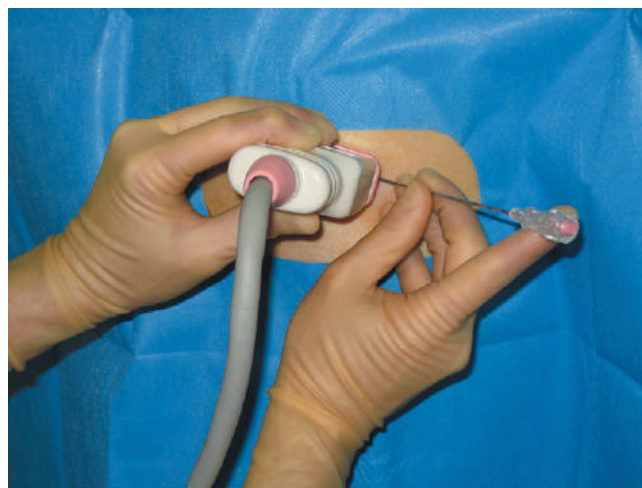
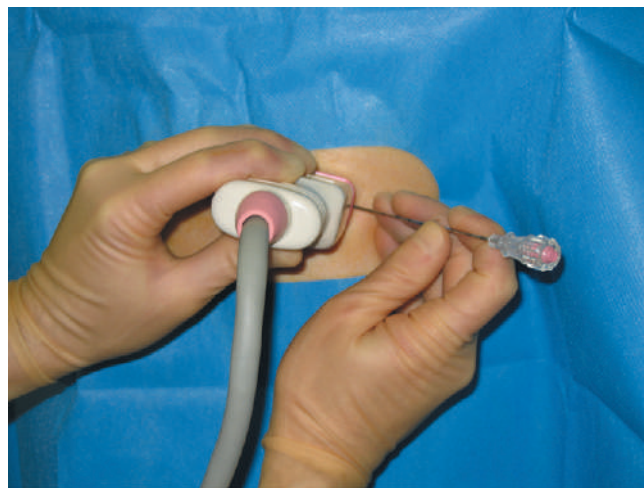


Figure 3.7. Alignement de l'aiguille et de la sonde. **A.** Les trajectoires de l'aiguille et la sonde ne sont pas orientées parallèlement. L'aiguille va traverser l'image et sortir du champ de vision. **B.** Bien que l'aiguille soit maintenant parallèle à la sonde, elle n'est pas précisément positionnée sur le milieu du capteur et ne va donc pas traverser l'étroit faisceau d'ultrasons (central). **C.** Position correcte : le plan de l'aiguille est maintenant parallèle à la sonde et se trouve aussi le long de la partie centrale du bord de la sonde ; il se trouvera donc à l'intérieur du faisceau échographique.



C

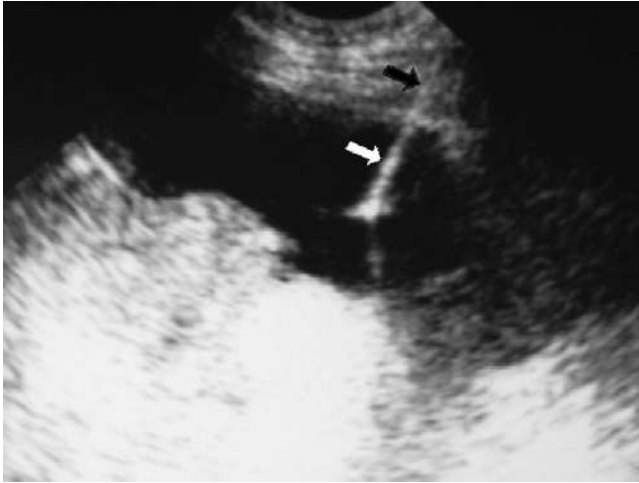


Figure 3.8. Importance des tissus de l'arrière-plan pour visualiser l'aiguille. Ponction échoguidée dans une collection de liquide d'ascite. Malgré un alignement parfait, l'aiguille n'est pas bien visualisée dans les tissus sous-cutanés à cause d'un faible contraste entre le métal et les tissus adipeux, qui sont tous deux échogènes (flèche noire). La partie de l'aiguille dans le liquide d'ascite est bien visualisée grâce à un contraste supérieur, avec du liquide hypo-échogène (flèche blanche).

visualisation de l'aiguille doit être résolu en ajustant la main dominante seulement, tandis que la main tenant la sonde maintient sa position sur la cible. Il ne faut pas oublier que l'aiguille, échogène, peut être mal visualisée par l'échographie dans les tissus adipeux, hyperéchogènes (figure 3.8), même si elle est parfaitement alignée. Souvent, une légère déviation de ces tissus est le seul signe de la présence de l'aiguille et la faire

bouger doucement peut le confirmer. Un guide d'aiguille est un clip en métal ou en plastique qui est attaché sur le côté de la sonde (figure 3.9). Il est fait d'une ouverture centrale par laquelle une aiguille peut passer. Cela sert à déterminer le trajet de l'aiguille à l'intérieur du faisceau d'ultrasons. Ainsi, l'aiguille demeure toujours dans ce plan, ce qui permet sa visualisation continue. Bien que cela semble être une solution idéale au problème de l'alignement de l'aiguille et du faisceau ultrasonore, il existe un certain nombre d'inconvénients. La plupart des guides ont un nombre limité d'angulations, de sorte que le capteur doit parfois être placé dans une position défavorable pour permettre à l'une d'elles de passer au travers de la cible. Dans certains cas, cela est impossible. Les ajustements de trajectoire de dernière minute peuvent aussi être difficiles si le patient bouge. Enfin, cela représente une augmentation du coût de la procédure. De nombreux opérateurs, quoi qu'il en soit, trouvent le guide d'aiguille indispensable. Son utilisation est essentiellement une question de préférence personnelle.

La pression imprimée sur le capteur est également critique. Lors de l'approche d'une structure veineuse compressible, la sonde doit être délicatement placée sur la peau, avec seulement une pression suffisante pour empêcher l'air de passer entre la sonde et la peau. Cela favorise la distension veineuse et permet d'optimiser la ponction à l'aiguille. Lorsque l'objectif est plus profond, non compressible, comme un épanchement pleural, une pression ferme doit être appliquée. Cela permet de stabiliser les structures locales et également de comprimer les tissus adipeux, réduisant la distance entre la peau en surface et la cible. Ceci est particulièrement utile pour deux raisons. Tout d'abord, le passage de l'aiguille à travers la graisse sous-cutanée est souvent



A

Figure 3.9. A. Guide d'aiguille fixé sur une sonde de 3,75 MHz. B. Une aiguille de ponction a été placée dans le guide et elle est maintenant soumise à une trajectoire prédéterminée vers le centre de la sonde.



B



■ **Figure 3.10.** Passage de l'aiguille à travers le plan de la sonde pendant la ponction de la veine jugulaire. Cette approche est habituellement privilégiée pour les ponctions latérales, quand les abords se situent au niveau du cou et de l'aîne.

le moment où la pointe de l'aiguille est perdue de vue. La réduction de la largeur de cette zone aveugle, même modeste, peut aider à suivre le chemin de l'aiguille. Deuxièmement, la marge d'erreur dans la convergence de l'aiguille et de la cible est réduite avec l'augmentation de la profondeur. Une petite erreur dans la trajectoire de l'aiguille peut ne pas être significative pour les

structures superficielles, mais elle sera amplifiée avec la profondeur.

Parfois, il est avantageux de passer l'aiguille derrière la sonde plutôt que latéralement (figure 3.10). Ceci est généralement réservé aux structures vasculaires superficielles, dont le grand axe est orienté perpendiculairement à la face de la sonde. Cette technique permet généralement d'obtenir un angle plus favorable pour le passage du guide.

RÉFÉRENCES

1. Lameris JS, Post PJ, Zonderland HM, et al : Percutaneous complications of Hickman catheters : Comparison of sonographically guided and blind techniques. *AJR Am J Roentgenol* 155 : 1097-1099, 1990.
2. McBride KD, Fisher R, Warnock N, et al : A comparative analysis of radiological and surgical placement of central venous catheters. *Cardiovasc Intervent Radiol* 20 : 17-22, 1997.
3. DeMoor B, VanHolder R, Ringoir S : Subclavian vein hemodialysis catheters : Advantages and disadvantages. *Artif Organs* 18 : 293-297, 1994.
4. Barrett N, Spencer S, McIvor J, Brown EA : Subclavian stenosis : A major complication of subclavian dialysis catheters. *Nephrol Dial Transplant* 3 : 423-425, 1988.
5. Hoskins PR, Thrush A, Martin K, Whittingham TA, (eds) : *Diagnostic Ultrasound : Physics and Equipment*. London, Greenwich Medical Media, 2003, pp 29-36.
6. Pieters PC, Tisnado J, Mauro M, (eds) : *Venous Catheters : A Practical Manual*. New York, Thieme, 2002, pp 39-41.
7. Stewart JH, Chinn SE, Cole GW, Klein JA : Neutralized lidocaine with epinephrine for local anaesthesia. *J Dermatol Surg Oncol* 16 : 842-845, 1990.

Utilisation de l'échographie pour des procédures périopératoires : Considérations économiques

4

NAV PARKASH S. SANDHU, JASPREET SINGH

L'utilisation de blocs périphériques est associée à une amélioration du contrôle de la douleur et à une diminution des réhospitalisations. Cependant, il a été démontré que cette technique avait un coût supérieur à celui de l'anesthésie générale quand le coût en personnel était pris en considération [1]. Comme le coût des soins ne cesse d'augmenter, la prise en compte des considérations économiques en médecine fait l'objet d'une attention croissante. De nombreux organismes étudient désormais avec attention la façon dont les soins peuvent être délivrés à moindre coût et sans diminution de qualité.

L'utilisation des neurostimulateurs et les techniques avec injection unique sont associées à des délais d'installation de bloc plus longs. L'utilisation de l'échographie permet d'obtenir des images des nerfs et de faire des injections multiples autour de chaque nerf d'un plexus, permettant d'obtenir plus rapidement un bloc et limitant potentiellement le recours à des interventions supplémentaires. L'utilisation de l'échographie en anesthésie, particulièrement en anesthésie régionale et pour des procédures d'abord vasculaire, a amélioré la sécurité, l'efficacité, la précision et le taux de succès. Le coût initial de l'échographe peut sembler prohibitif (10 000-35 000 €). Compte tenu du fait qu'un échographe peut être utilisé pour réaliser au moins 50 000 examens, le coût s'établit à moins de 1 € par examen. L'utilisation de l'échographie constitue une économie financière sur le long terme pour différentes raisons, en diminuant les coûts en personnel, les coûts en matériel et les contentieux.

Coût en personnel

Shuster et al. [2] ont montré, dans une étude rétrospective, que lorsque le coût lié au personnel est pris en considération dans l'évaluation des blocs périphériques, le coût est supérieur, de 1 à 19 %, à celui d'une anesthésie générale. Une salle spéciale, « salle de blocs », est souvent utilisée pour réaliser les blocs utilisant la neurostimulation. Cela requiert de l'espace, du matériel de monitoring, la présence d'une infirmière et/ou d'un interne et d'un anesthésiste durant toute la procédure et la période de latence (20 à 45 min) avant l'obtention du bloc et avant que le patient ne soit transféré en salle d'opération. Les blocs échoguidés du membre inférieur ont un délai d'installation plus court en raison d'une administration plus précise de l'anesthésique local et

en éliminant le recours à la « salle de blocs ». L'obtention plus rapide de l'anesthésie réduit l'attente avant la chirurgie et peut ainsi contribuer à augmenter le niveau d'activité du bloc opératoire.

Même si le recours à la « salle de blocs » n'est pas écarté, un séjour plus court (15 min au lieu de 45) diminue le coût lié au personnel et constitue donc une source d'économies [3]. Ce temps épargné peut être utilisé pour d'autres missions, par exemple postanesthésique (en salle de surveillance post-interventionnelle [SSPI] ou salle de réveil). L'obtention plus rapide du bloc avec l'échographie peut aussi être utilisée en « salle de blocs » pour y réduire les durées de séjour et augmenter le turn-over.

Une bonne anesthésie régionale permet à davantage de patients d'avoir un cheminement rapide et diminue les admissions en salle de réveil. Hadzik et al. ont montré que 79 % des patients avec un bloc sous-claviculaire du plexus brachial pouvaient ne pas passer par la salle de réveil. Ceci constitue une économie de 310 \$ par patient [4].

Aussi, l'utilisation de l'anesthésie régionale se traduit par des patients plus confortables en salle de réveil, requérant moins d'intervention de l'équipe médicale et paramédicale. La précision obtenue avec le guidage échographique peut éviter une augmentation du nombre d'interventions faites dans l'unité d'aval si la procédure de référence consiste à éviter le passage par la salle de réveil. La qualité du bloc échoguidé réduit le recours à l'utilisation de propofol et autres sédations, résultant en un réveil complet et en l'absence de douleur, dès la fin de la chirurgie. La plupart de ces patients remplissent donc les critères pour shunter la salle de réveil.

De la même façon, pour les abords vasculaires, l'utilisation d'ultrasons pour visualiser l'anatomie et s'assurer de la perméabilité des vaisseaux se traduit par une diminution de la durée de la procédure de cathétérisation, une réduction du nombre de tentatives, une économie en personnel pour le bloc opératoire, l'unité de soins intensifs ou de réanimation. Lorsque l'artère carotide ou l'artère sous-clavière est canulée par erreur lors de la tentative de mise en place d'une voie veineuse centrale, cela conduit généralement à l'annulation de la chirurgie et une intervention supplémentaire peut être nécessaire pour exposer l'artère et la réparer ; ceci peut conduire

à plusieurs milliers d'euros de coûts supplémentaires. Cela se produit chaque année avec un risque élevé de contentieux. De la même façon, un pneumothorax et un hémithorax sont associés à une morbidité significative et requièrent des procédures chirurgicales supplémentaires et augmentent la durée de séjour à l'hôpital et réduisent le niveau de satisfaction des patients.

Coût en matériel

Après le coût du travail, le matériel est le deuxième poste budgétaire le plus élevé pour les départements d'anesthésie. Le coût d'un échographe est un coût unique. Comme le marché de l'échographie en période périopératoire s'accroît, le marché est de plus en plus compétitif et le coût individuel de chaque appareil diminue. Dans une comparaison théorique de coûts dans la réalisation d'un bloc du plexus brachial par voie sous-claviculaire avec un neurostimulateur ou un guidage échographique, le coût du matériel et de la « salle de blocs » est le même quelle que soit la technique si aucun cathéter n'a été mis en place, mais l'échographie est économiquement plus rentable si le cathéter a été mis en place (tableau 4.1). Le coût d'un kit de cathéter de stimulation (flèche) est de 38 € ; celui d'un kit B. Braun Contiplex® de 24 € alors que celui d'un kit de péridurale est seulement de 13 €. L'utilisation du kit de péridurale économise entre 11 et 24 € comparée au kit de neurostimulation et proportionnellement, pour l'échographie, seulement

1 à 3 € par procédure. L'augmentation du taux de succès et la majoration de la qualité des blocs obtenus avec l'échographie diminuent le coût lié au recours à la sédation (midazolam, opiacés, propofol ou conversion en anesthésie générale). L'adjonction d'opiacés et la conversion en anesthésie générale prédisposent le patient à des nausées et à des vomissements postopératoires conduisant à une augmentation du nombre des interventions lors du séjour en salle de réveil.

La possibilité de visualiser les nerfs et d'optimiser l'administration d'anesthésique local diminue les doses d'anesthésiques utilisés [5]. Cette technique peut être employée simultanément sur deux régions ou plus chez un même patient, conduisant à une économie matérielle ; dans le cas contraire, de tels patients requerraient une anesthésie générale [6]. Ceci est vrai aussi lorsque l'échographie est utilisée pour obtenir un abord veineux central ou artériel, par exemple chez un patient obèse, un enfant ou un patient présentant une pathologie vasculaire périphérique. L'utilisation de l'échographie diminue le nombre de kits nécessaires pour une canulation veineuse [7].

Frais supplémentaires pour l'utilisation de l'échographie

Actuellement, aux États-Unis, lors de l'utilisation de l'échographie pour une anesthésie régionale ou un

TABLEAU 4.1. Comparaison du coût d'un bloc sous-claviculaire utilisant la neurostimulation ou le guidage échographique

Avec neurostimulation		Avec guidage échographique		Économies réalisées par l'échographie (€)
	Coût (€)		Coût (€)	
Sans mise en place de cathéter				
Aiguille 22 G (Stimuplex®)	8	Aiguille de Tuohy 17 G	3	
		Gel échographique	1	
		Coût moyen matériel échographie	3	
Coût total équipement	8	Coût total équipement	7	1
Avec mise en place de cathéter				
Aiguille de Tuohy 18 G et kit de cathéter (Contiplex® B. Braun)	25	Kit péridural avec cathéter Flexitip Plus®	12	
Bétadine, compresses, champs	1	Gel échographique	1	
		Coût moyen matériel échographie	3	
Coût total équipement	26	Coût total équipement	16	10
Coût du temps au bloc opératoire				
Temps pour identifier les repères anatomiques, nettoyer et mettre les champs : 5 min	30	Temps pour obtenir les images, nettoyer et mettre les champs : 5 min	30	
Temps de l'introduction de l'aiguille à la fin de l'injection : moyenne : 7 min	41	Temps de l'introduction de l'aiguille à la fin de l'injection : moyenne : 2 min	11	
Coût du temps total sans cathéter	71	Coût du temps total sans cathéter	41	30
Coût de latence du bloc				
Délai moyen : 22 min	130	Délai moyen : 6 min	36	95

abord vasculaire, il est permis à l'anesthésiste de facturer l'utilisation de l'échographie, sous forme d'une « unité anesthésique » supplémentaire (de 22 à 44 € selon les régions), sous réserve que l'image soit documentée dans le dossier du patient. Cela contribue à inciter les anesthésistes à adopter la technique et la sécurité de l'échographie. Le coût de l'échographe et de l'imprimante rapporté aux plusieurs milliers de cas n'excède pas 4 € ; « l'unité anesthésique » supplémentaire (22 à 44 €) est facturée lors de l'utilisation de l'échographie.

Sécurité

Aucun cas d'injection intravasculaire ou de traumatisme nerveux n'a été rapporté dans une série de 2146 cas consécutifs de bloc échoguidé du plexus brachial par voie sous-claviculaire chez les adultes [8]. En éliminant les injections intravasculaires et intraneurales de l'anesthésique local, la morbidité du patient est réduite, conduisant alors à une diminution du risque de contentieux. Ces mesures sécuritaires ont un impact éthique ; elles ont aussi un bénéfice financier. Les litiges et leurs conséquences sont un critère majeur pour estimer la charge d'un médecin ou d'un service. Le coût de la défense lors d'une poursuite même sans faute est significatif. Le coût moyen de la défense (Physician Insurance Association of America) quand un jury tranche en faveur d'un médecin et dans le cas où la procédure ne débouche pas sur un dédommagement du plaignant (dans plus de 70 % des plaintes) est de 65 000 € par plainte. Le coût moyen est de 18 500 € lorsque la procédure ne va pas à son terme [9].

Les complications d'une injection malheureuse, vasculaire ou neurale, ou d'un pneumothorax peuvent être financièrement coûteuses. Le coût en personnel, mais aussi l'augmentation des interventions au bloc opératoire et en salle de réveil, l'augmentation de la durée du séjour en salle de réveil, en réanimation, ou de la durée globale de séjour, les besoins en médicaments et

en matériel ainsi que le coût de la rééducation après l'hospitalisation doivent tous être pris en considération lors de l'évaluation des conséquences financières d'une telle complication. En utilisant une technique échoguidée, les lésions et les contentieux peuvent être diminués, résultant en une « sérénité financière ».

Résumé des économies réalisées par l'utilisation de l'échographie lors des procédures périopératoires

- Économie de matériel
- Économie de temps due à la rapidité de réalisation du bloc
- Économie de temps due à l'obtention plus rapide du bloc
- Économie dans l'utilisation de drogue en raison d'un bloc de meilleure qualité
- Diminution des lésions nerveuses, vasculaires ou pulmonaires liées à la procédure
- Économie du coût des contentieux par prévention des complications

Conclusion

L'utilisation des ultrasons pour les anesthésies régionales et des abords vasculaires peut être bénéfique pour les patients, les anesthésistes et les établissements de soins. Le coût d'un échographe peut sembler prohibitif, mais les économies réalisées en recourant à cette procédure font qu'il s'agit d'un excellent investissement qui, de plusieurs façons, améliore la rentabilité financière. La communauté anesthésique a besoin de davantage d'évaluation sur les bénéfices potentiels et d'études bien construites pour faire la preuve du bénéfice économique de l'intérêt de l'échographie utilisée en routine en période périopératoire.

RÉFÉRENCES

1. Williams BA, Kentor ML, Vogt MT, et al : Economics of nerve block pain management after anterior cruciate ligament reconstruction. *Anesthesiology* 100 : 697-706, 2004.
2. Schuster M, Gottschalk A, Berger J, Standl T : A retrospective comparison of costs for general and regional anesthesia techniques. *Anesth Analg* 100 : 786-794, 2005.
3. Sandhu NS, Sidhu DS, Capan LM : The cost comparison of infraclavicular brachial plexus block by nerve stimulator and ultrasound guidance. *Anesth Analg* 98 : 267-268, 2004.
4. Hadzic A, Arlis J, Kerimoglu B, et al : Comparison of infraclavicular block vs. general anesthesia for hand and wrist day care surgeries. *Anesthesiology* 101 : 127-132, 2004.
5. Sandhu NS, Bahniwal CS, Capan LM : Feasibility of an infraclavicular block with a reduced volume of lidocaine with sonographic guidance. *J Ultrasound Med* 25 : 51-56, 2006.
6. Sandhu NS, Maharlouei B, Patel B, et al : Simultaneous bilateral infraclavicular brachial plexus blocks with low-dose lidocaine using ultrasound guidance. *Anesthesiology* 104 : 199-201, 2006.
7. Gualtieri E, Deppe SA, Sipperly ME, Thompson DR : Subclavian venous catheterization : Greater success rate for less experienced operators using ultrasound guidance. *Crit Care Med* 23 : 692-697, 1995.
8. Sandhu NS, Manne J, Medbalmi PK, Capan LM : Sonographically guided infraclavicular brachial plexus block in adults : A retrospective analysis of 1146 cases. *J Ultrasound Med* 25 : 1555-1561, 2006.
9. Physicians Insurance Association of America ; cited in « Federal Medical Liability Reform », Alliance of Speciality Medicine, July, 2005.

Échographie pour abords veineux centraux

5

NAV PARKASH S. SANDHU, and SHYAMALA KARUVANNUR

La mise en place de voies veineuses centrales est souvent nécessaire pour le monitoring des pressions veineuses centrales ou artérielles pulmonaires, pour l'administration de nutrition parentérale, de solutés, de drogues cytotoxiques, de vasopresseurs, pour les prélèvements sanguins ou simplement pour obtenir un accès veineux chez les patients présentant des difficultés d'accès veineux périphérique. L'échec de pose de voie veineuse centrale à partir des seuls repères cutanés n'est pas rare, même entre les mains les plus expérimentées. L'utilisation de l'échographie augmente les chances de succès et diminue le nombre de ponctions, en particulier pour les praticiens inexpérimentés.

Depuis que l'institut national pour l'excellence clinique (National Institute of Clinical Excellence [NICE]) du Royaume-Uni a recommandé l'utilisation de l'échographie pour l'insertion des voies veineuses centrales [1], une résistance considérable d'un grand nombre d'anesthésistes à l'utilisation de cette technique a été observée [2]. Malgré l'absence d'essais prospectifs randomisés de grande ampleur démontrant les bénéfices de l'échographie, de petites séries rapportant l'amélioration des taux de succès ont été publiées. Les avantages associés à l'utilisation de l'échographie figurent dans le [tableau 5.1](#).

Abord veineux jugulaire interne

Sonde

La sonde d'échographie curvilinéaire (Titan® C11, SonoSite, Bothell, États-Unis) présente une faible surface de contact et nous la préférons aux autres modèles. Cependant, les sondes linéaires ou en « club de golf » peuvent aussi être utilisées.

TABLEAU 5.1. Avantages de l'échographie pour l'accès veineux central

Aide à évaluer la perméabilité et le calibre vasculaire avant toute tentative de cathétérisme

Permet de détecter les variations de volémie

Augmente le taux de succès des ponctions

Diminue le nombre de ponctions artérielles

Diminue le nombre de lésions des structures adjacentes, des poumons, des nerfs ou du canal thoracique

Imagerie échographique de la veine jugulaire interne

La tête du patient est tournée du côté opposé à celui de la ponction. La sonde d'échographie est orientée de façon à obtenir une coupe transversale de la région cervicale. L'artère carotide, très pulsatile, et la veine jugulaire interne, moins pulsatile, sont observées. La veine jugulaire interne est placée au centre de l'écran et comprimée de façon à éliminer une thrombose. Le flux sanguin peut être confirmé par Doppler ([figures 5.1](#) et [5.2](#)). La sonde d'échographie est ensuite tournée de 90°, de façon à obtenir une coupe grand axe de la veine ([figures 5.3](#) et [5.4](#)). Il est important de bien différencier la veine de l'artère. L'artère est vigoureusement pulsatile et difficile à comprimer. Dans une étude portant sur 200 patients, Denys et Uretsky [3] ont démontré qu'à la base du cou, près de la jonction des deux chefs du muscle sterno-cléido-mastoïdien, la veine jugulaire interne était antérolatérale à l'artère carotide chez 92 % des patients. Chez 3 % des patients, ils observaient une petite veine fixée du côté droit ne se distendant pas lors de la réalisation de la manœuvre de Valsalva. Tous ces patients avaient bénéficié d'un abord jugulaire

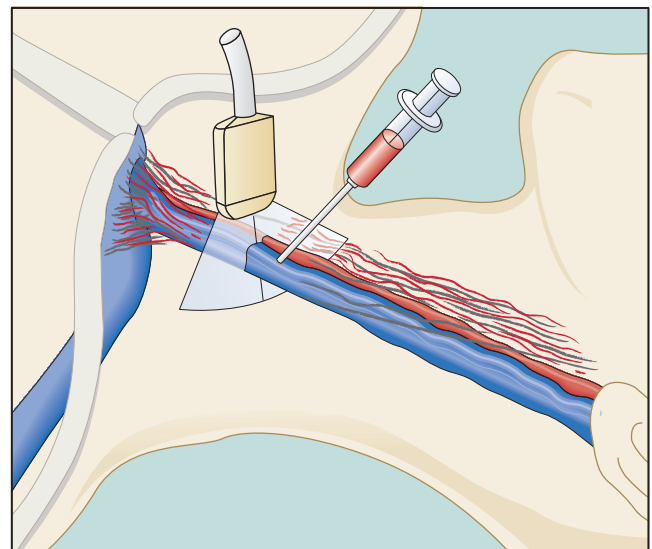


Figure 5.1. Vue de la veine jugulaire interne en petit axe pour un abord en dehors du plan.

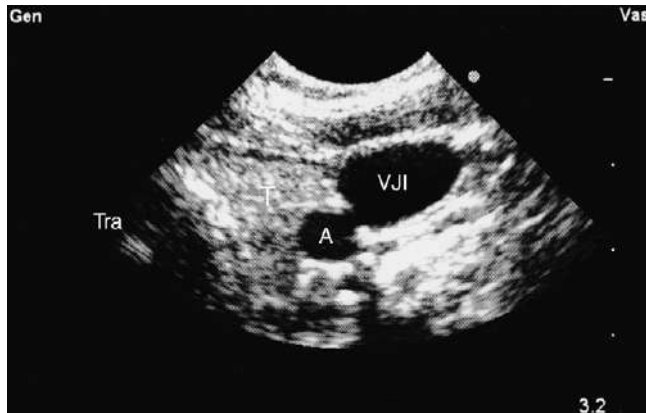


Figure 5.2. Veine jugulaire interne sur la partie droite de l'image. A : artère carotide commune ; T : thyroïde ; Tra : trachée ; VJI : veine jugulaire interne.

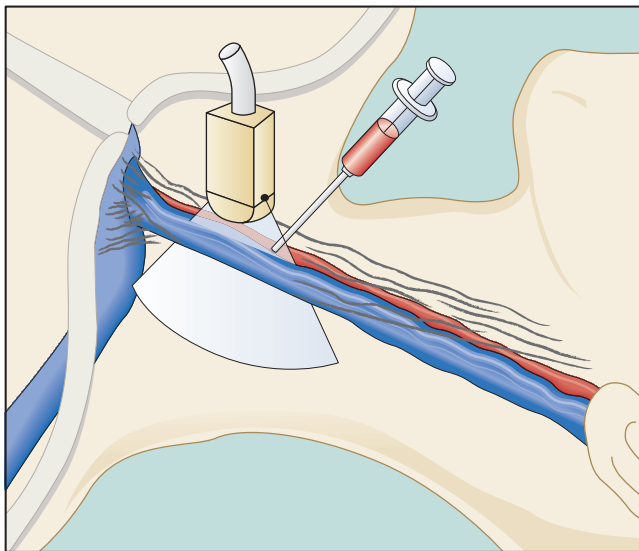


Figure 5.3. Technique de canulation de la veine jugulaire interne avec l'aiguille dans le plan des ultrasons.

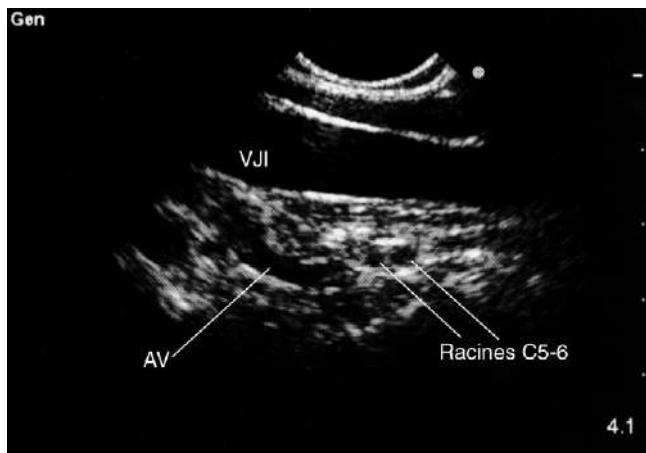


Figure 5.4. Vue de la veine jugulaire interne (VJI) en grand axe. Racines C5-6 : racines du plexus brachial ; AV : artère vertébrale.

interne dans le passé et présentaient une veine jugulaire interne controlatérale normale. Cette aberration était possiblement la conséquence d'un cathétérisme faisant suite à une thrombose veineuse antérieure. Chez 2,5 % des patients, la veine jugulaire interne n'était pas visualisée. Chez 1 % des patients, la veine était latérale à l'artère de 1 cm et dans 2 % des cas, elle était médiale à l'artère. Dans 5,5 % des cas, la veine jugulaire interne était en dehors des limites prédites par les repères cutanés.

La veine jugulaire interne est généralement latérale à l'artère carotide commune au niveau plus céphalique et antérolatérale à l'artère à la base du cou, dans la zone où la ponction basée sur les repères anatomiques est pratiquée. Les techniques de ponction échoguidée permettent un abord cervical plus céphalique, diminuant les risques de lésions pulmonaire et de l'artère vertébrale. Nous préférons un point de ponction plus céphalique, ce qui réduit le risque de pneumothorax ou de lésion de l'artère vertébrale. Chez les patients conscients ne supportant pas le décubitus dorsal strict, l'échographie est utile pour permettre une ponction au moment de la dilatation maximale de la veine en fonction du cycle respiratoire.

Technique

La veine peut être abordée par échographie, soit dans le plan, soit en dehors du plan. Le patient est placé en position de Trendelenburg de façon à augmenter le diamètre de la veine jugulaire interne. Une désinfection cutanée de la région cervicale par povidone iodée ou chlorhexidine est réalisée. La sonde d'échographie est placée dans une gaine de protection stérile avec du gel échographique. Une fine couche de gel échographique est placée au contact de la peau.

Abord en dehors du plan

Une visualisation petit axe de la veine jugulaire interne est obtenue et la sonde est positionnée de façon à centrer la veine jugulaire interne au milieu de l'écran (figures 5.1 et 5.2). Une aiguille de 18 gauges est introduite au centre et 0,25 cm au-dessus de la sonde d'échographie. L'aiguille est visualisée en temps réel. L'aiguille est difficile à observer ; la mise en évidence de la compression de la veine est un élément indirect de localisation de la position de la pointe de l'aiguille. Le reflux sanguin confirme le succès de la ponction veineuse. Il s'agit de la technique la plus couramment utilisée.

Abord dans le plan

Cette technique est plus sûre que l'abord en dehors du plan, étant donné que l'aiguille est mieux visualisée, ce qui diminue le risque de lésions des structures adjacentes. Après obtention d'une coupe échographique en petit axe de la veine jugulaire interne, l'image de la veine est centrée sur l'écran et la sonde échographique est tournée de 90° de façon à obtenir une coupe grand axe. Une aiguille de 18 gauges est introduite 0,50 cm au-dessus de la sonde d'échographie et avancée sous contrôle de la vue jusqu'à la paroi antérieure de la veine

jugulaire interne (figures 5.3 et 5.4). Un mouvement sec est utilisé pour ponctionner la paroi antérieure de la veine jugulaire interne. Ceci permet d'éviter de transpercer de part en part les deux parois de la veine jugulaire interne. L'aiguille peut aller au contact de la paroi postérieure de la veine. Elle doit alors être partiellement retirée et repositionnée au centre de la veine. Après aspiration de sang, un guide métallique est introduit et l'aiguille peut alors être retirée. Si le guide métallique n'est pas mobilisé librement, celui-ci peut avoir pris un trajet dans la veine sous-clavière ou être au contact d'une valve ; il faut alors le retirer partiellement et le bout du guide doit être avancé sous contrôle de la vue par échographie. Le point de ponction cutané est incisé avec une lame de bistouri n° 11. Un dilateur puis un cathéter sont alors introduits selon la technique de Seldinger. Un cathéter simple ou triple lumière peut être introduit.

Abord veineux sous-clavier

Guiltieri et al. ont décrit une technique avec fixation de l'aiguille sur la sonde d'échographie. L'image de la veine est centrée sur l'écran de l'appareil d'échographie et l'aiguille est avancée en dehors du plan. Après aspiration sanguine, la sonde d'échographie peut être retirée et le reste de la procédure poursuivi selon la technique de Seldinger. L'image n'est pas visualisée en temps réel. Dans cette petite étude portant sur 52 patients, Guiltieri et al. rapportaient un taux de succès de 92 % par voie échographique et de 44 % en utilisant les repères cutanés. Cette technique rendue difficile par la proximité de la clavicule et de la première côte ne s'est pas diffusée.

Abord veineux axillaire

La veine axillaire donne la veine sous-clavière au niveau du bord latéral de la première côte. La veine sous-clavière chemine entre la clavicule et la première côte, ce qui rend sa visualisation difficile. À ce niveau, la progression de l'aiguille ne peut pas être suivie en temps réel. Grâce à une approche antérieure (paroi thoracique), la veine axillaire peut être visualisée 2,5 à 5 cm latéralement à la première côte et l'aiguille peut être visualisée en temps réel en utilisant la technique dans le plan décrite par Sandhu [5] (figures 5.5 et 5.6). Sharma et al. [6], avec une technique de ponction en dehors du plan, rapportaient un taux de succès de 96 %, une ponction artérielle dans 1,5 % des cas et une névralgie par lésion du plexus brachial dans 1 % des cas. L'utilisation d'une approche dans le plan permettant de visualiser la progression de l'aiguille permet aussi d'éviter ces complications.

Sonde échographique

La sonde curvilinéaire de 4-7 MHz (C-11™) réglée en mode vasculaire à une profondeur de 5 cm permet une visualisation optimale de l'aiguille. Alternativement, une sonde échographique en « club de golf » ou une sonde linéaire peut être utilisée. Les sondes échographiques linéaires sont encombrantes et difficiles à utiliser pour les abordages dans le plan (grand axe) ; l'aiguille peut

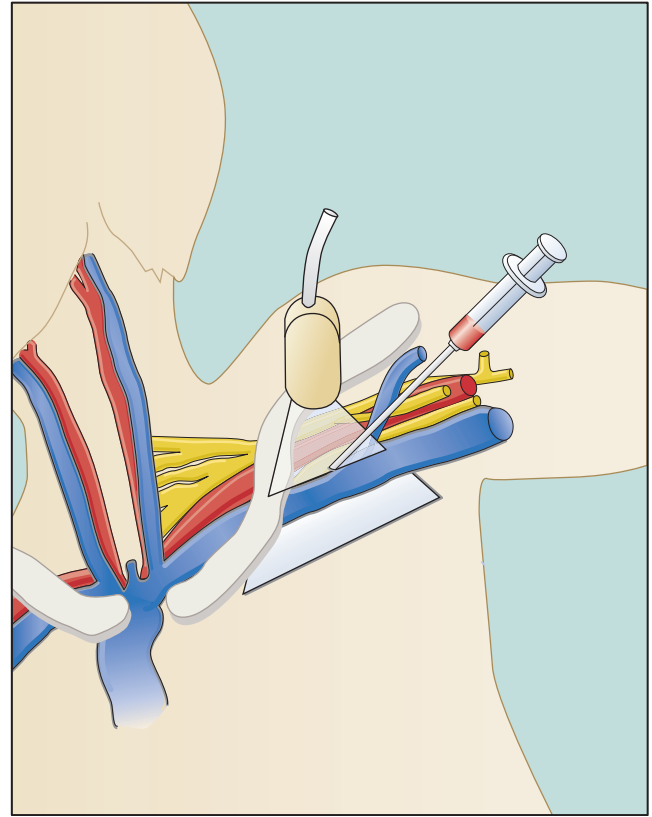


Figure 5.5. Approche de la veine axillaire par voie transpectorale.

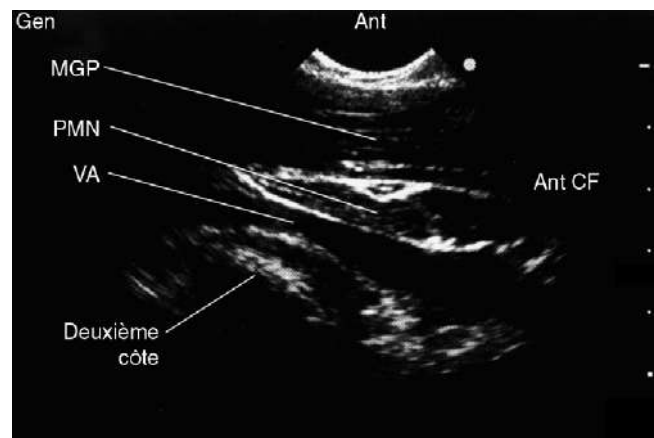
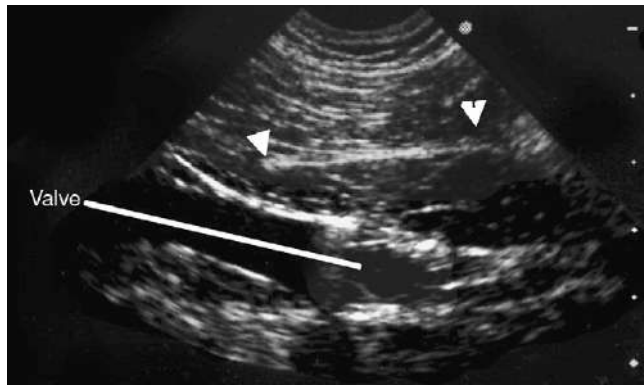


Figure 5.6. Image longitudinale de la veine axillaire. MGP : muscle grand pectoral ; AV : artère vertébrale.

devoir être introduite en petit axe. Si une valve est observée au niveau de la veine (figure 5.7), le point de ponction doit préférentiellement être médial par rapport à celle-ci et médial par rapport à la jonction de la veine céphalique et de la veine axillaire.

Imagerie échographique de la veine axillaire

Le bras est en abduction à 90° de façon à aligner la veine et à l'éloigner de la première côte lors de la procédure. L'omoplate est légèrement surélevée afin de diminuer



■ **Figure 5.7.** Image en axe longitudinal de la veine axillaire avec visualisation d'une valve. L'aiguille est indiquée par les flèches, le trajet de l'aiguille a été modifié de façon à passer au-delà de la valve.

la compression de la veine sur la première côte. La sonde d'échographie est placée sur les muscles pectoraux. La profondeur d'exploration initiale est de 5 à 6 cm, puis elle est ajustée en fonction de la morphologie du patient. Une image échographique de la veine en petit axe est obtenue. L'image de la veine est alors centrée sur l'écran de l'appareil d'échographie en ajustant la position de la sonde. La sonde d'échographie est alors tournée de 90° de façon à obtenir une coupe grand axe de la veine. La facilité de compression ainsi que le flux au Doppler confirment le caractère veineux de l'image échographique.

Technique

Visualisez la veine axillaire et marquez au crayon dermique l'empreinte cutanée de la sonde échographique. La veine est comprimée de façon à éliminer une thrombose. Le mode Doppler couleur peut être utilisé pour confirmer le flux sanguin. La région deltopectorale est désinfectée à la povidone iodée ou à la chlorhexidine et un champ stérile est mis en place. La sonde d'échographie est introduite dans une housse stérile (CIVCO Medical Instruments, Kalona, États-Unis) avec du gel échographique. Du gel stérile est appliqué au niveau du point de marquage cutané de l'empreinte de la sonde échographique et celle-ci est appliquée à ce niveau. Une aiguille 18 gauges est introduite dans la veine sous imagerie en temps réel. L'aiguille doit pénétrer dans la veine avec un angle de 30 à 45° ; un angle plus grand peut être à l'origine d'une coudure du cathéter après le retrait du dilateur, tandis qu'un angle plus petit augmente le trajet de l'aiguille dans les muscles pectoraux. Une fois que l'aiguille atteint la veine, deux ou trois tentatives pour ponctionner celle-ci sont habituellement nécessaires, car l'aiguille a tendance à dévier sur le côté. Évitez de toucher le plexus brachial, qui est céphalique par rapport à la veine axillaire. Une fois que la pointe de l'aiguille est au contact de la paroi veineuse, un mouvement sec est utilisé pour traverser la paroi. Évitez les ponctions transfixiantes. La position intraveineuse est confirmée par le reflux sanguin en aspiration. Un guide métallique est introduit à travers l'aiguille, celle-ci est ensuite retirée. Un dilateur et un cathéter sont ensuite glissés sur le guide métallique selon la technique de Seldinger (figure 5.8). Il est très important d'introduire le dilateur avec un mouvement rotatif lent plutôt qu'un mouvement

de poussée linéaire ; confirmez que le guide métallique peut être mobilisé librement à chaque avancée de 1 cm. Si le guide métallique n'est plus mobilisé librement, un faux trajet est en train d'être créé dans les muscles : le dilateur doit alors être retiré partiellement jusqu'à ce que le guide métallique soit à nouveau librement mobilisable. Le dilateur doit ensuite à nouveau être avancé avec un mouvement rotatif lent. La création d'un faux trajet musculaire est la cause la plus fréquente d'échec d'abord veineux axillaire. Dans ces cas, lorsque le guide métallique est retiré, celui-ci apparaît coudé à l'extrémité. Chez les patients obèses, un point de ponction plus médial est choisi, étant donné que le cathéter peut ne pas être assez long pour atteindre la veine ou que la portion intravasculaire courte (< 5 cm) du cathéter peut glisser en dehors de la veine avec les mouvements du bras. Dans ces cas, un cathéter triple lumière plus long est préféré. L'utilisation d'une gaine d'introduction de cathéter artériel pulmonaire en axillaire est utile pour éviter tout déplacement de celui-ci (figure 5.9).



■ **Figure 5.8.** Vue de la veine axillaire avec la gaine d'introduction d'un cathéter artériel pulmonaire (petites flèches). Les grandes flèches indiquent le cathéter simple lumière.



■ **Figure 5.9.** Patient présentant une hypertension artérielle pulmonaire ayant bénéficié de la pose d'un cathéter artériel pulmonaire par voie veineuse axillaire. La pointe de la pince indique les nombreux points de ponction des voies veineuses centrales précédentes.

Abord Veineux Fémoral

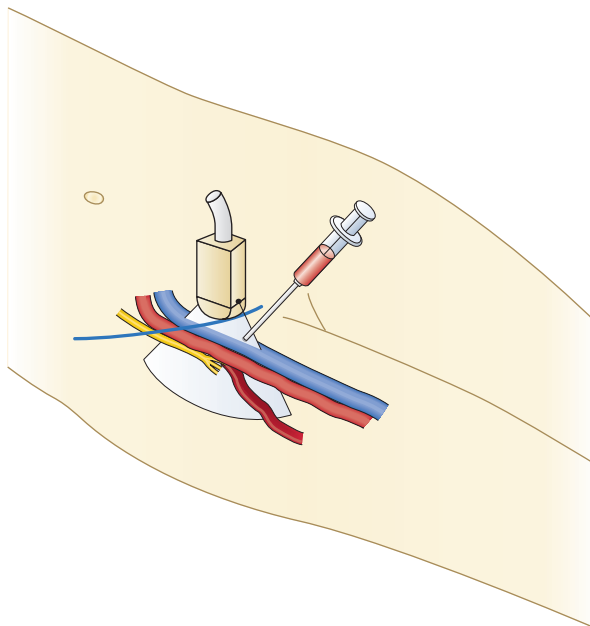
La veine fémorale est souvent utilisée pour l'accès veineux ou pour le monitoring de la pression artérielle pulmonaire ou de la pression veineuse centrale.

Imagerie échographique de la veine fémorale

La sonde d'échographie est placée juste en dessous du ligament inguinal ; une image en petit axe de la veine et de l'artère est obtenue. La veine est comprimée avec la sonde d'échographie afin d'éliminer une thrombose ; le flux vasculaire est confirmé au moyen du Doppler couleur. La veine est placée au centre de l'écran et la sonde d'échographie est tournée de 90°, de façon à obtenir une vue de la veine en grand axe (figure 5.10). L'empreinte de la sonde d'échographie dans la position sélectionnée est marquée au crayon dermatographique. Visualisez les deux côtés de façon à choisir le côté optimal pour la mise en place du cathéter.

Technique

La région du creux inguinal est désinfectée avec de la povidone iodée ou de la chlorhexidine, puis recouverte de champs stériles. La sonde d'échographie est introduite dans une housse stérile (CIVCO Medical Instruments) avec du gel échographique. Du gel stérile est appliqué au niveau du point de marquage cutané de l'empreinte de la sonde échographique et celle-ci est appliquée à ce niveau. Une aiguille 18 gauges est introduite 1 cm caudalement à la sonde d'échographie et avancée sous imagerie en temps réel jusqu'à ce qu'elle atteigne la veine. Un mouvement sec est utilisé pour traverser la paroi veineuse et la position intraveineuse est confirmée par le reflux sanguin en aspiration. La



■ **Figure 5.10.** Biogramme décrivant la circulation d'une artère fémorale.

technique de Seldinger est utilisée pour l'introduction du dilateur et du cathéter.

Abord veineux fémoral distal

Une technique échoguidée d'abord veineux fémoral distal plusieurs centimètres sous le pli inguinal a été décrite par Sato [7] ; dans cette série de 20 patients, le taux de succès était de 100 %.

Abord de la veine basilique ou brachiale

Cet abord est utile lorsque tous les sites d'insertion de voies veineuses centrales sont inutilisables ou indisponibles. La présence d'un pontage axillobifémoral récent décourage de toute utilisation d'un de ces trois sites en raison du risque d'infection. Les veines basiliques, céphaliques ou brachiales peuvent être canulées sous échoguidage au moyen d'une canule intraveineuse (voir le chapitre 6) puis par la suite en utilisant la technique de Seldinger ; un cathéter central simple, double ou triple lumière peut être introduit (figure 5.11). Les valves veineuses peuvent représenter un obstacle au passage du guide métallique.

Pratique basée sur les preuves

Une étude menée par Mansfield et al. comparant la technique échographique et la technique basée sur les repères cutanés n'a pas trouvé de différence en termes de taux de succès de cathétérisme. Cependant, l'échographie n'était utilisée que pour faciliter les mesures de profondeur, de calibre et de perméabilité de la veine sous-clavière. La progression de l'aiguille n'était pas visualisée par imagerie en temps réel, étant donné que la clavicule recouvre la veine sous-clavière antérieurement, rendant son imagerie difficile. L'artère sous-clavière adjacente à la veine est souvent ponctionnée (3,7 %), entraînant un hématome médiastinal (0,6 %) ou un hémithorax [1,2]. Le cathétérisme de la veine sous-clavière échoue chez 8 % des patients



■ **Figure 5.11.** Après mise en place intraveineuse d'un cathéter dans la veine basilique, un guide est introduit et un cathéter central simple lumière est inséré par la méthode de Seldinger.

sans antécédents chirurgicaux et avec un indice de masse corporel inférieur à 30. Chez les patients obèses, le taux d'échec peut atteindre 20 % et en cas d'obésité associée à une radiothérapie, un antécédent d'abord veineux sous-clavier ou un opérateur inexpérimenté, le taux d'échec peut être encore plus important. Guiltieri et al. [4] ont comparé l'abord sous-clavier échoguidé ou par repères cutanés avec des taux de succès respectifs de 92 et 44 %. La technique d'abord veineux axillaire dans le plan a été décrite par Sandhu [5]. Une technique d'abord veineux axillaire en dehors du plan a été décrite par Sharma et al. [6]. Ils ont rapporté un taux de succès de 96 % dans une série de 200 patients, ce qui est significativement plus important qu'au cours de la technique basée sur les repères cutanés décrite par Mansfield et al. [9] (84 %) et Guiltieri et al. (44 %) [4]. Lors d'un éditorial, Muhm commentait que l'échographie était potentiellement utile après échec de cathétérisme à l'aveugle ou pour les patients chez qui le cathétérisme risquait d'être difficile ou chez qui les complications pouvaient être graves [10]. Dans plusieurs éditoriaux [11-13], Scott recommandait le recours à l'échographie pour les abords vasculaires. Dans une méta-analyse (18 essais, 1646 participants), Hind et al. [14] ont montré, chez l'adulte et chez l'enfant, qu'en utilisant le guidage par échographie bidimensionnelle, l'abord veineux central était plus rapide et plus sûr qu'en utilisant la technique basée sur les repères cutanés. Le guidage par échographie bidimensionnelle était aussi plus efficace que le guidage par écho-Doppler pour les procédures plus difficiles [14].

RÉFÉRENCES

1. National Institute for Clinical Excellence DHT : Guidance on the Use of Ultrasound-Locating Devices for Placing Central Venous Catheters, London, National Institute for Clinical Excellence, 2002.
2. Chalmers N : NICE should reconsider its guidance on the use of ultrasound for placing central venous catheters. *BMJ* 325 : 1373-1374, 2002.
3. Denys BG, Uretsky BF : Anatomical variations of internal jugular vein location : Impact of central venous access. *Crit Care Med* 19 : 1516-1519, 1991.
4. Guiltieri E, Deppe SA, Sipperly ME, Thompson DR : Subclavian venous catheterization: Greater success rate for less experienced operators using ultrasound guidance. *Crit Care Med* 23 : 692-697, 1995.
5. Sandhu NS : Axillary vein catheterization through pectoral muscles using real-time ultrasonography as a substitute for subclavian vein catheterization. *Anesth Analg* 99 : 183-187, 2004.
6. Sharma A, Bodenham AR, Mallick A : Ultrasound-guided infraclavicular axillary vein cannulation for central venous access. *Br J Anaesth* 93 : 188-192, 2004.
7. Sato S, Ueno E, Toyooka H : Central venous access via the distal femoral vein using ultrasound guidance. *Anesthesiology* 88 : 838-839, 1998.
9. Mansfield PF, Hohn DC, Fornage BD, et al : Complications and failures of subclavian vein catheterization. *N Engl J Med* 331 : 1735-1738, 1994.
10. Muhm M : Ultrasound-guided central venous access. *BMJ* 325 : 1373-1374, 2002.
11. Scott DHT : In the country of the blind, the one-eyed man is king. *Erasmus. Br J Anaesth* 82 : 820-821, 1999.
12. Scott DHT : It's NICE to see in the dark. *Br J Anaesth* 90 : 269-270, 2003.
13. Scott DHT : The king of the blind extends his frontiers. *Br J Anaesth* 93 : 175-177, 2004.
14. Hind D, Calvert N, McWilliams R, et al : Ultrasonic locating devices for central venous cannulation: Meta-analysis. *BMJ* 327 : 361-368, 2003.

Échographie pour cathétérisme artériel et abord veineux périphérique difficile

6

NAV PARKASH S. SANDHU, SHYAMALA KARUVANNUR

Utilisation de l'échographie pour cathétérisme artériel

Les cathéters artériels sont utilisés pour le monitoring continu de la pression artérielle, les prélèvements sanguins, l'administration ciblée de chimiothérapie sur un organe, l'insertion de greffons endovasculaires et l'embolisation artérielle thérapeutique. En pratique clinique, la difficulté à palper le pouls artériel est souvent à l'origine d'un échec de cathétérisme. L'utilisation de l'échographie augmente les chances de succès et diminue le nombre de ponctions. Chez les patients hypotendus ou présentant une pathologie vasculaire périphérique, l'échoguidage peut être utilisé en première intention. En cas d'échec des techniques traditionnelles, l'échographie représente une bonne technique de secours. Les avantages de l'échographie sont listés dans le [tableau 6.1](#). Le [tableau 6.2](#) énumère et compare les différents sites de cathétérisme.

Cathétérisme de l'artère radiale

Le cathétérisme de l'artère radiale par échographie a été décrit par Levin et al. [1].

Sonde échographique

Une sonde d'échographie curvilinéaire (Titan[®] C11, SonoSite, Bothell, États-Unis) a l'avantage de présenter une faible empreinte et nous la préférons aux autres modèles. Cependant, une sonde linéaire ou en « club de golf » peut aussi être utilisée.

TABLEAU 6.1. Avantages du guidage échographique pour les accès veineux et artériels

Aide à déterminer la perméabilité et le calibre de l'artère avant toute tentative de cathétérisme

Détecte les pathologies intravasculaires telles que les plaques d'athérome calcifiées, prévenant de ce fait les complications par embolisation distale

Augmente le taux de succès

Diminue le nombre de lésions des structures adjacentes, des nerfs ou des veines

Imagerie de l'artère radiale

La main est immobilisée en extension sur une attelle. La profondeur d'exploration de la sonde échographique est réglée à 1-2 cm et la sonde est placée de façon à obtenir une vue transverse de l'artère radiale ([figure 6.1](#)). L'artère étant très superficielle, des artéfacts peuvent être observés dans la lumière de l'artère. L'artère est la plupart du temps accompagnée par une ou deux veines cheminant sur ses côtés ([figure 6.2](#)). Lorsqu'on exerce une pression avec la sonde, les pulsations deviennent plus visibles et les veines accompagnantes sont occluses. Le flux sanguin peut être confirmé par Doppler couleur. La sonde d'échographie est alors tournée de 90° de façon à obtenir une image en grand axe de l'artère. Le flux couleur peut ne pas être visible lorsque le faisceau d'ultrason est vertical ; une légère inclinaison du faisceau d'ultrason dans la même direction ou dans la direction opposée au flux sanguin améliore le flux couleur. Il est important de différencier les artères des veines. Les artères sont pulsatiles et difficiles à comprimer.

Technique

L'artère peut être canulée soit par une technique avec abord en dehors du plan ([figure 6.1](#)), soit par un abord dans le plan ([figure 6.3](#)). Pour la technique avec abord en dehors du plan, une image transverse de l'artère est obtenue et la position de la sonde d'échographie est ajustée de façon à centrer l'image de l'artère au milieu de l'écran. La peau est nettoyée avec des lingettes imprégnées d'alcool ou de povidone iodée. Le point de ponction est situé en regard du centre de la sonde d'échographie, à 0,25 cm de celle-ci ; la progression de l'aiguille est observée en temps réel. Le bout de l'aiguille est difficile à observer et une preuve indirecte est la compression de l'artère par l'aiguille, ce qui donne une idée de la position de celle-ci. Un reflux sanguin pulsatile confirme le succès de la ponction artérielle. Cette technique est la plus couramment utilisée. L'angle de l'aiguille est alors diminué et le cathéter est ensuite avancé. L'aiguille peut transpercer la paroi antérieure ou postérieure de l'artère et le reflux sanguin s'arrête alors. Dans ces cas, l'aiguille est retirée en laissant le cathéter en place. Un guide métallique stérile est gardé à portée de main. Le cathéter est retiré lentement, millimètre par millimètre, jusqu'à ce

TABLEAU 6.2. Comparaison des sites de cathétérisme

Site	Avantages	Inconvénients
Artère radiale	Facile à palper Faible risque d'ischémie en raison de la collatéralité de l'artère ulnaire Très bien tolérée	Contre-indiquée en cas d'ischémie de la main Fort risque de thrombose Interfère avec les mouvements du poignet
Artère brachiale	Facile à palper	L'ischémie après une thrombose peut avoir des conséquences graves Interfère avec les mouvements du bras
Artère axillaire au creux axillaire	Faible risque d'ischémie en raison d'un bon réseau vasculaire autour de l'épaule Faible risque de thrombose	Pas toujours palpable Le creux axillaire est toujours humide et présente le plus fort risque d'infection Possible risque de lésion nerveuse en raison de la proximité de l'artère Entraîne un inconfort pour le patient : interférences avec les mouvements de l'épaule
Artère axillaire par voie transpectorale	Artère de gros calibre Faible risque d'infection Mieux toléré par les patients : n'interfère pas avec la mobilité du bras	Nécessite un échographe et une bonne expérience de la technique
Artère fémorale	Facile à palper Faible risque de thrombose en raison du fort débit sanguin collatéral	Interfère avec la flexion de la hanche Proximité du périnée, très contaminé
Artère pédieuse dorsale	Facile à palper et à visualiser	Peut être absente Contre-indiquée en cas d'ischémie des membres inférieurs ou du pied



Figure 6.1. Une vue transverse de l'artère est obtenue et le cathéter est introduit par une technique en dehors du plan.

qu'un reflux sanguin pulsatile soit observé. Un guide métallique est alors introduit dans l'artère au travers du cathéter et celui-ci est descendu le long du guide métallique. Le reflux sanguin pulsatile confirme la position intra-artérielle. La technique dans le plan est plus sûre que la technique en dehors du plan, étant donné que l'aiguille est plus facilement visualisée et que par conséquent, le risque de lésion des structures adjacentes est plus faible. Après obtention d'une image transverse de l'artère radiale, l'image est centrée sur l'écran et la sonde tournée de 90° de façon à obtenir une coupe longitudinale de l'artère (figure 6.4). Un cathéter 20 gauges est introduit à 0,5 cm de la sonde

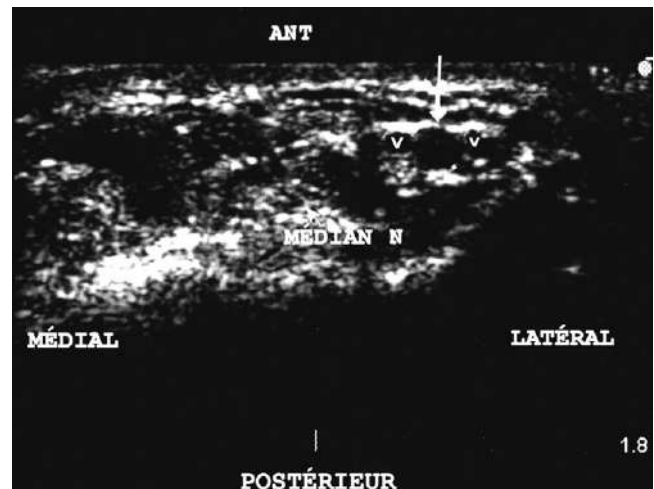


Figure 6.2. Image transverse de l'artère radiale. L'artère est accompagnée par deux veines indiquées par le V. AR : artère radiale.

d'échographie en direction de la main tenant la sonde ; la progression est observée en temps réel jusqu'au contact avec la paroi antérieure de l'artère. Un mouvement sec est utilisé pour transpercer la paroi antérieure de l'artère radiale. Cela évite les ponctions transfixiantes de l'artère. L'aiguille peut glisser sur un des côtés de l'artère. Dans ce cas, l'aiguille doit être partiellement retirée et repositionnée au milieu de l'artère. Après visualisation d'un reflux sanguin pulsatile, l'aiguille est laissée en place et le cathéter est alors avancé. Un cathétérisme proximal de l'artère radiale est une option en cas de vasospasme, de dissection intimale, d'hématome périartériel ou de pathologie



Figure 6.3. Cathétérisme de l'artère radiale avec un cathéter de 20 gauges en utilisant une technique dans le plan.



Figure 6.5. L'artère radiale proximale peut être canulée au milieu de l'avant-bras en tant que technique de secours. Une technique dans le plan ou en dehors du plan peut être utilisée pour canuler l'artère.

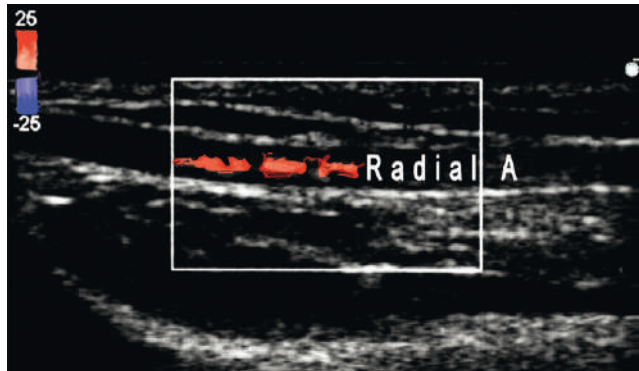


Figure 6.4. Image longitudinale de l'artère radiale. Le Doppler couleur confirme le flux sanguin.

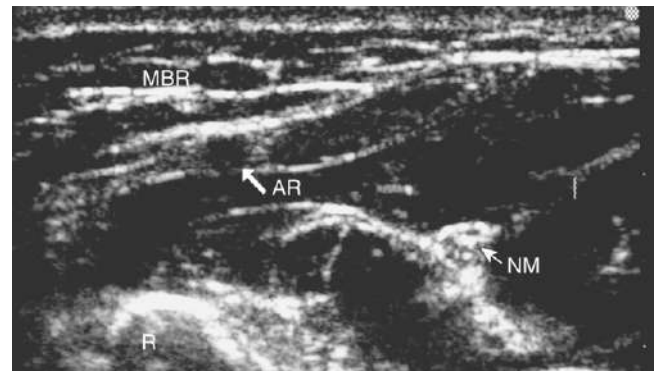


Figure 6.6. L'artère radiale est visualisée en coupe transversale au milieu de l'avant-bras. Le nerf médian est visualisé médialement à l'artère. MBR : muscle brachioradial ; MN : nerf médial ; AR : artère radiale ; R : radius.

vasculaire périphérique affectant l'artère radiale distale. L'artère radiale proximale peut être visualisée et canulée par échoguidage en temps réel dans le plan ou en dehors du plan [2]. À cet endroit, l'artère est difficile à palper en raison du muscle brachioradial recouvrant l'artère (figures 6.5 et 6.6).

Cathétérisme de l'artère axillaire

L'artère axillaire est postérieure aux muscles grand et petit pectoraux. Elle est entourée, dans sa partie proximale, par trois faisceaux du plexus brachial et, dans sa partie distale, de chaque côté, par les nerfs terminaux du plexus brachial (figure 6.7). L'artère axillaire peut être canulée par un abord au creux axillaire ou par voie transpectorale.

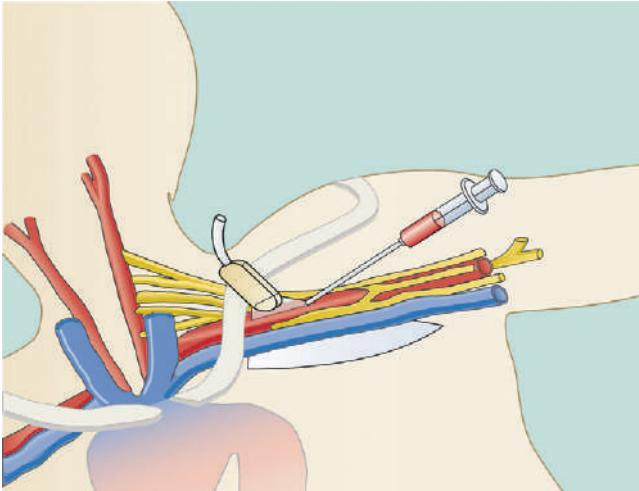
Sonde échographique

Nous préférons une sonde d'échographie curvilinéaire (Titan[®] C11, 4-7 MHz, SonoSite) ayant l'avantage de

présenter une faible empreinte. Cependant, une sonde linéaire ou en « club de golf » peut aussi être utilisée.

Technique

Lorsque l'artère axillaire est canulée au creux axillaire, le bras est positionné en abduction à 90° de façon à étendre l'artère et à l'éloigner de la cage thoracique lors de la procédure. Le pouls axillaire peut être palpé ou l'échographie peut être utilisée directement pour visualiser l'artère. Une image transverse de l'artère axillaire au creux axillaire est obtenue et les structures nerveuses et veineuses sont identifiées. Si l'aiguille traverse une veine avant de ponctionner l'artère, cela peut être à l'origine d'une fistule artérioveineuse traumatique. L'aiguille est introduite par échoguidage dans le plan ou en dehors du plan avec visualisation en temps réel. Nous préférons la technique dans le plan, car la pointe de l'aiguille est visualisée lors de sa progression à travers les tissus, diminuant de ce fait le risque de lésions nerveuses. Cette technique doit être réalisée chez le patient



■ **Figure 6.7.** Schéma montrant la technique dans le plan et les rapports de l'artère axillaire avec les troncs et branches du plexus brachial.

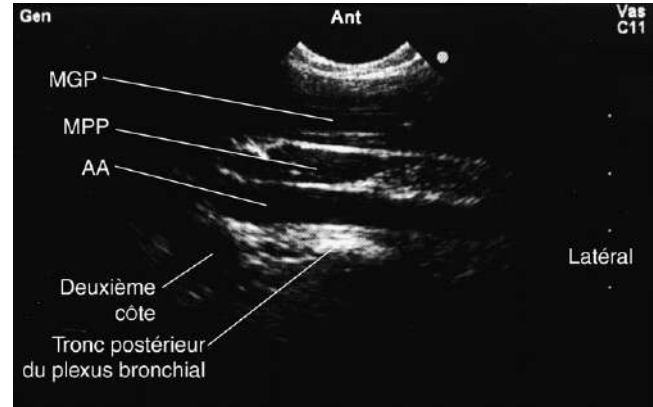
conscient, la survenue de paresthésies alertant le praticien du risque de lésion nerveuse si l'aiguille est avancée. Chez le patient anesthésié ou sous sédation, cette procédure ne doit être réalisée que par des opérateurs très expérimentés de façon à diminuer le risque de lésions nerveuses définitives.

Pour la voie transpectorale de cathétérisme de l'artère axillaire, le bras est positionné en abduction à 90° et repose sur un appui-bras. La sonde d'échographie est placée sur les muscles pectoraux. La profondeur d'exploration initiale est réglée à 5-6 cm puis ajustée en fonction de chaque patient. Une image transverse de l'artère est obtenue et centrée sur l'écran en ajustant la position de la sonde. La sonde d'échographie est tournée de 90° de façon à obtenir une coupe longitudinale de l'artère (figure 6.8). Les pulsations et le flux sanguin sont confirmés par Doppler couleur. L'artère doit être comprimée pour confirmation et s'assurer que la sonde ne s'est pas déplacée au-dessus de la veine adjacente lors de la rotation. À la différence de l'artère, la veine est facilement compressible.

La sonde d'échographie curvilinéaire (C-11™) 4-7 MHz, réglée en mode vasculaire à 5 cm de profondeur, fournit la meilleure vue de l'aiguille. De façon alternative, une sonde linéaire ou en « club de golf » peut être utilisée. Les sondes linéaires ont une empreinte cutanée importante et sont difficiles à utiliser pour les approches dans le plan ; l'aiguille doit alors être introduite avec une technique en dehors du plan, ce qui peut occasionner des lésions des structures nerveuses adjacentes.

Procédure

Marquer l'artère et dessiner les contours de la sonde d'échographie au crayon dermatographique. Le mode Doppler couleur peut être utilisé pour confirmer le flux sanguin. La région deltopectorale est nettoyée à la povidone iodée ou à la chlorhexidine et des champs stériles sont mis en place. La sonde d'échographie est introduite dans une housse stérile (CIVCO Medical Instruments,



■ **Figure 6.8.** Image longitudinale de l'artère axillaire. Le faisceau postérieur repose en arrière de l'artère. AA : artère axillaire ; MGP : muscle grand pectoral ; MPP : muscle petit pectoral.

Kalona, États-Unis) avec du gel échographique. Du gel stérile est appliqué au niveau du point de marquage cutané de l'empreinte de la sonde échographique et celle-ci est appliquée à ce niveau. Une aiguille 18 gauges est introduite dans l'artère sous imagerie en temps réel. L'aiguille doit pénétrer dans la veine avec un angle de 30 à 45°. Cependant, un angle plus petit augmente le trajet de l'aiguille dans les muscles pectoraux. Une fois que l'aiguille atteint l'artère, deux ou trois tentatives pour ponctionner l'artère sont habituellement nécessaires, car l'aiguille a tendance à glisser sur le côté. Évitez de toucher le plexus brachial, le nerf médian ou toute autre branche du plexus brachial. Une fois que la pointe de l'aiguille est au contact de la paroi artérielle, un mouvement sec est utilisé pour traverser la paroi. Évitez les ponctions transfixiantes. La position intra-artérielle est confirmée par le caractère pulsatile du reflux sanguin. Un guide métallique est introduit à travers l'aiguille, puis celle-ci est retirée. Un dilateur est ensuite avancé sur le guide métallique de façon à dilater le trajet à travers les muscles ; sa progression est suivie par échographie en temps réel. La dilatation est arrêtée juste devant l'artère. Il est très important d'introduire le dilateur avec un mouvement rotatif lent plutôt qu'un mouvement de poussée linéaire ; confirmez que le guide métallique peut être mobilisé librement à chaque avancée de 1 cm. Si le guide métallique n'est plus mobilisé librement, alors un faux trajet est en train d'être créé dans les muscles : le dilateur doit être retiré partiellement jusqu'à ce que le guide métallique soit à nouveau librement mobilisable. Le dilateur doit ensuite être à nouveau avancé avec un mouvement rotatif lent. La création d'un faux trajet musculaire est la cause la plus fréquente d'échec d'abord de l'artère axillaire chez les médecins en formation. Dans ces situations, le guide métallique est coudé en un point lors de son retrait. N'introduisez pas le dilateur dans l'artère, car cela entraîne un saignement profus et un hématome. Le dilateur est retiré sur le guide métallique et un cathéter artériel monolumière 16 gauges de 15 cm de long est introduit le long du guide métallique selon la technique de Seldinger. La ligne artérielle est fixée au moyen de point de sutures avec un fil 3-0, puis celle-ci est recouverte d'un pansement occlusif transparent (figure 6.9).



■ **Figure 6.9.** Patient ayant subi de multiples interventions avec une thrombose bilatérale des artères radiales. Mise en place d'une ligne artérielle axillaire avant chirurgie pour tamponnade cardiaque.

Précautions particulières avec les lignes artérielles axillaires

- Ne purgez pas la ligne trop vigoureusement afin d'éviter un flux rétrograde dans les artères carotides, en particulier du côté droit.
- Utilisez une seringue et purgez lentement.
- Réinjectez le sang par voie veineuse.
- Faites les prélèvements sanguins en plaçant un robinet au plus près du patient de façon à diminuer le volume de la purge.
- Retirez ces lignes artérielles au plus tôt si d'autres sites périphériques sont disponibles.

Cathétérisme de l'artère fémorale

L'abord fémoral est souvent utilisé lorsque l'abord radial est difficile. L'artère fémorale se divise en branches superficielle et profonde, juste en dessous du ligament inguinal.

Imagerie de l'artère fémorale

La sonde d'échographie est placée juste en dessous du ligament inguinal et une image transverse de la veine et de l'artère est obtenue (figure 6.10). La veine est comprimée avec la sonde de façon à éliminer une thrombose et le flux sanguin est confirmé par Doppler couleur. L'image de l'artère est centrée sur l'écran et la sonde est tournée de 90° afin d'obtenir une vue longitudinale de l'artère (figure 6.11). L'empreinte cutanée de la sonde est alors marquée au crayon dermatographique. Faites un examen bilatéral de façon à choisir le meilleur côté pour l'insertion de la ligne artérielle.

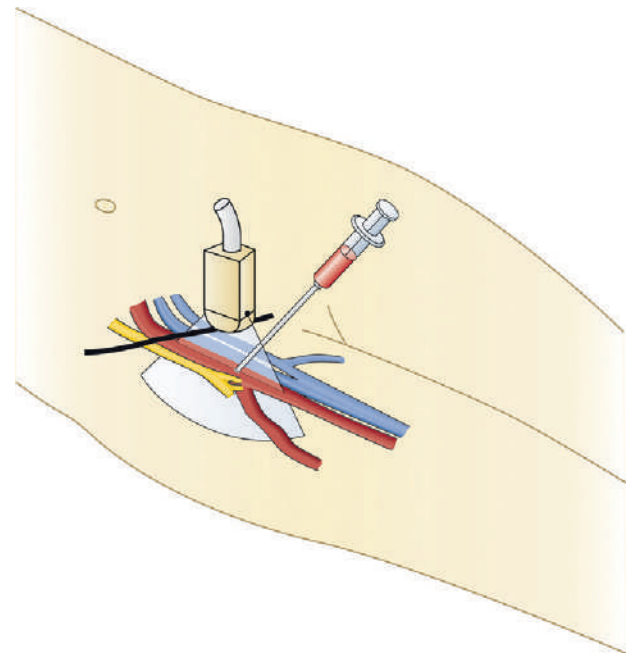
Procédure

La région inguinale est nettoyée avec de la povidone iodée ou de la chlorhexidine et des champs stériles sont mis en place. La sonde d'échographie est introduite

dans une housse stérile (CIVCO Medical Instruments) avec du gel échographique. Du gel stérile est appliqué au niveau du point de marquage cutané de l'empreinte de la sonde échographique et celle-ci est appliquée à ce niveau. Une aiguille de 18 gauges est introduite à 1 cm de la sonde d'échographie et est avancée sous imagerie en temps réel jusqu'à ce qu'elle atteigne l'artère. L'artère est ponctionnée avec un mouvement sec et la bonne position est confirmée par le caractère pulsatile du reflux sanguin. La technique de Seldinger est utilisée pour introduire le guide métallique. La peau est incisée avec une lame de bistouri. Un dilateur est avancé sous imagerie en temps réel ; la dilatation est arrêtée juste



■ **Figure 6.10.** Image échographique de l'artère et de la veine fémorale. Une large plaque d'athérome calcifiée faisant saillie dans la lumière de l'artère a pu être mise en évidence avant cathétérisme. Un cône d'ombre peut être observé en dessous de la plaque d'athérome. La veine fémorale est vue à gauche de l'artère.



■ **Figure 6.11.** Technique d'abord de la veine basilique dans le plan. La sonde d'échographie est utilisée de façon à obtenir une vue longitudinale de la veine et l'aiguille est introduite dans le plan.

devant l'artère. Le dilateur est retiré le long du guide métallique et un cathéter monolumière de 16 gauges de 15 cm de long est descendu le long du guide métallique selon la technique de Seldinger.

Pratique basée sur les faits

Mahler et Dougherty ont utilisé le mode Doppler pour faciliter le cathétérisme de l'artère radiale [4]. Au cours d'une étude portant sur 69 patients, Levin et al. ont montré que l'utilisation d'un échoguidage permettait de diminuer le nombre de tentatives de ponction et était plus rapide que la technique basée sur la palpation du pouls [1]. Les taux de succès étaient comparables [1]. La sonde d'échographie utilisée présentait une faible résolution. Scwemmer a comparé la technique échoguidée à la technique basée sur la palpation du pouls chez 30 enfants ; les taux de succès étaient respectivement de 100 et 80 % [5]. Les taux de succès à la première tentative étaient respectivement de 67 et 20 % avec et sans utilisation de l'échographie. Le nombre de tentatives était moindre avec l'échographie (1,3 contre 2,3). Shiver et al. ont démontré chez l'adulte que l'échoguidage diminuait le nombre d'échecs de tentative et améliorait le taux de succès à la première tentative [6]. Sandhu et Patel ont utilisé l'échographie pour cathétériser [2]. Sandhu a décrit le cathétérisme de l'artère axillaire par voie transpectorale sous échoguidage [3]. Aucune lésion neurologique n'était observée dans une étude portant sur 30 patients [3].

Utilisation de l'échographie pour accès veineux périphérique difficile

Les enfants, les adultes obèses, les toxicomanes intra-veineux, les patients œdémateux ou les patients fréquemment hospitalisés peuvent représenter un véritable défi pour les praticiens ayant besoin de mettre en place un accès veineux, même expérimentés. La difficulté peut être due à une thrombose vasculaire ou à une fibrose des veines de la main ou de l'avant-bras lorsque celles-ci sont visibles, ou peut survenir lors d'une palpation ou d'une visualisation difficiles des veines en raison d'un œdème ou de la graisse sous-cutanée. La plupart des praticiens ont recours à la voie veineuse centrale avec ses risques associés. L'échographie aide à localiser les veines périphériques chez le patient obèse ou œdémateux et permet d'éliminer une thrombose.

Cathétérisme de la veine cubitale au coude

Les veines profondes du bras sont une alternative logique à la voie veineuse centrale pour la plupart des procédures chirurgicales. Keyes et al. [7] ont utilisé l'échographie au niveau du pli du coude pour cathétériser les veines céphaliques, basiliques ou cubitales. Une visualisation transverse des veines était obtenue et une technique en dehors du plan était utilisée.

Cathétérisme veineux à l'avant-bras

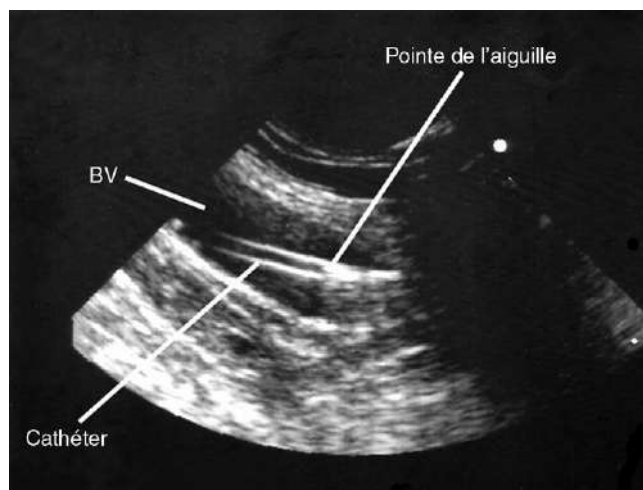
Les veines de l'avant-bras sont souvent thrombosées chez les toxicomanes, étant donné que cette zone est le site d'injection le plus souvent utilisé. L'utilisation de l'échographie permet de localiser et de cathétériser les veines basiliques, céphaliques ou profondes de l'avant-bras [7]. Une visualisation longitudinale de la veine basilique située sous le fascia profond est représentée sur les figures 6.12, 6.13 et 6.14.

Cathétérisme de la veine céphalique

La veine céphalique offre une alternative ne présentant pas d'artère ou de nerf adjacents. Tenez la sonde d'échographie sans pression afin d'éviter de comprimer les



■ **Figure 6.12.** Position de la sonde et de l'aiguille au-dessus de la veine basilique.



■ **Figure 6.13.** Cathétérisme de la veine basilique (VB) par technique dans le plan. Le cathéter est avancé le long de l'aiguille et sa portion intraveineuse peut être mesurée.



Figure 6.14. Patient avec accès veineux difficile. La voie veineuse centrale posée auparavant a été retrouvée au niveau de l'artère vertébrale et le patient a dû bénéficier d'une chirurgie pour la retirer. La veine basilique a été cathétérisée par échoguidage.



Figure 6.16. Patiente présentant une obésité morbide, ayant bénéficié de l'insertion d'une voie centrale par abord périphérique de la veine céphalique selon la technique de Seldinger.



Figure 6.15. La veine céphalique a été cathétérisée avec un cathéter 20 gauges de 5 cm de long chez un enfant devant subir une chirurgie bilatérale de main.



Figure 6.17. Cathétérisme par échoguidage de la veine saphène à la face interne du genou chez un enfant devant subir une chirurgie bilatérale du pouce.

veines. La veine céphalique peut aussi être cathétérisée en utilisant une technique en dehors du plan ou dans le plan. Il s'agit d'une technique très sûre, étant donné qu'il n'y a pas d'artère ou de veine à proximité (figures 6.15 et 6.16). La veine brachiale profonde peut aussi être cathétérisée en utilisant une technique dans le plan.

Cathétérisme de la veine saphène

La veine saphène peut être visualisée au niveau de la malléole médiale (interne), au niveau de la face interne du tibia ou à la face interne du genou (figure 6.17). Il s'agit d'une veine à paroi épaisse ; elle met plus de temps à se gonfler après la mise en place du garrot.

Pratique basée sur les faits

Keyes et al. ont utilisé l'échographie bidimensionnelle pour cathétériser les veines basiliques ou céphaliques. L'utilisation d'une technique en dehors du plan et la mise en place de la sonde d'échographie à distance du point de ponction ont conduit à un fort taux de déplacement du cathéter dans leur série [7]. Sandhu et Sidhu ont décrit une méthode de cathétérisme de la veine basilique et céphalique avec mesure de la portion intravasculaire du cathéter de façon à prévenir tout déplacement du cathéter [8]. Si la portion intravasculaire du cathéter était inférieure à 2 cm, un guide métallique pouvait être introduit pour remplacer le cathéter par un dispositif plus long en utilisant la technique de Seldinger. L'utilisation d'une technique dans le plan permet d'éviter les lésions nerveuses ou artérielles.

RÉFÉRENCES

1. Levin PD, Sheinin O, Gozal Y : Use of ultrasound guidance in the insertion of radial artery catheters. *Crit Care Med* 31 : 481-484, 2003.
2. Sandhu NS, Patel B : Use of ultrasonography as a rescue technique for failed radial artery cannulation. *J Clin Anesth* 18 : 138-141, 2006.
3. Sandhu NS : The use of ultrasound for axillary artery catheterization through pectoral muscles: A new anterior approach. *Anesth Analg* 99 : 562-565, 2004.
4. Maher JJ, Dougherty JM : Radial artery cannulation guided by Doppler ultrasound. *Am J Emerg Med* 7 : 260-262, 1989.
5. Schwemmer U, Arzet H, Trautner H, et al : Ultrasound-guided arterial cannulation in infants improves success rate. *European J of Anesthesiology* 23 : 476-480, 2006.
6. Shiver S, Blaivas M, Lyon M : A prospective comparison of ultrasound guided and blindly placed radial arterial catheters. *Acad Emerg Med* 13 : 1275-1279, 2006.
7. Keyes LE, Frazee BW, Snoey ER, et al : Ultrasound guided brachial and basilic vein cannulation in emergency department patients with difficult intravenous access. *Ann Emerg Med* 34 : 711-714, 1999.
8. Sandhu NS, Sidhu DS : Mid-arm approach to basilic and cephalic vein cannulation using ultrasound guidance. *Br J Anaesth* 93 : 292-294, 2004.

Échographie générale en soins intensifs

7

TADHG G. GLEESON, JOHN G. MURRAY

L'échographie générale en unité de soins intensifs (USI) a pris de l'importance avec le développement d'appareils d'échographie portables de haute résolution permettant d'accéder à une imagerie non invasive de grande qualité au lit du malade. Elle est devenue un outil précieux dans la prise en charge des patients les plus graves. Elle produit des informations diagnostiques instantanées sur une myriade d'anomalies de l'abdomen et du thorax ainsi que sur l'évaluation des structures vasculaires, en s'assurant de leur perméabilité et en éliminant une pathologie thromboembolique. En outre, un diagnostic précis ainsi que le drainage de collections intra-abdominales et pleurales, les biopsies hépatiques et rénales et l'abord vasculaire échoguidé peuvent être effectués dans le service de soins intensifs sans qu'il soit besoin de transférer le patient vers le service de radiologie.

Échographie Thoracique

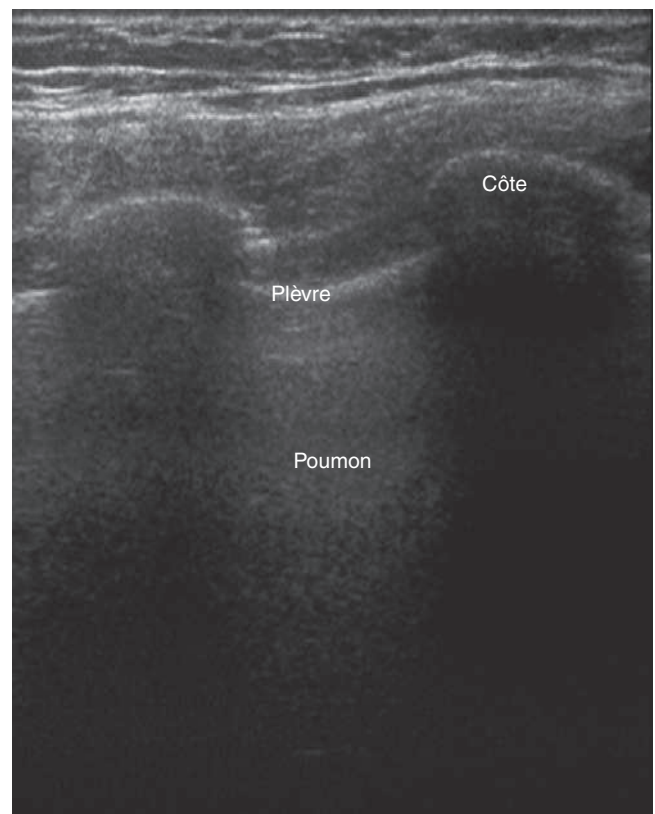
L'air ne permet pas la transmission des fréquences sonores nécessaires pour le diagnostic échographique, ce qui limite l'intérêt de l'échographie thoracique. Néanmoins, l'accumulation de liquide dans l'espace pleural est facilement visible. Le déplacement de l'air anéchogène par les épanchements pleuraux permet la transmission des ultrasons. Le liquide libre tombe dans la plèvre, alors que le liquide lobulaire ne se déplace pas librement ; septum, composants des tissus mous et lobules sont facilement identifiables à l'échographie.

Anatomie échographique

L'échographie pulmonaire est réalisée par balayage dans les espaces intercostaux. En l'absence de liquide ou de masse, l'air dans les poumons ne conduit pas le son. Les images sont composées d'alternance de bandes échogènes dues aux réverbérations causées par l'air et d'effets lumineux réfléchis par l'os, avec une bande postérieure anéchogène d'ombre acoustique (cône d'ombre) (figure 7.1). Les muscles intercostaux représentent la majorité des tissus mous entre la peau et la plèvre, dans l'espace intercostal. Les vaisseaux intercostaux se trouvent en profondeur par rapport aux côtes et sont donc mal visualisés. La surface du poumon peut être vue, bougeant avec la respiration, produisant des artéfacts en « queue de comète » dans les espaces intercostaux. Le diaphragme peut être visualisé comme une structure courbe, échogène, au-dessus de la rate ou du foie.

Technique

La position de routine pour un examen échographique du thorax dans le service est de faire asseoir le patient au bord du lit, penché vers l'avant, face à l'opérateur, les bras croisés sur la poitrine. Cette position n'est pas possible pour un patient ventilé ; le compromis consiste à surélever le plus possible la tête du lit et à mettre les bras du patient au-dessus de sa tête où ils sont maintenus dans cette position par un aide. Le balayage est effectué soit transversalement, le long de la ligne de l'espace intercostal, soit longitudinalement, en inclinant la sonde de haut en bas et de droite à gauche pour évaluer complètement l'anatomie de cette région. L'échographie peut également être effectuée par voie sous-costale, au travers du foie par la droite ou au travers de la rate par la gauche. L'échographie est effectuée



■ Figure 7.1. Échographie thoracique normale, coupe longitudinale.

avec une sonde linéaire de haute résolution de 6 MHz. Une autre sonde est utile si l'accès intercostal est limité, alors que la sonde linéaire donne une haute résolution avec une faible profondeur de champ (figure 7.2).

La ponction pleurale échoguidée comprend le prélèvement d'échantillons de liquide pleural après localisation par échographie transthoracique. Ce prélèvement est le plus couramment effectué en utilisant une aiguille de calibre 22 gauges et une seringue et peut être réalisé soit en aveugle, soit après localisation par l'échographie, soit grâce au repérage direct par ultrasons. Il est nécessaire d'utiliser une technique aseptique. L'aiguille est avancée perpendiculairement à la surface de la peau, au bord supérieur de la côte inférieure, dans la région de la ligne axillaire postérieure, en maintenant une pression négative dans la seringue jusqu'à ce que le liquide soit aspiré. En revanche, si un drainage est nécessaire, un drain doit être inséré. Cette procédure peut être réalisée en utilisant la technique du trocart para-axial ou une technique coaxiale avec un guide. Des drains de petit calibre sont aussi souvent utilisés, entre 6 et 10 french. Si l'épanchement est cloisonné ou si le liquide pleural est purulent et visqueux, la mise en place chirurgicale d'un drain thoracique de gros calibre peut être nécessaire pour permettre le drainage optimal de l'empyème.

Bien que des séries de cas non contrôlés suggèrent le bénéfice de petits cathéters insérés par échoguidage, leur efficacité, par rapport aux drains de plus grand calibre, n'a pas été étudiée dans des essais randomisés [1]. L'utilisation en routine de streptokinase intrapleurale lors d'infections pleurales n'a pas fait la preuve de son bénéfice sur la mortalité, le recours à la chirurgie ou le délai de l'hospitalisation [2].

Littérature et preuves

Le bénéfice de l'échographie réalisée au lit du patient pour préciser un diagnostic de collection de liquide pleural et pour prévoir un volume d'épanchement non cloisonné de moins de 500 ml chez des patients ventilés a été démontré [3].

Bien que la plupart des épanchements pleuraux en réanimation soient des épanchements liés à une



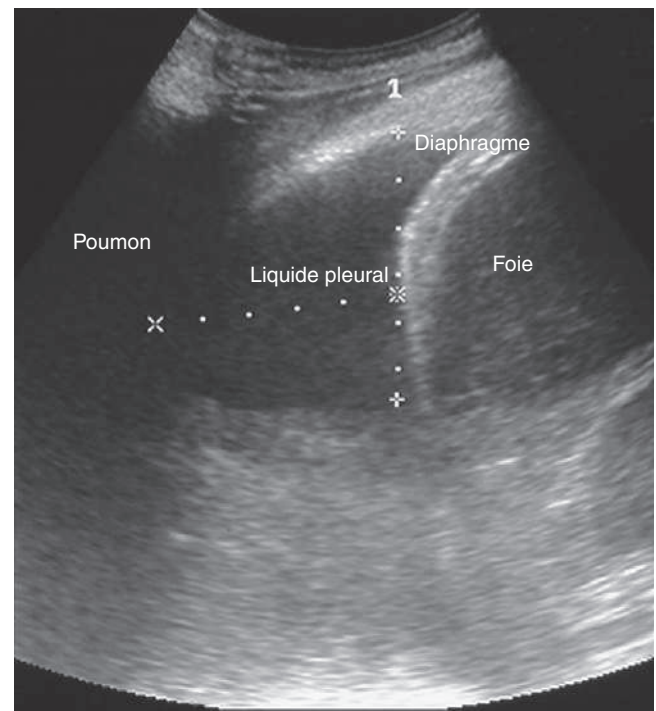
■ **Figure 7.2.** Sondes échographiques de secteur, linéaire et curviligne.

pneumonie, stériles, non compliqués, si l'état du patient se détériore avec apparition d'un empyème, un diagnostic et une prise en charge précoces sont importants pour améliorer le pronostic [4]. L'incidence de l'empyème varie de 2 à 17 % [5] ; l'aspect échographique peut aider à caractériser la nature du fluide.

Des aspects cloisonnés complexes, avec une homogénéité échographique ou des complexes non cloisonnés et relativement hyperéchogènes, ont été décrits comme correspondant à des débris de fibrine et de nécrose dans des épanchements non liés à une pneumonie, associés au développement d'un empyème [6].

Des épanchements anéchogènes ou des épanchements complexes non cloisonnés et relativement non hyperéchogènes ont été décrits comme correspondant à des épanchements stériles et ne tirent pas de bénéfice d'une ponction pleurale immédiate avec mise en culture du liquide (figure 7.3).

Une ponction échoguidée est un geste sûr et efficace pour prélever un échantillon de liquide pleural [7]. En outre, des petits cathéters « en queue de cochon » peuvent être insérés pour permettre le drainage de l'épanchement durant une période prolongée. Des masses pleurales peuvent également être biopsiées en sécurité grâce à la visualisation directe de l'aiguille. Aussi bien la cytologie réalisée avec une aiguille d'aspiration fine de 22 gauges que la biopsie tumorale réalisée avec une aiguille à biopsie de 18 gauges sont réalisables au chevet du patient pour diagnostiquer une tumeur maligne. En outre, une sclérothérapie rapide des épanchements pleuraux malins peut également être effectuée. Il a été démontré qu'une pleurodèse pouvait être accomplie dans un délai de 24 à 48 h avec de bonnes réponses à court et à long terme, grâce à la mise en place échoguidée d'un drain thoracique et à la surveillance



■ **Figure 7.3.** Épanchement pleural. Thorax longitudinal droit postérieur.

échographique du liquide. Sartori et al. [8] ont étudié 50 patients avec un épanchement pleural malin récurrent dans lequel un cathéter 9 F avait été inséré sous échoguidage. Lorsque l'échographie montrait l'évacuation complète du liquide, de la bléomycine (0,75 mg/kg) était injectée et le drainage du liquide était surveillé pendant 12 h. Si moins de 100 ml de liquide était évacué, le drain était retiré ; sinon, une deuxième dose de bléomycine était administrée. Les résultats globaux montraient à 30 j une réponse positive de 84 % et à long terme une réponse positive de 60 %, sans complication importante ou effet secondaire [8].

Évaluation d'un hémithorax

Il est établi que l'échographie thoracique en urgence est un outil valable et précis dans la première évaluation du patient traumatisé et constitue une amélioration par rapport à l'évaluation clinique. Brooks et al. [9] ont montré que l'échographie thoracique effectuée chez un patient avec un traumatisme thoracique fermé avait une sensibilité de 93 % et une spécificité de 100 %, avec des valeurs prédictives positive et négative respectives de 100 % et de 98 %, comparée à la détection de sang par drainage thoracique, par radiographie thoracique en décubitus ou par un scanner thoracique. Ils ont également rapporté que l'échographie était plus sensible qu'une radiographie simple et que la plupart des résultats de l'échographie étaient disponibles beaucoup plus précocement que les résultats de la radiographie thoracique [9].

Diagnostic de consolidation alvéolaire

La consolidation alvéolaire est une préoccupation constante chez les patients critiques. L'opacification de l'espace aérien sur une radiographie est la manière la plus courante de diagnostiquer une telle consolidation. Le scanner reste l'examen de référence ; cependant, une étude comparant 65 cas confirmés au scanner et 53 cas contrôles normaux a montré la faisabilité du diagnostic échographique de 99 %, avec une sensibilité de 90 % et une spécificité de 98 % pour la détection et la localisation des consolidations [10]. Bien que l'échographie puisse être utile comme un simple test au lit du patient dans les cas où celui-ci est trop malade pour envisager un transfert vers le service de radiologie, la radiographie thoracique simple reste le pilier du diagnostic de la consolidation de l'espace aérien.

Échographie vasculaire

Thrombose veineuse profonde des membres inférieurs

Les patients critiques en soins intensifs sont à risque accru de maladie thromboembolique en raison des conditions pré-morbides, d'infections, de traumatismes, d'un cathétérisme veineux central, d'examen et de procédures invasives, de l'utilisation d'agents sédatifs et paralysants et de l'immobilité [11]. Quatre-vingt-dix pour cent des cas d'embolie pulmonaire (EP) proviennent des veines profondes des membres inférieurs. Le dépistage général par échographie n'est pas utilisé en routine, car

il a été démontré qu'un thrombus détecté par un dépistage systématique chez des patients hospitalisés n'avait pas nécessairement de signification clinique [12]. Cependant, chez les patients avec une suspicion clinique d'EP, un trouble cardiopulmonaire aigu ou chronique ou des symptômes au niveau des membres inférieurs, l'échodoppler veineux peut être utile pour orienter la prise en charge. La précision du diagnostic de l'échographie Doppler est faible pour une thrombose veineuse profonde (TVP) au-dessous du genou.

La sensibilité globale se situe entre 89 et 100 % et la spécificité entre 97 et 100 %, ce qui fait de l'échographie Doppler une technique non invasive idéale. Les veines profondes sont habituellement examinées à partir de la veine fémorale commune jusqu'au niveau poplité et évaluées par compression, par augmentation du débit, de la couleur du flux et de l'examen Doppler.

Les veines profondes sont régulièrement examinées à partir de la veine fémorale commune au niveau poplité, à l'évaluation de la compression, l'augmentation du flux, de flux Doppler couleur et d'examen en Doppler pulsé. Les veines libres normales sont compressibles et leur lumière peut être complètement effacée par une compression directe de la sonde dans le plan transversal. Le Doppler couleur montre le comblement complet de la lumière vasculaire et l'onde Doppler pulsée montre un flux veineux phasique normal avec augmentation par compression des veines distales avec des variations respiratoires.

Le thrombus peut combler partiellement la lumière, faisant obstacle à une compression complète, avec remplissage autour du thrombus visible en Doppler couleur et un flux veineux continu (perte de changements de phase) en cas de TVP non occlusive. Une TVP occlusive comble et, éventuellement, élargit la lumière vasculaire avec une perte de signal du Doppler (figures 7.4 et 7.5).

Thrombose veineuse profonde des membres supérieurs et du cou

La TVP est une complication fréquente et potentiellement évitable des traumatismes ou des voies veineuses centrales, qui survient chez 6 à 65 % des patients traumatisés [13]. La perméabilité des veines superficielles dans le cou et les membres supérieurs et la présence d'une TVP peuvent être diagnostiquées par échographie au lit du patient, comme indiqué précédemment.

Pseudo-anévrisme de l'artère fémorale

Les procédures d'angiographie percutanée ont un taux de complication vasculaire de 0,3 à 1 %, la plus commune après l'hématome étant le pseudo-anévrisme de l'artère fémorale [14]. Il s'agit aussi une complication rare de la mise en place d'un ballon intra-aortique. L'échographie peut aider à distinguer le pseudoanévrisme du simple hématome et peut aussi être employée dans son traitement.

Anatomie échographique

Le faux anévrisme se forme dans les tissus mous adjacents à un récent site de ponction artérielle. Une

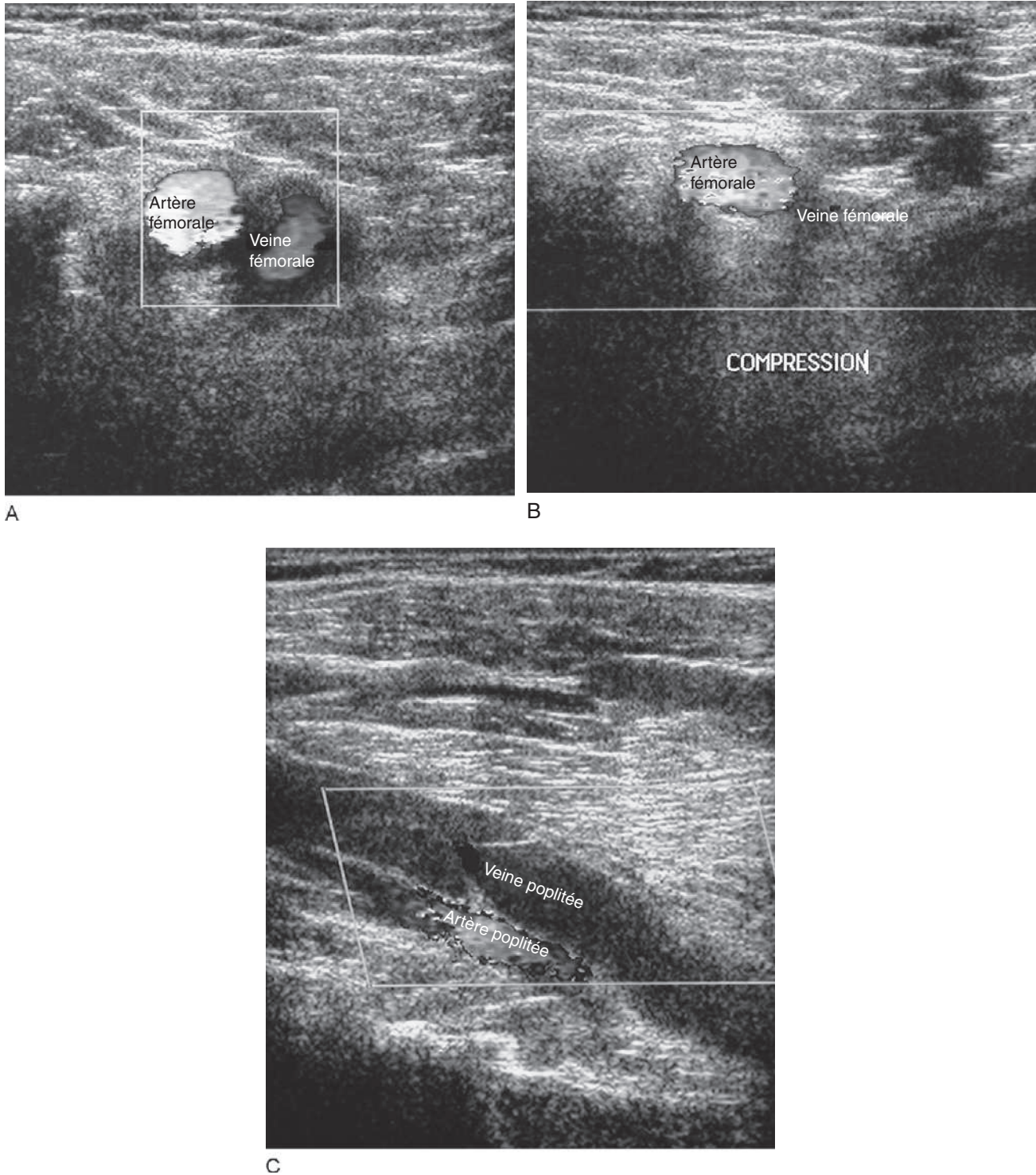


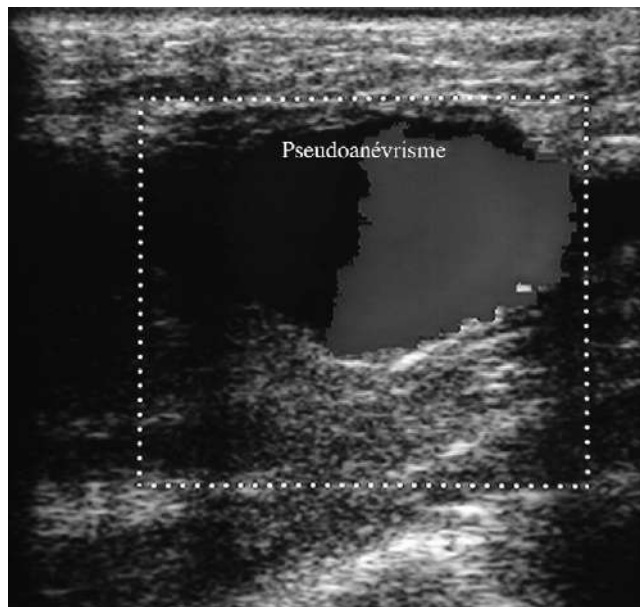
Figure 7.4. A,B. Artère et veine fémorales droites normales. La veine fémorale normale est latérale par rapport à l'artère. C. Veine poplitée normale, coupe longitudinale. La veine poplitée normale est superficielle par rapport l'artère poplitée.

importante structure hypo-échogène peut être visualisée, avec des flux caractéristiques en écho-Doppler couleur. Un va-et-vient des flux donne le classique aspect en « yin-yang », un mouvement tourbillonnant très évocateur du diagnostic. La preuve, en échographie Doppler,

de la présence d'un canal de communication (« cou ») entre le sac et l'artère nourricière fait le diagnostic. Une sensibilité de 94 % et une spécificité de 97 % ont été rapportées [15]. Les traitements possibles comprennent la compression échoguidée et l'injection échoguidée



■ **Figure 7.5.** Thrombose de la veine poplitée, coupe longitudinale.



■ **Figure 7.6.** Pseudo-anévrisme, coupe transversale.

de thrombine, alternatives non invasives à la chirurgie réparatrice (figure 7.6).

Technique

Compression échoguidée

Utilisant une sonde linéaire de 6 MHz, la compression du pseudoanévrisme cervical, par cycles répétés de 10 à 20 min par heure, a été conseillée [16]. Le taux de succès atteint 74 à 91 %. Il peut réduire de 50 % le recours à une chirurgie réparatrice [17]. Cela a été supplanté, dans l'artère fémorale pseudo-anévrismale, par l'injection

échoguidée de thrombine. La thrombine transforme le fibrinogène inactif en fibrine, conduisant à la formation du thrombus. Une solution de carbonate de calcium est mélangée avec de la poudre stérile de thrombine disponible dans le commerce. Les concentrations utilisées varient de 100 à 1000 UI/ml [18]. La préparation est injectée lentement dans le sac, sous guidage échographique, avec une technique stérile à un rythme constant jusqu'à ce que le flux à l'intérieur de la poche cesse à l'imagerie Doppler, généralement en quelques secondes. Les volumes injectés varient de 0,5 à 1 ml. Une surveillance post-procédurale du pouls périphérique et de l'index cheville-bras est essentielle pour détecter une rare complication thrombo-embolique périphérique.

Littérature et preuves

Les taux de succès sont supérieurs à 90 %, et les complications apparaissent dans 4 % des cas. Il s'agit notamment des événements thromboemboliques causés par un taux de thrombine supérieur au taux de coagulation dans le système artériel distal, la thrombose veineuse et les réactions allergiques [19].

Fistule artérioveineuse

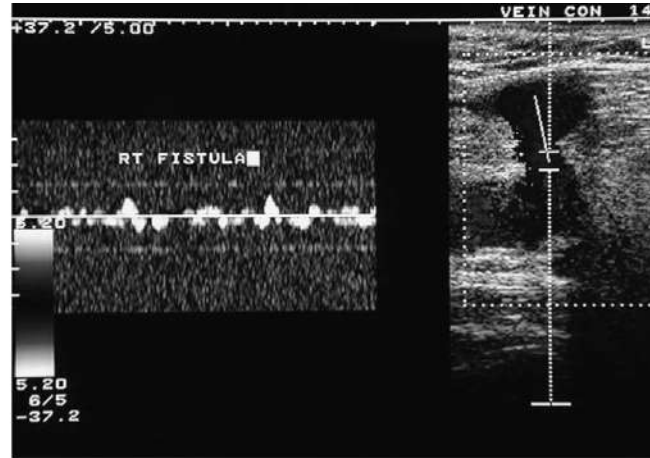
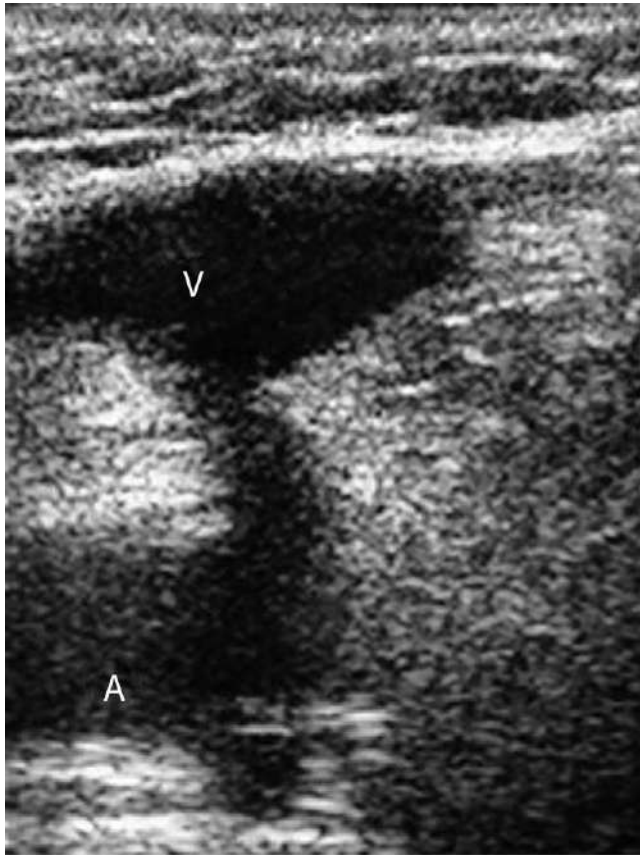
De temps en temps, une fistule artérioveineuse (AV) peut se développer, comme complication d'un traumatisme artériel ou d'abord veineux. Elle est facilement détectée par l'échographie ; une lumière vasculaire hypo-échogénique discrète peut être vue, reliant l'artère à la veine (figure 7.7).

Aorte abdominale

Une dilatation anévrismale de l'aorte abdominale est facilement identifiable sur l'échographie, même si l'examen est parfois techniquement limité par des interactions acoustiques diffuses liées à la présence de gaz intestinaux. Un balayage transabdominal est effectué sur la ligne médiane, de façon longitudinale et transversale. L'aorte abdominale est considérée comme étant anévrismale si son diamètre transversal maximum mesure plus de 3 cm (figures 7.8 et 7.9). L'approche latérale, transrénale, peut être utile si l'approche frontale est gênée par l'intestin. Toutefois, le scanner reste l'examen de référence pour l'évaluation de la taille de l'aorte, pour mettre en évidence la relation exacte avec les vaisseaux rénaux et la présence ou l'absence d'une fuite au niveau de l'anévrisme. De la même façon, le scanner est le meilleur outil diagnostique pour la dissection aortique.

Accès vasculaire artériel

Comme pour l'accès veineux, l'échographie peut être utilisée pour aider au cathétérisme des artères dans les cas où les tentatives « en aveugle » ont été infructueuses. L'abord peut être réalisé sous échoguidage, en utilisant la technique de Seldinger, par voie radiale et fémorale ; l'échographie peut s'avérer particulièrement utile dans les cas où un liquide interstitiel gêne la palpation des artères [20].



B

Figure 7.7. Fistule artérioveineuse. A. Doppler transversal. B. Doppler pulsé. A : artère; V : veine.

A

Échographie de l'abdomen et du petit bassin

Vésicule biliaire

Anatomie échographique

La vésicule biliaire est une structure sacciforme dont l'épaisseur pariétale est fine, inférieure à 3 mm, remplie par un liquide anéchogène. Sa taille est variable en fonction de l'état de jeûne et est normalement examinée longitudinalement, selon une orientation oblique dans le quadrant supérieur droit (figure 7.10).

Technique

La vésicule biliaire doit être échographiée (après que le patient a respecté un jeûne de 8 à 12 h) avec une sonde de 3,5 à 5 MHz, par voie sous-costale, en position allongée, en oblique postérieur gauche. La numérisation peut également être effectuée au niveau intercostal, s'il y a des ombres de gaz intestinaux.

Lithiase biliaire

Les calculs biliaires affectent 10 à 15 % de la population. Leur image échographique est caractérisée par la présence d'une structure échogène dans la lumière hypo-échogène de la vésicule biliaire, ce qui provoque une ombre

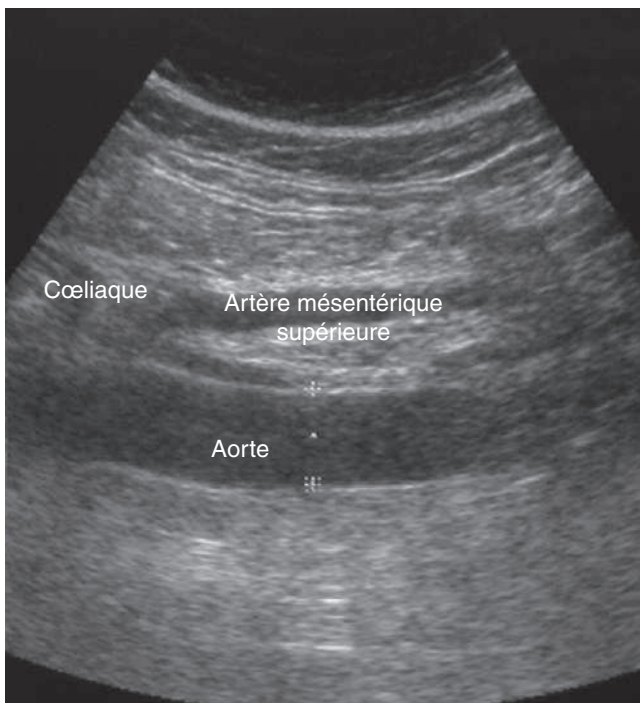
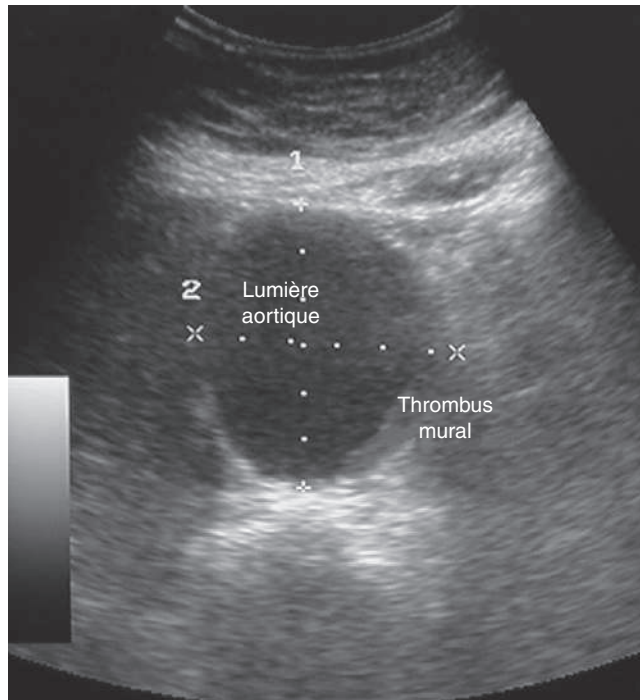
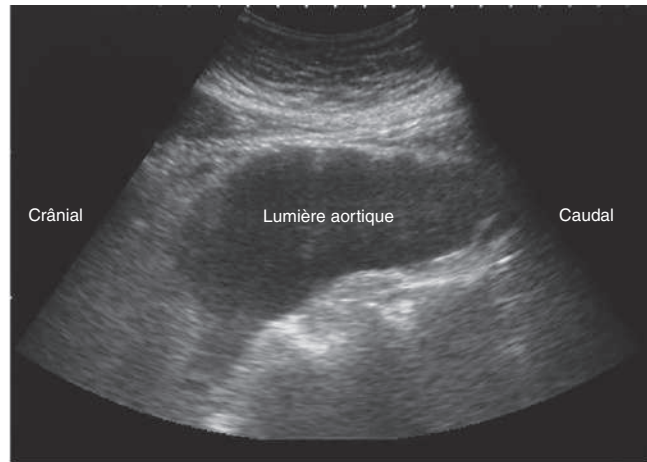


Figure 7.8. Aorte abdominale normale, coupe longitudinale.

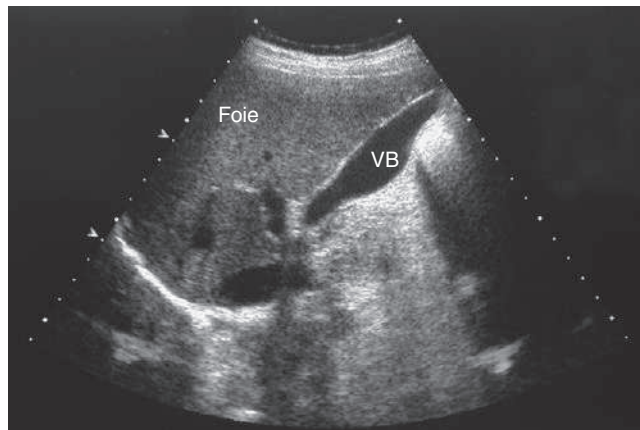


A



B

■ **Figure 7.9.** Anévrisme abdominal aortique. **A.** Coupe transversale. **B.** Coupe longitudinale.



■ **Figure 7.10.** Vésicule biliaire normale. VB : vésicule biliaire.

acoustique (cône d'ombre) et un mouvement avec la gravité (figure 7.11). L'échographie a une précision diagnostique atteignant 96 %, mais la taille et le nombre des calculs ne peuvent être estimés avec précision [21].

Cholécystite alithiasique (sans calcul)

Les patients en soins intensifs sont à risque de développer une cholécystite sans calcul, dite alithiasique, causée par le jeûne et la prescription de médicaments potentiellement cholestatiques. Elle est associée à de fortes morbidité et mortalité, en partie à cause du retard diagnostique. Cette situation est aggravée par une présentation clinique et des caractéristiques biologiques et

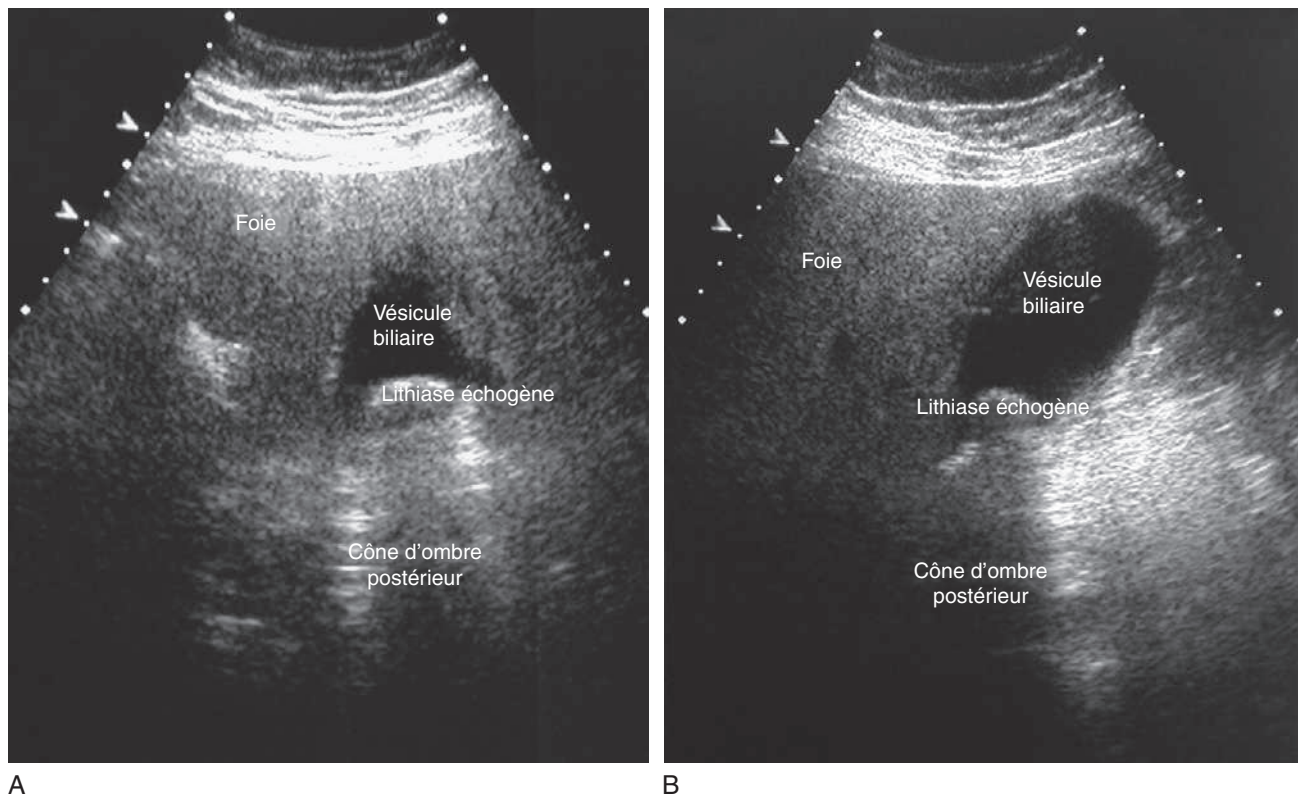
radiologiques non spécifiques qui rendent difficile le diagnostic.

Les caractéristiques échographiques de la cholécystite alithiasique comprennent un épaissement de la paroi de la vésicule biliaire, une distension de la vésicule biliaire, une hyperéchogénéité de la face interne de la paroi vésiculaire (mur vésiculaire strié), la présence de liquide périvésiculaire, de la boue (« *sludge* ») dans la vésicule biliaire et d'un signe de Murphy échographique. L'intérêt diagnostique du Doppler couleur n'a pas été prouvé [22].

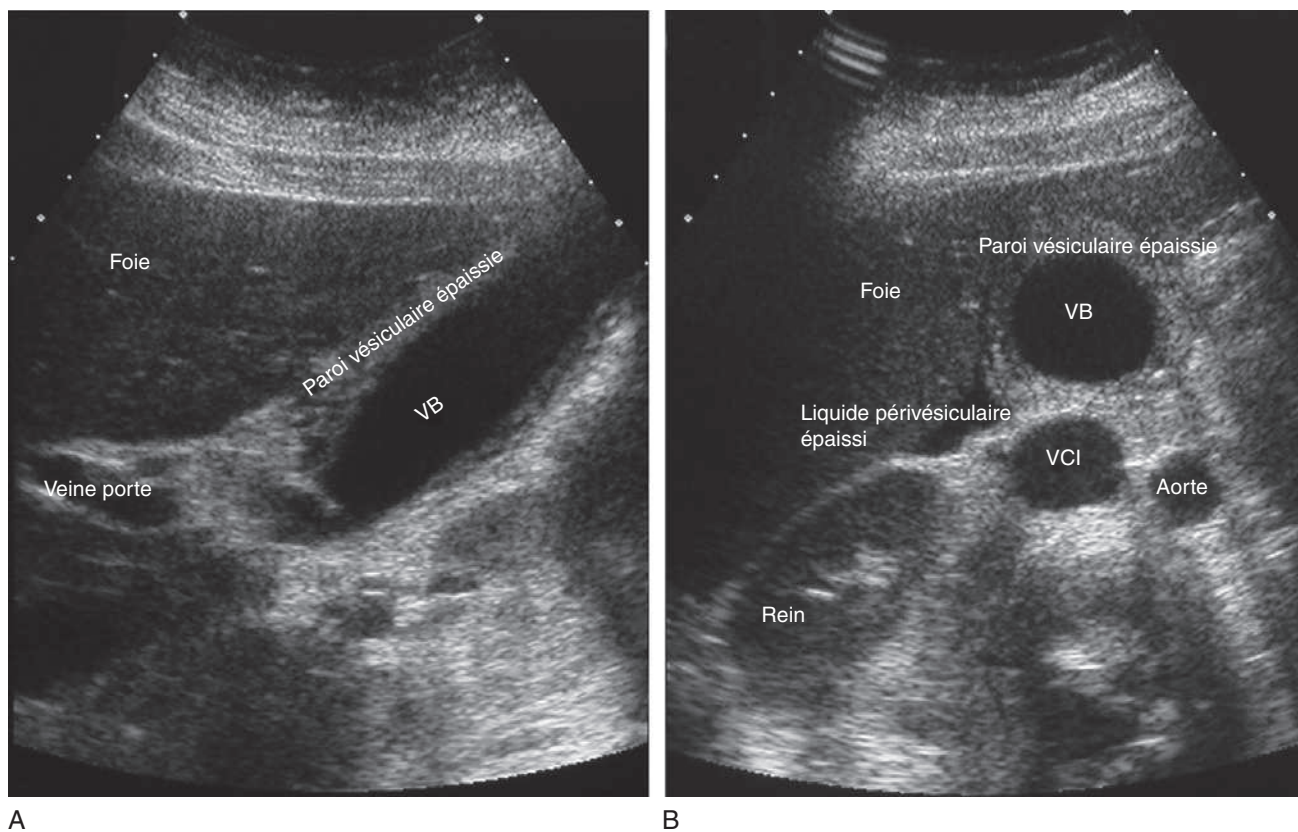
Dans une récente étude de 112 patients, les facteurs prédictifs (positifs) individuels d'une culture positive de la bile étaient : la présence de *sludge* et/ou de calcul, l'état des voies biliaires et la combinaison d'autres aspects échographiques, tels que l'apparence de la paroi, la distension de la vésicule biliaire et la présence de liquide périvésiculaire, permettant de donner un « score échographique total » (figure 7.12) [23].

Littérature et preuves

Malgré l'abondance de données sur l'échographie dans la cholécystite alithiasique, la capacité des ultrasons à porter le diagnostic avec exactitude demeure limitée. Beaucoup de résultats sont souvent la conséquence de diverses autres causes ; par exemple, une distension de la vésicule biliaire peut être due à une diminution de la vidange provoquée par la nutrition parentérale ou des médicaments cholestatiques comme les stupéfiants. La présence de *sludge* ou d'une bile échogène peut être secondaire à une stase résultant d'un jeûne, de la nutrition parentérale, d'une obstruction fonctionnelle du sphincter d'Oddi en raison de stupéfiants. Dans une étude,



■ **Figure 7.11.** A. Lithiase biliaire, coupe transversale. B. Vésicule biliaire, coupe longitudinale.



■ **Figure 7.12.** Cholecystite alithiasique. A. Coupe longitudinale. B. Coupe transversale. VB : vésicule biliaire ; VCI : veine cave inférieure.

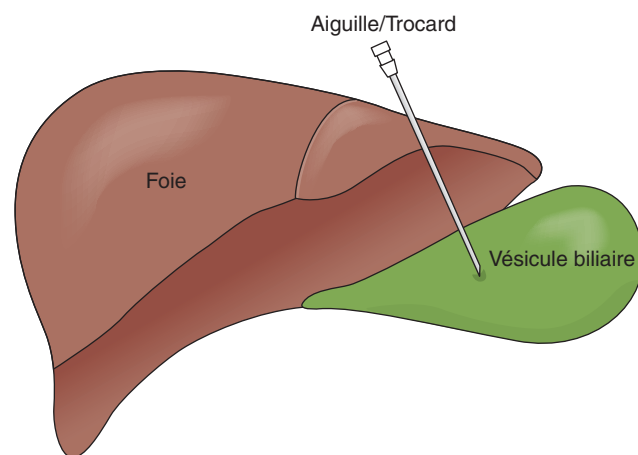
les anomalies de la vésicule biliaire étaient fréquemment observées chez les patients de soins intensifs sans aucune suspicion de cholécystite alithiasique. Toutefois, une échographie normale de la vésicule biliaire rend très peu probable le diagnostic de cholécystite alithiasique [24]. En fin de compte, une cholécystotomie percutanée peut être requise pour exclure que la vésicule biliaire soit source de sepsis si la vésicule biliaire est distendue, avec un œdème de la paroi vésicale ou s'il y a une forte suspicion clinique et que toutes les autres cultures se sont révélées négatives [25].

Cholécystotomie percutanée

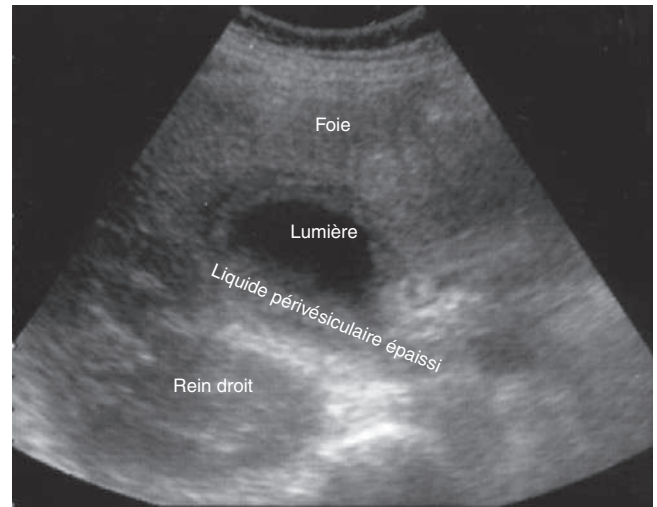
La vésicule biliaire doit être distendue et la procédure indiquée par la présence d'une fièvre inexplicée et une suspicion de cholécystite. La vésicule biliaire occupe une position profonde au contact du lobe droit du foie, dans le quadrant supérieur droit. Une approche transhépatique est couramment utilisée, consistant en l'accès à la vésicule biliaire par une zone vide afin de minimiser le risque de fuite intrapéritonéale de bile. Un cathéter est placé dans la lumière de la vésicule biliaire sous guidage échographique, après administration directe de l'anesthésique local, au moyen soit d'un trocart « en queue de cochon », soit d'une approche coaxiale utilisant une longue aiguille de calibre 18 gauges (figures 7.13 et 7.14).

Littérature et preuves

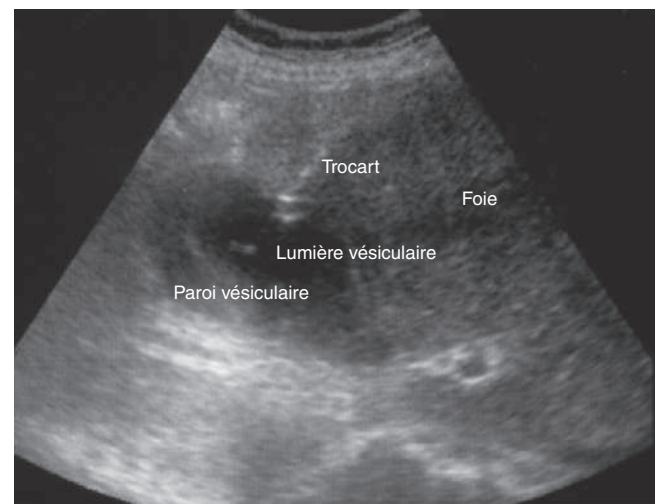
La cholécystostomie percutanée échoguidée est une alternative raisonnable à la cholécystectomie chez les patients à haut risque pour la chirurgie d'urgence. Elle est utilisée dans certains centres pour permettre de différer une cholécystectomie élective, étant donné que le taux de complication et la mortalité de la cholécystectomie en phase aiguë peuvent être élevés, respectivement 33 % et 19 % [26,27]. Des taux de réponse clinique à la cholécystostomie percutanée de 56 à 100 % ont été rapportés. Les pourcentages les plus faibles résultaient de séries composées essentiellement de patients critiques. Le taux de mortalité associé à ces procédures se situe entre 0 et 2 % [28].



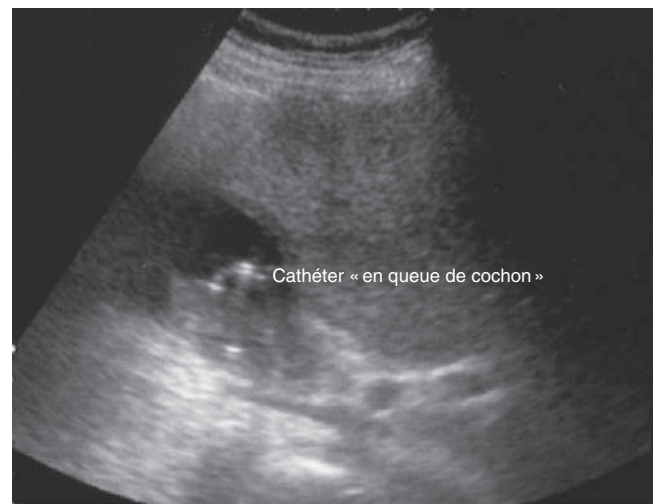
■ **Figure 7.13.** Cholécystotomie percutanée : coupe axiale.



A

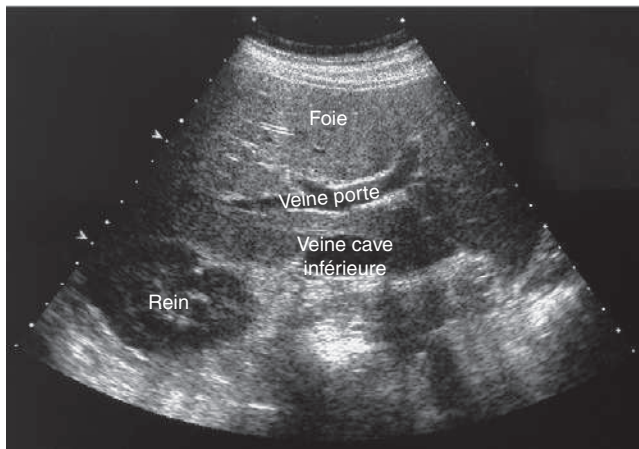


B

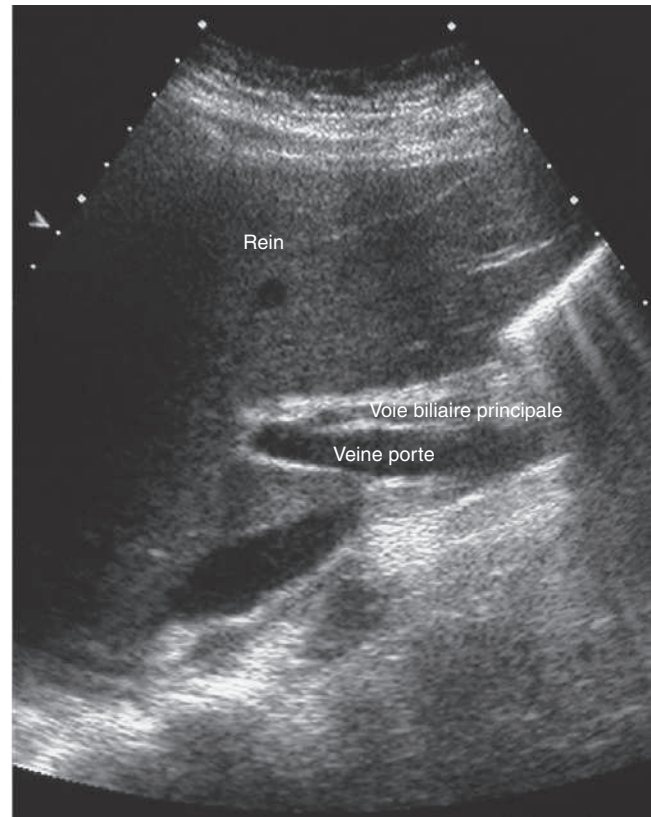


C

■ **Figure 7.14.** Cholécystotomie percutanée. **A.** Vésicule biliaire épaissie. **B.** Cholécystotomie percutanée. **C.** Cathéter « en queue de cochon » enroulé dans la lumière de la vésicule biliaire.



A



B

■ **Figure 7.15.** Foie normal. **A.** Au niveau de la confluence de la veine porte. **B.** Avec un canal cholédoque et une veine porte normaux.

Le foie

Anatomie échographique

Le parenchyme hépatique a normalement une échogénéité homogène, seulement interrompue par les vaisseaux et les scissures ; il est généralement plus échogène que le cortex rénal adjacent. Il est habituellement moins échogène que le rein (figure 7.15).

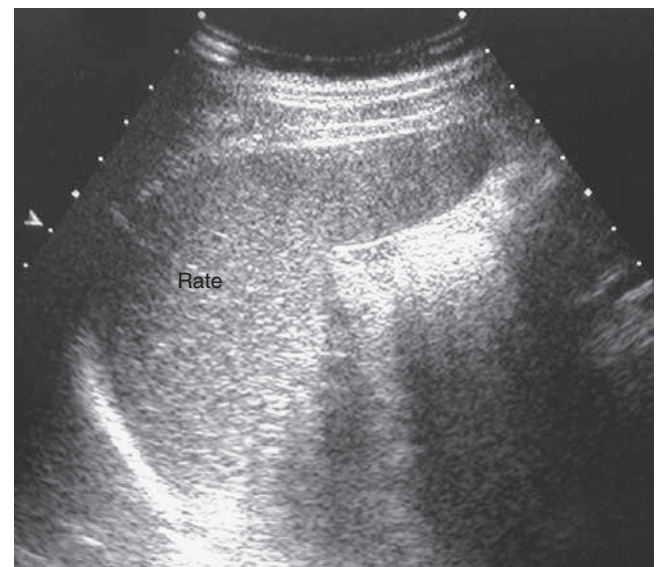
Hépatite

Chez la plupart des patients avec une hépatite virale aiguë, aucune anomalie échographique n'est détectée. Une visualisation plus nette des vaisseaux portes et l'augmentation de la luminosité de leurs parois, peut-être dues à la diminution de l'échogénéité du parenchyme hépatique adjacent, ont été décrites à partir d'échographies réalisées sur des patients atteints d'hépatite. Cependant, ces images n'ont été trouvées que chez 32 % des patients atteints d'hépatite dans une série et dans 31 % de la série contrôle. Rarement, l'échogénéité du foie était augmentée (2,4 %) [29]. La rate peut être examinée pour évaluer sa taille et exclure une lacération majeure ou un hématome post-traumatique (figure 7.16).

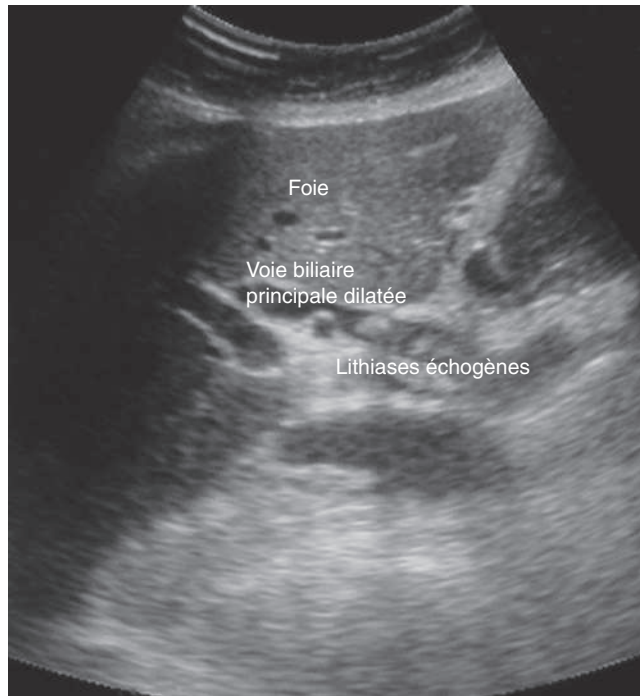
Cholestase

L'obstruction des voies biliaires intra- et extrahépatiques est aisément identifiable à l'échographie et l'étiologie de

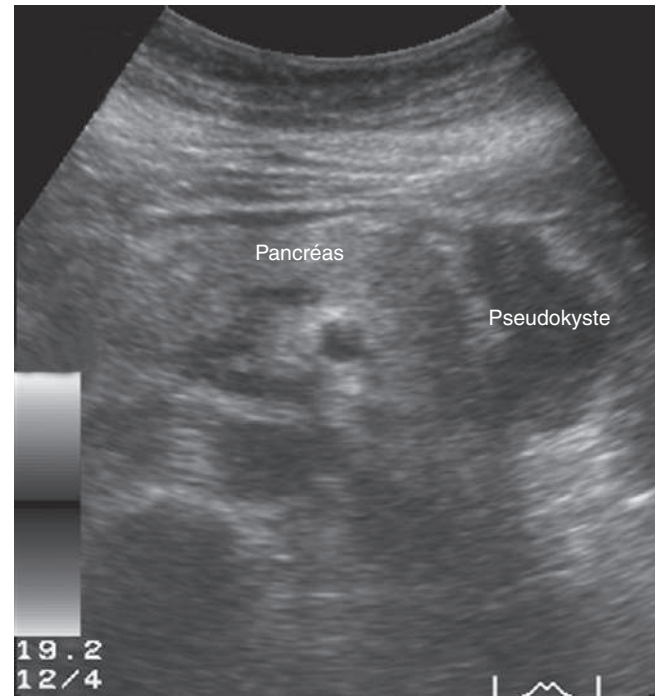
l'obstruction peut également être identifiée, par exemple dans le cas de calculs obstructifs de la voie biliaire principale. De même, la visualisation du pancréas peut faciliter le diagnostic de l'obstruction par une masse ou révéler l'évolution d'une pancréatite. Toutefois, le scanner reste l'examen de choix pour l'évaluation des lésions inflammatoires du pancréas (figures 7.17 à 7.20).



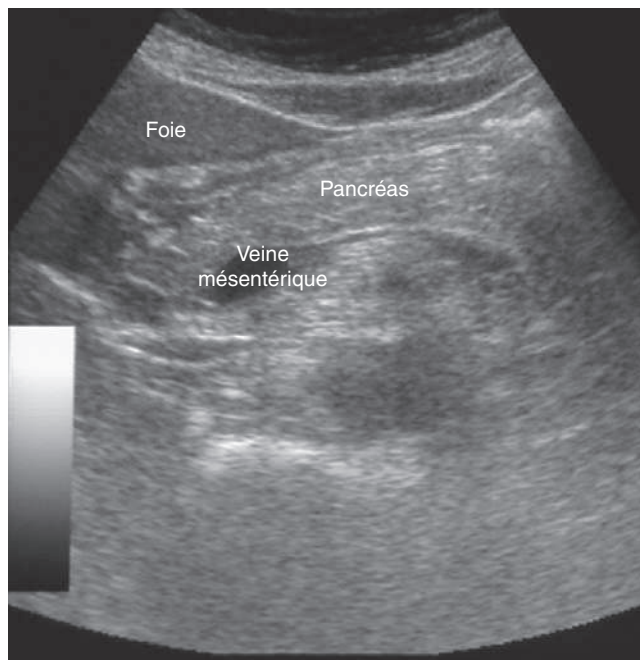
■ **Figure 7.16.** Rate normale.



■ **Figure 7.17.** Calcul dans le canal cholédoque.



■ **Figure 7.19.** Pancréatite. Œdème du pancréas avec liquide péripancréatique et formation pseudokystique dans la queue du pancréas due à une pancréatite.



■ **Figure 7.18.** Pancréas normal.

Thrombose de la veine porte et de l'artère hépatique

Anatomie échographique

En cas de thrombose aiguë, l'examen visualise le thrombus échogène dans le vaisseau, un élargissement de la



■ **Figure 7.20.** Images scanner du pancréas. Scanner montrant un œdème généralisé du pancréas avec inflammation péripancréatique et formation d'un pseudokyste dans la queue du pancréas compatible avec une pancréatite. Canal cholédoque dilaté et vésicule biliaire notée.

portion thrombosée de la veine et la transformation caverneuse de la veine porte. Cependant, l'aspect du thrombus est variable et peut être hypo-échogène ou anéchogène, s'il est de formation récente. Un thrombus stérile peut être différencié d'un thrombus tumoral en utilisant le Doppler couleur qui montre les ondes artérielles du thrombus au sein de la tumeur, souvent dans une direction « hépatofuge ».

L'occlusion de la veine hépatique, comme dans le syndrome de Budd-Chiari, peut se caractériser par la présence d'un thrombus échogène à l'intérieur des veines hépatiques principales ou par le fait qu'une ou plusieurs veines hépatiques principales ne peuvent pas être visualisées. La non-visualisation des veines hépatiques ne fait pas le diagnostic, en particulier en cas d'hépatomégalie ou de cirrhose ; le recours au Doppler couleur est essentiel.

En outre, le rétrécissement, la tortuosité, le renversement de direction du flux et le développement d'un réseau veineux intrahépatique collatéral sont suggestifs [30,31]. Le flux peut être absent, inversé, turbulent ou continu à l'intérieur des portions non occluses des veines hépatiques [32], et la circulation dans la veine porte peut être lente ou inversée.

Biopsie hépatique

Anatomie échographique

Le foie se trouve dans le quadrant supérieur droit de l'abdomen et est accessible soit par voie oblique sous-costale, soit par voie intercostale (figure 7.21).

Technique

En utilisant une technique aseptique, une biopsie de tissu peut être réalisée à l'aide d'un dispositif d'aiguille automatique capable d'obtenir des échantillons de tissus de différentes tailles. Habituellement, pour obtenir des biopsies, sont utilisées des aiguilles de 18 gauges, mais des aiguilles de calibre supérieur, jusqu'à 14 gauges, peuvent être utilisées pour obtenir des échantillons plus gros. L'aspiration au moyen d'une aiguille fine a aussi démontré sa sécurité et la précision de la méthode pour un diagnostic cytologique de malignité. Des taux de précision allant jusqu'à 95 % ont été rapportés [33]. Le rendement diagnostique augmente avec l'utilisation

d'aiguilles de biopsie (Tru-Cut®) de taille moyenne (18-20 gauges), sans augmentation significative de la morbidité.

Littérature et preuves

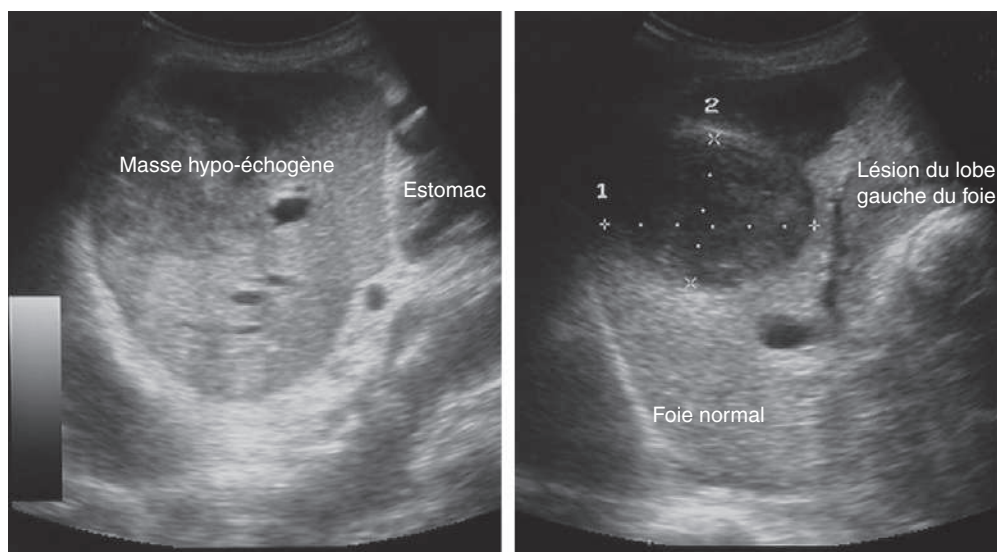
Le taux de complication augmente avec l'utilisation d'aiguilles de plus gros calibre ; il est de 10 % pour les biopsies faites avec des aiguilles de 14 gauges, par rapport à 2 % pour celles réalisées avec des aiguilles de 18 gauges [34]. L'échoguidage peut diminuer les taux de complication et augmenter le rendement diagnostique en réduisant la fréquence de complications de 1,4 à 0,2 % et en diminuant la nécessité du recours à une analgésie de 4,5 à 1,1 % [35]. Le risque lié à l'interposition de l'intestin peut aussi être évité.

Collection de liquide intra-abdominal, abcès et ponction abdominale

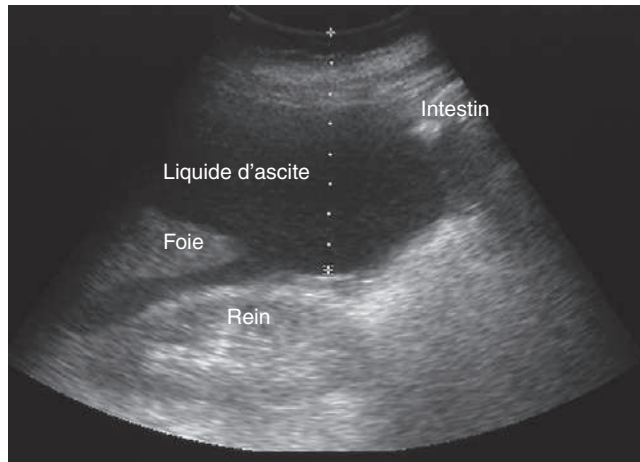
Les procédures diagnostiques et thérapeutiques peuvent être réalisées pour des collections intra-abdominales ou des abcès dans des zones non masquées par des structures remplies de gaz. Le drainage d'une collection de liquide simple, uniloculaire, multiloculaire ou multifocale est possible, comme le sont l'aspiration et le drainage des abcès d'origine intestinale tels qu'une appendicite, une diverticulite, une cholécystite et un abcès tubo-ovarien. Ceci peut éviter la nécessité d'une intervention chirurgicale ou, au moins, permettre l'exécution d'une intervention en un seul temps, plutôt qu'une approche chirurgicale complexe.

Anatomie échographique

Les régions situées autour du foie, de la vésicule biliaire, de la rate, des reins, du rétropéritoine latéral, des gouttières paracoliques et du bassin autour de l'utérus et



■ **Figure 7.21.** Masse hépatique. À gauche : lobe droit hypo-échogène avec une masse hépatique. À droite : lésion additionnelle dans le lobe gauche. Le diagnostic différentiel inclut un abcès multifocal et des métastases hépatiques. Confirmation par la biopsie d'un adénocarcinome métastatique.



■ **Figure 7.22.** Ponction intra-abdominale d'une ascite.

de la vessie peuvent être facilement accessibles. Une collection de liquide avec du matériel échogène et des échos diffus suggèrent une matière de particules tels un exsudat ou une collection hémorragique. Si la collection ne change pas de forme avec la pression de la sonde ou la position du patient, il s'agit très probablement d'une collection locale (figure 7.22) [36].

Technique

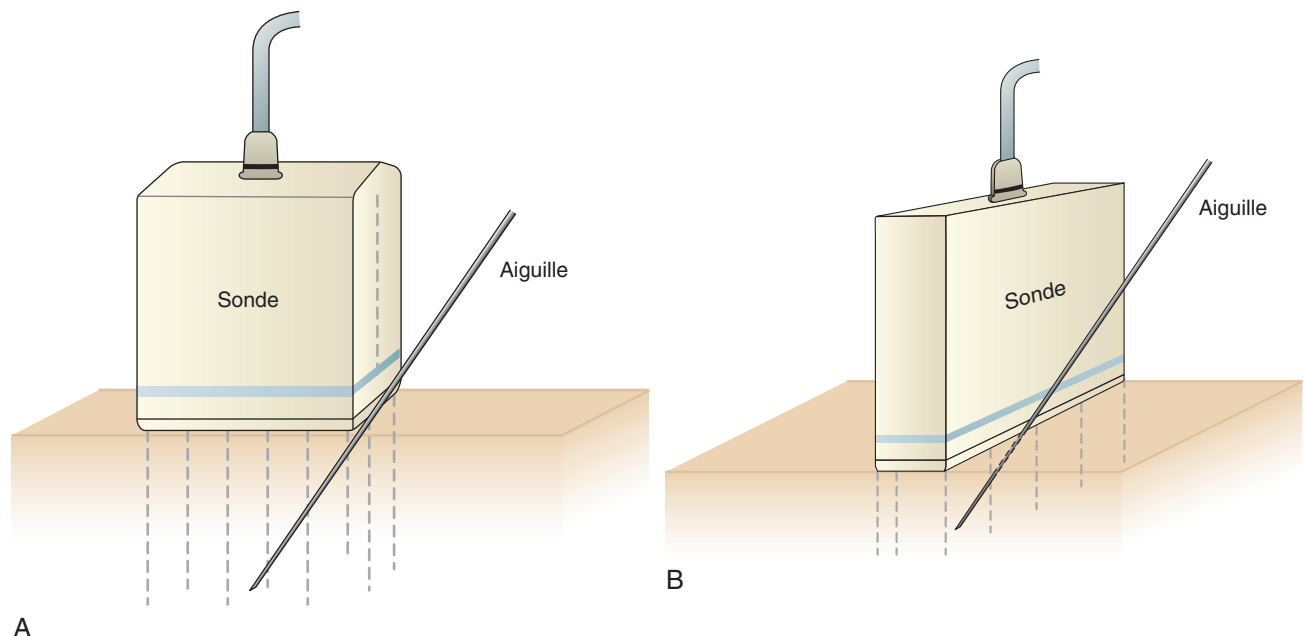
Méthode de guidage de l'aiguille. Cette méthode utilise un guide en métal ou en plastique qui se fixe à la sonde et qui dispose d'un orifice par lequel passe l'aiguille. La trajectoire de l'aiguille est visualisée sur l'écran, le long d'un parcours prédéterminé. Les angles

sont en général de 15 ou 30°. Ce système peut être utilisé pour des cibles petites ou profondes et pour les aiguilles de plus grand calibre.

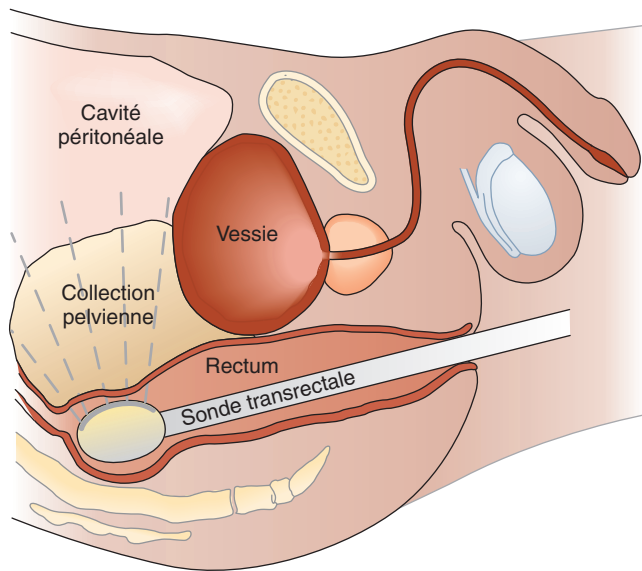
Méthode mains libres. Cette méthode utilise la technique consistant à tenir la sonde échographique dans une main et l'aiguille, dans le même plan que la sonde, dans l'autre main. Cette méthode permet une plus grande flexibilité de l'angle d'approche ; toutefois, la visualisation de l'aiguille peut être problématique si l'aiguille n'est pas maintenue dans le même plan que la sonde (figure 7.23).

Méthode indirecte ou à l'aveugle. La cible est sélectionnée, le dessus de la peau est marqué, et la sonde retirée. L'aiguille est avancée à l'aveugle, sans visualisation en temps réel. Une telle localisation simple peut être effectuée dans les cas de grandes poches de liquide pleural ou d'ascite où la peau est marquée, la profondeur de la collection et la position du patient sont notées et la ponction est effectuée sans échoguidage.

Drainage transrectal ou transvaginal. Pour des collections profondes dans le bassin, l'utilisation d'une sonde spécialement conçue, à haute fréquence, insérée dans le rectum ou le vagin, peut faciliter le drainage des lésions difficiles d'accès. Avec un guide spécialement conçu pour la sonde, un anesthésique local peut être administré au moyen d'une longue aiguille de Chiba (aiguille fine à biopsie/ponction-aspiration) de calibre 22 gauges ; une longue aiguille de calibre supérieur est ensuite adoptée pour le drainage. La collection est totalement aspirée et rincée plusieurs fois avec une solution saline stérile avant que l'aiguille soit retirée. Il est également possible d'insérer un cathéter « en queue de cochon » en utilisant un trocart (figures 7.24 à 7.26).



■ **Figure 7.23.** A. Coupe longitudinale, avec insertion percutanée d'une aiguille. B. Coupe transversale, avec insertion d'une aiguille sous guidage direct.



■ **Figure 7.24.** Échographie transrectale.

Les contre-indications aux ponctions percutanées sont rares. L'impossibilité de visualiser la cible ou d'identifier une voie sûre pour le drainage est une contre-indication absolue ; une coagulopathie est une contre-indication relative. L'évaluation d'une coagulopathie est essentiellement basée sur l'histoire médicale. Un historique négatif permet à la plupart des procédures percutanées d'être effectuées en toute sécurité ; cependant, en service de soins intensifs, les patients ont généralement des examens biologiques, tels que le taux de prothrombine et l'INR (*international normalized ratio*), le temps de thromboplastine partielle activée (TPPA) [temps de céphaline kaolin, TCK, en France] si le patient est sous héparine et la numération de plaquettes (INR < 1,3 ; TPPA < 45 s ; plaquettes > 75 000/ml) [37]. La plupart des diathèses hémorragiques peuvent être surmontées par exclusion de l'agent incriminé et le report de la procédure. Des produits sanguins spécifiques peuvent être administrés, comme des plaquettes ou des antagonistes tels que la vitamine K, pour antagoniser la warfarine.

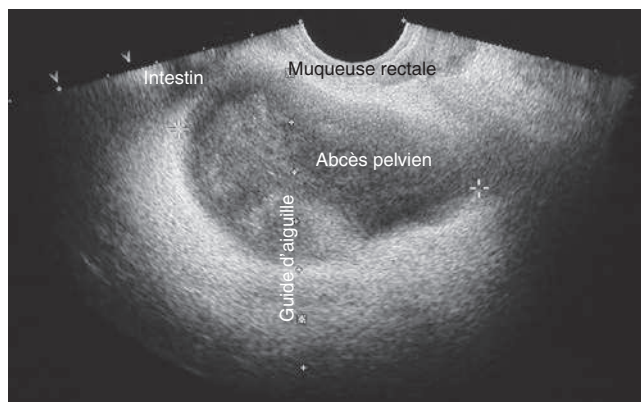


A

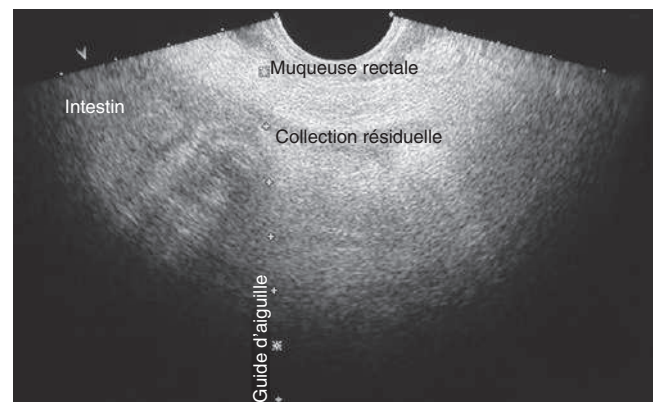


B

■ **Figure 7.25.** Sonde transrectale, guide d'aiguille et cathéter de drainage. **A.** Préassemblage. **B.** Sonde avec guide de l'aiguille fixé et cathéter en place.

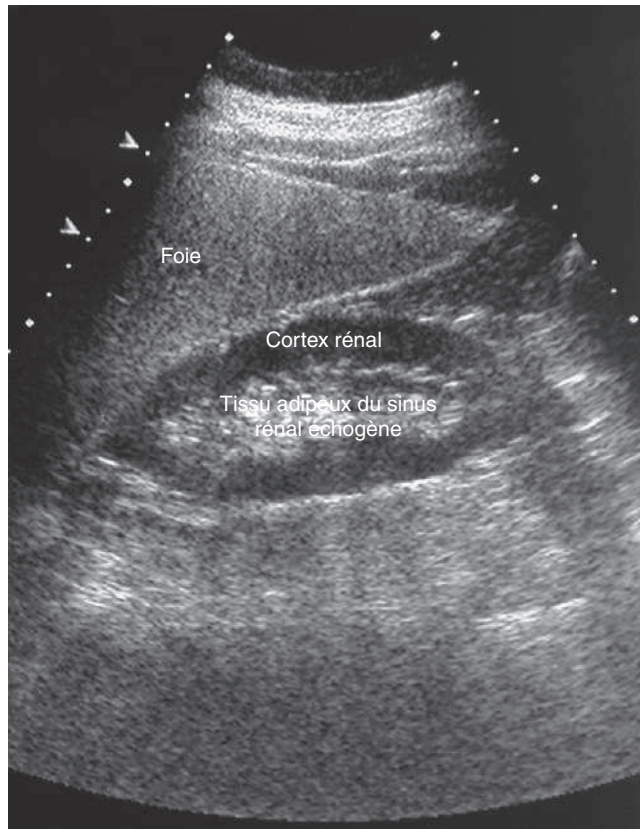


A

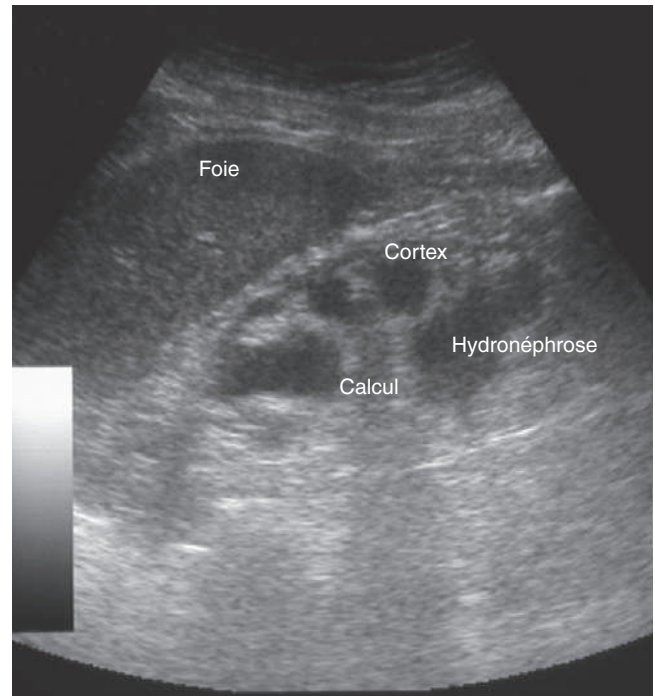


B

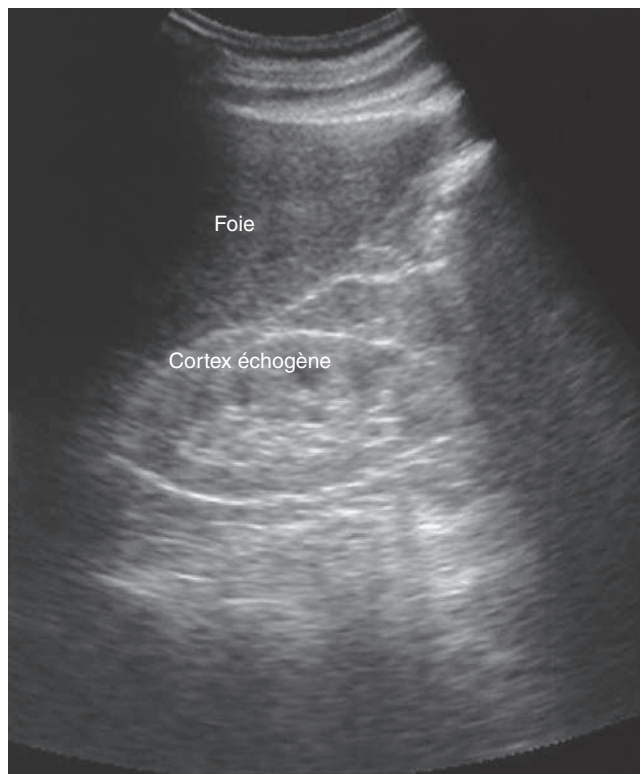
■ **Figure 7.26.** Ponction transrectale échoguidée. **A.** Coupe longitudinale. **B.** Postdrainage.



■ **Figure 7.27.** Rein droit normal, coupe longitudinale.



■ **Figure 7.29.** Hydronéphrose. Hydronéphrose chronique avec dilatation du système pyélocaliciel et perte de cortex rénal. Lithiase obstructive à la jonction pyélo-urétérique.



■ **Figure 7.28.** Rein échogène.

Littérature et preuves

Il a été montré que le drainage par cathéter percutané était sûr et efficace et réduisait à la fois le risque de morbidité associée à l'opération et la nécessité d'une anesthésie générale [38].

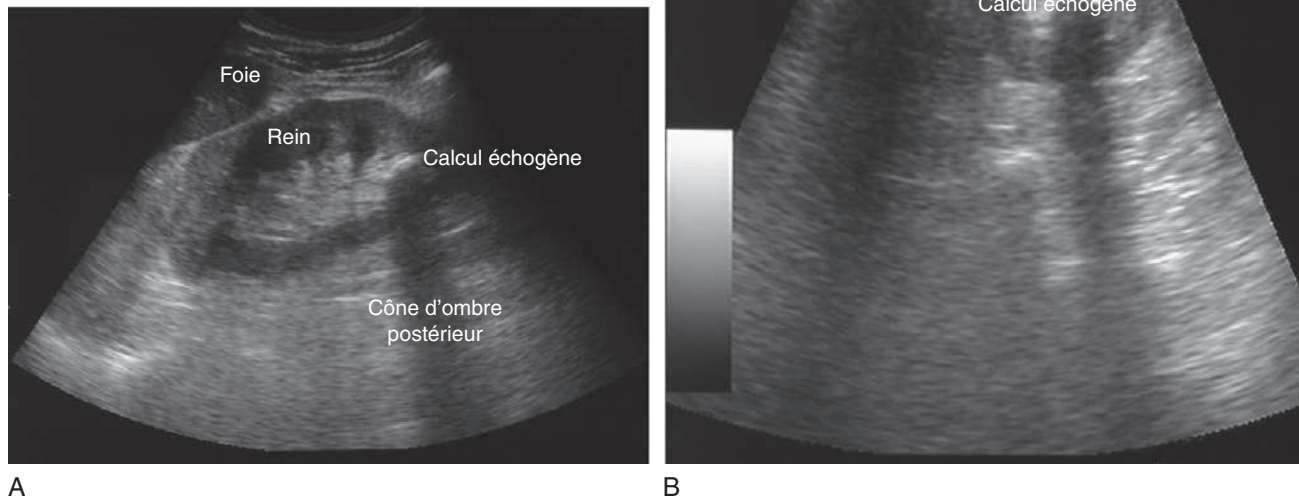
Échographie Rénale

L'insuffisance rénale aiguë en soins intensifs est le plus souvent liée à une nécrose tubulaire aiguë. Aucune caractéristique spécifique n'est détectable à l'échographie pour diagnostiquer une nécrose tubulaire aiguë. Le rôle de l'échographie est d'exclure la deuxième cause d'insuffisance rénale aiguë, qui est l'obstruction. L'augmentation d'échogénicité du cortex rénal est évocatrice d'une atteinte du parenchymateuse rénal (figures 7.27 et 7.28).

Hydronéphrose

Anatomie échographique

La dilatation pyélocalicelle est visible comme un groupe d'espaces anéchogènes remplis de liquide dans le complexe du sinus rénal. En cas d'obstruction, il y a disparition de la forme en cupule des calices. Toutefois, l'échographie ne détecte généralement que la présence d'une dilatation calicelle et urétérale proximale et sa présence ou son absence ne posent pas définitivement le diagnostic d'obstruction. Les calculs rénaux peuvent également être visualisés sur l'échographie (figures 7.29 et 7.30).



■ **Figure 7.30.** Calcul rénal. **A.** Coupe longitudinale. **B.** Coupe transversale.

L'examen de la vessie peut aussi être utile pour l'évaluation de patients oligoanuriques pour lesquels une étiologie obstructive est suspectée [39]. Dans le cas de patients sondés, l'échographie peut être utilisée pour le diagnostic de sonde obstruée et peut aider le médecin à évaluer la présence de débris intravésicaux ou d'un hématome.

Biopsie rénale

Anatomie échographique et technique

Le pôle inférieur du rein gauche est identifié et le cortex est prélevé au moyen d'une technique stérile. Les complications incluent la fistule AV, le pseudoanévrisme et l'hématome.

Littérature et preuves

Dans une étude, les biopsies rénales échoguidées ont été effectuées avec un taux de succès de 99 % et un taux de complication de 2 %. Cela est à comparer à un taux de succès de 98 % et un taux de complication de 10 % lors d'une technique à l'aveugle [34].

Conclusion

Une échographie au lit du patient est un outil puissant dans la prise en charge de patients critiques, car elle améliore l'exactitude du diagnostic et facilite les multiples interventions à réaliser dans le service de soins intensifs. L'échographie peut également aider à réduire les taux de complication des procédures couramment

effectuées en aveugle dans l'unité en permettant la visualisation directe des structures quand des techniques invasives sont effectuées.

Remerciements

Des remerciements spéciaux à Clare McHugh, spécialiste clinique en échographie, au D^r Michael Behan, consultant radiologue, au département d'imagerie clinique et à tout le personnel du département d'échographie du Mater Misericordiae University Hospital, qui ont contribué à la collecte des images de ce chapitre.

RÉFÉRENCES

1. Heffner JE : Multicenter trials of treatment for empyema—After all these years. *N Engl J Med* 352 : 926-928, 2005.
2. Maskel NA, Davies CWH, Nunn AJ, et al : U.K. controlled trial of intrapleural streptokinase for pleural infection. *N Engl J Med* 352 : 865-874, 2005.
3. Roch A, Bojan M, Michelet P, et al : Usefulness of ultrasonography in predicting pleural effusions > 500 ml in patients receiving mechanical ventilation. *Chest* 127 : 224-232, 2005.
4. Fartoukh M, Azoulay E, Galliot R, et al : Clinically documented pleural effusions in medical ICU patients: How useful is routine thoracentesis ? *Chest* 121 : 178-184, 2002.
5. Mattison LE, Coppage L, Alderman DF, et al : Pleural effusions in the medical ICU : Prevalence, causes, and clinical implications. *Chest* 111 : 1018-1023, 1997.
6. Tu CY, Hsu WH, Hsia TC, et al : Pleural effusions in febrile medical ICU patients : Chest ultrasound study. *Chest* 126 : 1274-1280, 2004.
7. Lichtenstein D, Hulot JS, Rabiller A, et al : Feasibility and safety of ultrasound-aided thoracentesis in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Med* 25 : 955-958, 1999.
8. Sartori S, Tombesi P, Tassinari D, et al : Sonographically guided small-bore chest tubes and sonographic monitoring for rapid

- sclerotherapy of recurrent malignant pleural effusions. *J Ultrasound Med* 23 : 1171-1176, 2004.
9. Brooks A, Davies B, Smethhurst M, Connolly J : Emergency ultrasound in the acute assessment of haemothorax. *Emerg Med J* 21 : 44-46, 2004.
 10. Lichtenstein DA, Lascols N, Meziere G, Gepner A : Ultrasound diagnosis of alveolar consolidation in the critically ill. *Intensive Care Med* 30 : 276-281, 2004.
 11. Cook D, McMullin J, Hodder R, et al : Prevention and diagnosis of venous thromboembolism in critically ill patients: A Canadian survey. *Crit Care* 5 : 336-342, 2001.
 12. Robinson KS, Anderson DR, Gross M, et al : Ultrasonographic screening before hospital discharge for deep venous thrombosis after arthroplasty. *Ann Intern Med* 127 : 439-445, 1997.
 13. Burns GA, Cohn SM, Frumento RJ, et al : Prospective ultrasound evaluation of venous thrombosis in high-risk trauma patients. *J Trauma* 35 : 405-408, 1993.
 14. Ricci MA, Trevisani GT, Pilcher DB : Vascular complications of cardiac catheterization. *Am J Surg* 167 : 375-378, 1994.
 15. Morgan R, Belli AM : Current treatment methods for postcatheterization pseudoaneurysms. *J Vasc Intervent Radiol* 14 : 697-710, 2003.
 16. Steinkamp HJ, Werk M, Felix R : Treatment of postinterventional pseudoaneurysms by ultrasound-guided compression. *Invest Radiol* 35 : 186-192, 2000.
 17. Perkins JM, Gordon AC, Magee TR, Hands LJ : Duplex-guided compression of femoral artery false aneurysms reduces the need for surgery. *Ann R Coll Surg Engl* 78 : 473-475, 1996.
 18. Sadiq S, Ibrahim W : Thromboembolism complicating thrombin injection of femoral artery pseudoaneurysm: Management with intraarterial thrombolysis. *J Vasc Intervent Radiol* 12 : 633-636, 2001.
 19. Saad NE, Saad WE, Davies MG, et al : Pseudoaneurysms and the role of minimally invasive techniques in their management. *Radiographics* 25 : S173-S189, 2005.
 20. Kannan S : Another use for ultrasound in the ICU. *Anaesthesia* 60 : 944, 2005.
 21. Zeman R : Cholelithiasis and cholecystitis. In Gore RM, Levine MS, Laufer I, (eds) : *Gastrointestinal Radiology*. Philadelphia, WB Saunders, 1994 p. 1657.
 22. Jeffrey RB Jr, Nino-Murcia M, Ralls PW, et al : Color Doppler sonography of the cystic artery : Comparison of normal controls and patients with acute cholecystitis. *J Ultrasound Med* 14 : 33-36, 1995.
 23. Hatzidakis AA, Prassopoulos P, Petinarakis I, et al : Acute cholecystitis in high-risk patients: Percutaneous cholecystostomy vs conservative treatment. *Eur Radiol* 12 : 1778-1784, 2002.
 24. Boland GW, Slater G, Lu DS, et al : Prevalence and significance of gallbladder abnormalities seen on sonography in intensive care unit patients. *AJR* 174 : 973-977, 2000.
 25. Boland GW, Lee MJ, Leung J, Mueller PR : Percutaneous cholecystostomy in critically ill patients : Early response and final outcome in 82 patients. *AJR* 163 : 339-342, 1994.
 26. Huber DF, Martin EW Jr, Cooperman M : Cholecystectomy in elderly patients. *Am J Surg* 146 : 719-722, 1983.
 27. Escarce JJ, Shea JA, Chen W, et al : Outcomes of open cholecystectomy in the elderly: A longitudinal analysis of 21,000 cases in the prelaparoscopic era. *Surgery* 117 : 156-164, 1995.
 28. Sosna J, Kruskal JB, Copel L, et al : US-guided percutaneous cholecystostomy : Features predicting culture-positive bile and clinical outcome. *Radiology* 230 : 785-791, 2004.
 29. Giorgio A, Amoroso P, Fico P, et al : Ultrasound evaluation of uncomplicated and complicated acute viral hepatitis. *J Clin Ultrasound* 14 : 675-679, 1986.
 30. Millener P, Grant EG, Rose S, et al : Color Doppler imaging findings in patients with Budd-Chiari syndrome : Correlation with venographic findings. *AJR* 161 : 307-312, 1993.
 31. Grant EG, Perrella R, Tessler FN, et al : Budd-Chiari syndrome : The results of duplex and color Doppler imaging. *AJR* 152 : 377-381, 1989.
 32. Hosoki T, Kuroda C, Tokunaga K, et al : Hepatic venous outflow obstruction : Evaluation with pulsed Duplex sonography. *Radiology* 170 : 733-737, 1989.
 33. Porter B, Karp W, Forsberg L : Percutaneous cytodagnosis of abdominal masses by ultrasound guided fine-needle aspiration biopsy. *Acta Radiol* 22 : 663-668, 1981.
 34. Mahoney MC, Racadio JM, Merhar GL, First MR : Safety and efficacy of kidney transplant biopsy : Tru-Cut needle vs sonographically guided Biopsy gun. *AJR* 160 : 325-326, 1993.
 35. Greiner L, Franken FH : [Sonographically assisted liver biopsy—Replacement for blind needle biopsy ?] [Article in German]. *Dtsch Med Wochenschr* 108 : 368-372, 1983.
 36. Lee SY, Frankel HL : Ultrasound and other imaging technologies in the intensive care unit. *Surg Clin North Am* 80 : 975-1003, 2000.
 37. Invasive ultrasound principles H In : McGahan JP, Goldberg BB, (eds) : *In Diagnostic Ultrasound : A Logical Approach*. Philadelphia, Lippincott Williams and Wilkins, 43-44, 1998.
 38. Kerlan RKJr, Pogany AC, Burke DR : Percutaneous drainage techniques. Alternatives to surgical therapy. *Postgrad Med* 78 : 75-79, 1985.
 39. Beaulieu Y, Marik PE : Bedside ultrasonography in the ICU : Part 2. *Chest* 128 : 1766-1781, 2005.

8

Échocardiographie transthoracique et transœsophagienne : technique et images de base

BRIAN O'BRIEN, FRANCES COLREAVY, MICHAEL GRIFFIN



Le rôle le mieux établi des ultrasons en anesthésie et en médecine périopératoire est peut-être celui de l'échocardiographie. En chirurgie cardiaque et en réanimation, l'échocardiographie est essentielle à une pratique moderne. L'échocardiographie transœsophagienne (ETO) a des avantages théoriques sur l'échocardiographie transthoracique (de surface) par l'obtention d'images à plus haute résolution au moyen de meilleures fenêtres acoustiques ; l'ETO est aussi, bien sûr, plus invasive. En pratique, l'approche choisie dépend souvent des éléments logistiques et de la disponibilité des compétences appropriées. Il est important, cependant, de reconnaître que de nombreuses pathologies aiguës menaçant le pronostic vital (telles que les grands épanchements péricardiques, les chocs cardiogéniques ou la dissection aortique) peuvent être facilement détectées par des échographistes avec des niveaux de formation modérés.

Néanmoins, même dans les situations où certaines pathologies particulières sont suspectées, un examen complet doit être mené de manière approfondie, de façon séquentielle. Un avantage de cette approche est que les anomalies significatives sont détectées pendant que s'acquiert l'expérience des images normales (et de leurs variantes). Aussi, en incluant régulièrement dans l'examen toutes les images et les techniques, même si elles ne sont pas strictement nécessaires, le stagiaire améliore sa technique et ses capacités d'analyse. Avec l'expérience, l'opérateur peut adopter une approche plus souple et plus ciblée et parvenir, en routine, à une étude complète en 10 min environ. La révision de ces études avec un collègue spécialisé et entraîné est essentielle pour l'amélioration de qualité.

L'échocardiographie évolue rapidement, et ce chapitre ne prévoit qu'une introduction à ce vaste domaine. Pour un aperçu plus complet, voir des manuels, d'autres sources ainsi que les logiciels éducatifs disponibles sur l'échocardiographie. L'objectif de ce chapitre est de présenter les informations de base nécessaires à l'obtention des images d'ETO, à reconnaître les structures et à comprendre les mesures - ce qui devrait faire partie de la norme de tous les programmes de formation en anesthésie. Quoi qu'il en soit, l'étude des pathologies cardiaques et leur dysfonctionnement, comme base pour la prise de décision opératoire, est au-delà de l'objectif de ce texte et restera probablement encore un certain temps dans le domaine de la formation spécialisée en anesthésie cardiaque.

Technique de base et considérations pratiques

En prévision de la mise en place d'une sonde d'ETO, il est préférable de mettre en place et de retirer la sonde nasogastrique pour vider l'estomac et le décompresser. Cela optimise la qualité des images obtenues ultérieurement. Le placement de la sonde d'ETO (figure 8.1) est ensuite obtenu avec la progression douce de la sonde, lubrifiée et déverrouillée, par la bouche, l'oropharynx et dans l'œsophage. Des gaines spécifiques sont disponibles pour protéger à la fois le patient - de l'accumulation des débris des membranes muqueuses avec des résidus d'agents désinfectants et nettoyants - et la sonde.

Une légère résistance est ressentie quand le bout de la sonde arrive au niveau du sphincter supérieur de l'œsophage. La sonde peut être à 25-30 cm du niveau des dents. La sonde se trouve maintenant dans l'œsophage, derrière le cœur, et peut être manipulée de haut en bas dans l'œsophage et l'estomac afin d'examiner le cœur à différents niveaux de profondeur (figure 8.2). L'extrémité de la sonde est antéfléchie (fléchie vers l'avant) ou rétrofléchie (fléchie vers l'arrière) à l'aide de la grande roue si nécessaire (figure 8.3A), alors que l'utilisation de la plus petite roue permet de



■ **Figure 8.1.** La sonde d'échographie transœsophagienne comprend une grande roue (dentée, dans cet exemple) et une petite roue superposée (noire) pour le mouvement de son extrémité.

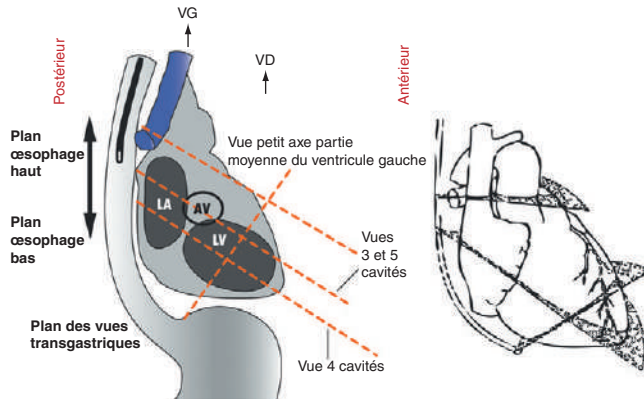


Figure 8.2. La sonde est avancée ou retirée comme nécessaire, pour donner des vues de l'œsophage supérieur (principalement des grands vaisseaux), de l'œsophage inférieur ou transgastriques. VG : ventricule gauche ; VD : ventricule droit.

manœuvrer la sonde à droite ou à gauche (figure 8.3B). Enfin, il est possible de contrôler l'angle du transducteur à l'intérieur de l'extrémité de la sonde, c'est-à-dire l'angle entre l'axe de la sonde et le plan de l'échographie émanant de l'extrémité de la sonde (figure 8.3C).

Ces diverses manipulations et contrôles offrent une infinité d'images potentielles en deux dimensions du cœur et des structures connexes. Le gain général et la compression sont réglés de façon à ce que le sang semble noir et le gain étagé (« *time compensated gain* ») est réglé de telle sorte que les tissus semblables apparaissent avec une échogénicité identique, à différentes distances de la sonde. Un examen échographique transœsophagien séquentiel peut alors être réalisé.

Afin de faciliter la formation et la communication, un certain nombre d'images œsophagiennes et gastriques, standardisées et reproductibles, ont été décrites [1,2]

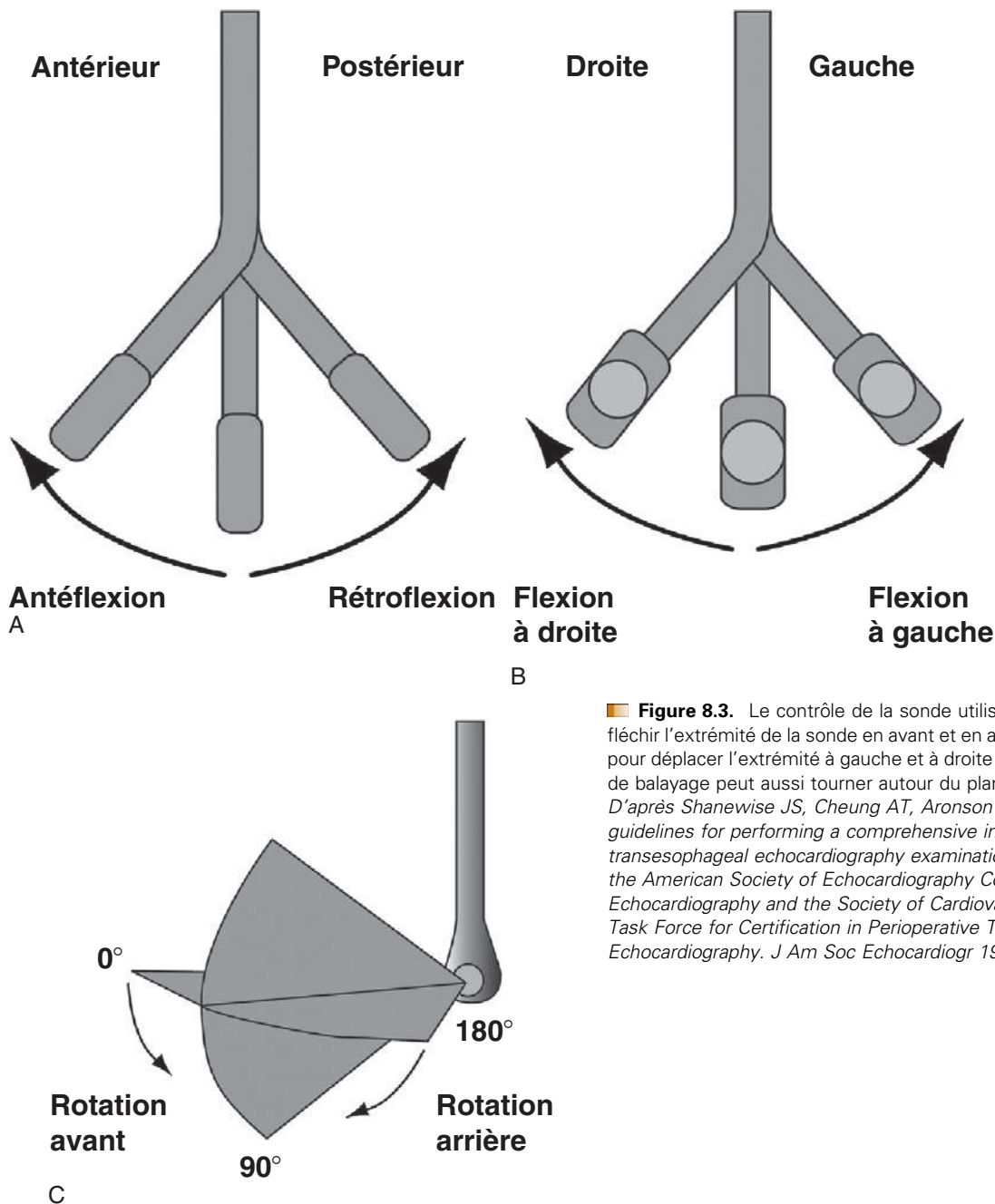
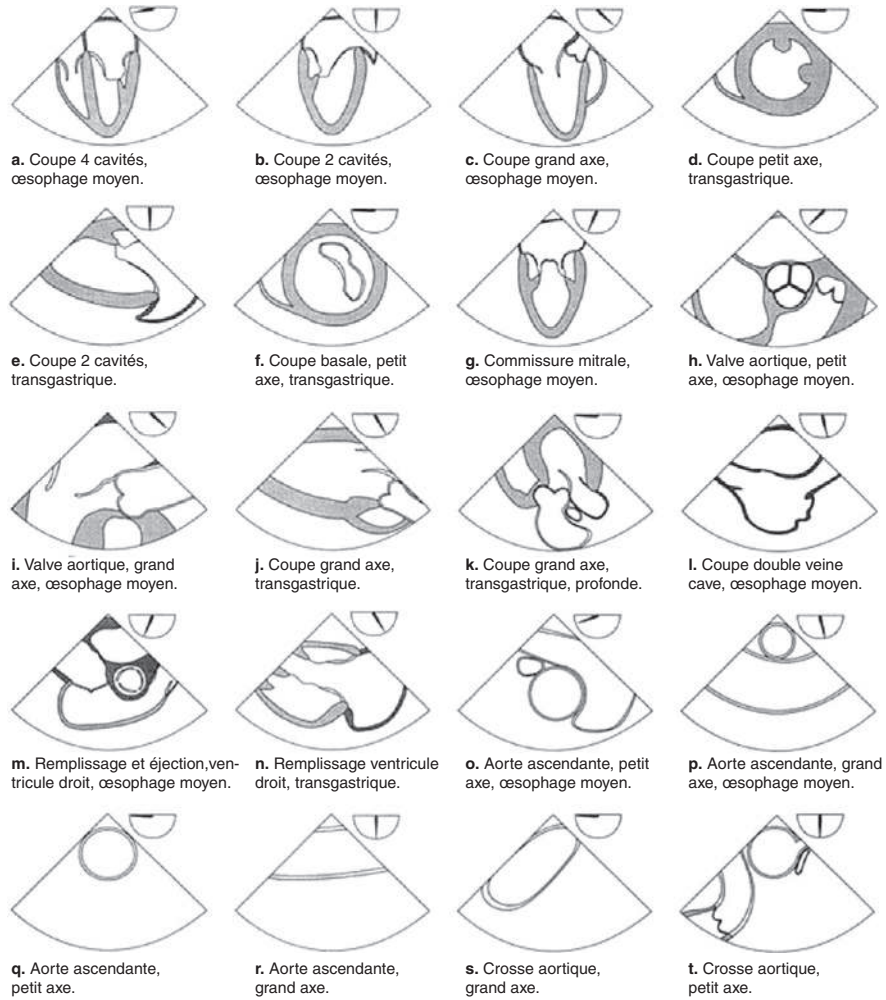


Figure 8.3. Le contrôle de la sonde utilise la grande roue afin de fléchir l'extrémité de la sonde en avant et en arrière (A) et la petite roue pour déplacer l'extrémité à gauche et à droite (B) ; le secteur de l'angle de balayage peut aussi tourner autour du plan transversal (à 0°) (C). D'après Shanewise JS, Cheung AT, Aronson S, et al. ASE/SCA guidelines for performing a comprehensive intraoperative multiplane transesophageal echocardiography examination : recommendations of the American Society of Echocardiography Council for Intraoperative Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists Task Force for Certification in Perioperative Transesophageal Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 1999 ; 12 : 884-900.



■ **Figure 8.4.** Vues standard d'une échocardiographie transœsophagienne.

(figure 8.4). L'apprentissage pour obtenir ces coupes transversales est la base de l'entraînement en ETO. Un examen échographique complet du cœur et des structures connexes exige une approche globale et séquentielle, avec l'acquisition d'une série d'images de ces structures. Avec la formation et l'entraînement, le nombre d'images obtenues et la complexité de l'évaluation de chaque structure augmentent ; l'examinateur acquiert une appréciation plus intuitive de la visualisation en trois dimensions des structures tout au long de la conduite de l'examen. Il existe des degrés non négligeables de variations anatomiques, de sorte que les distances et les angles correspondant à chaque image doivent être considérés comme des approximations (figure 8.4).

Corrélation de l'échocardiographie avec l'anatomie cardiaque

Il existe trois niveaux d'acquisition des images : la partie supérieure de l'œsophage, la partie inférieure de l'œsophage et le niveau transgastrique (figure 8.2). Le processus de base de l'examen en trois dimensions

comprend le balayage du plan de l'image, lentement, par déplacement de la sonde. Lorsque le faisceau est à 0°, l'image est obtenue par le déplacement lent de la sonde, de haut en bas dans l'œsophage, et lorsque le faisceau est à 90°, l'image est obtenue par rotation lente de la sonde de gauche à droite (manipulations illustrées par la figure 8.3). En outre, les sondes multiplans permettent à l'opérateur de faire pivoter le plan de l'analyse du secteur autour d'une structure, par exemple la valve mitrale, en modifiant l'angle du faisceau ultrasonore émanant de l'extrémité de la sonde (figure 8.5). Par conséquent, en raison de l'infinité de possibilités, les images peuvent être obtenues en nombre considérable par les modifications simultanées de l'angle de balayage au niveau de l'œsophage et de l'estomac et par la manipulation de la sonde au niveau gastrique. La technique requise dépend de la structure à explorer. En outre, il existe un degré considérable de variabilité interindividuelle en ce qui concerne le meilleur angle de visualisation d'une structure donnée.

Les plans transverse, vertical et en dehors des axes et leurs relations avec le cœur sont illustrés par la figure 8.6. Une image petit axe d'une structure donnée est obtenue quand le faisceau ultrasonore

Figure 8.5. Examinées sous différents angles, les diverses parties de la valve mitrale se présentent différemment. La valve aortique est indiquée à des fins d'orientation.

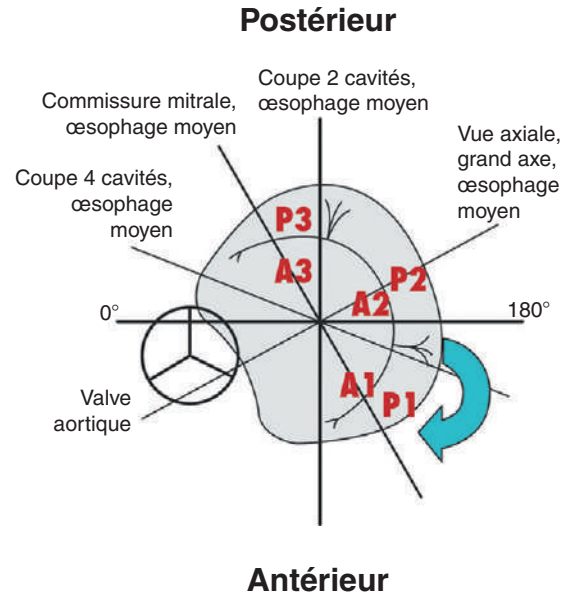
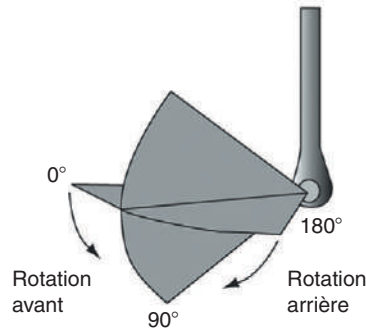
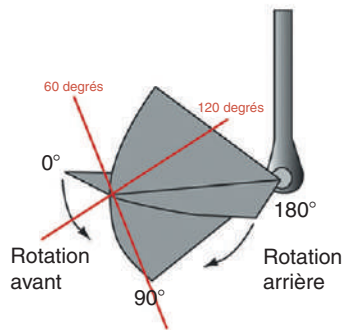
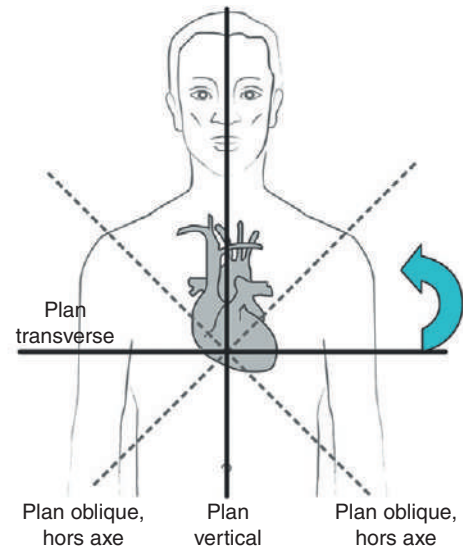


Figure 8.6. Orientation du cœur, en relation avec les plans anatomiques.



Scanner multiplan



coupe la structure perpendiculairement par rapport à sa lumière ; une image grand axe est obtenue à 90° par rapport à cet angle. Ainsi, l'image petit axe de la valve aortique est obtenue à environ 40° par rapport au plan transversal parce que la valve aortique se trouve à cet angle ; une image grand axe de la valve est obtenue à environ 130° (c'est-à-dire 40 + 90°). Bien qu'il existe des points aveugles au cours de l'examen échographique transœsophagien (le plus important est l'aorte ascendante distale et la crosse aortique proximale, qui ne sont pas visualisées en raison de l'interposition d'air et donc de l'écho-opacité de la trachée et de la bronche gauche), la majeure partie de l'anatomie cardiaque peut être examinée comme détaillé plus bas.

Vues transœsophagiennes standard

1. Crosse aortique distale, aorte thoracique descendante et aorte abdominale supérieure

À partir de la coupe quatre cavités, qui est en général facilement obtenue après l'insertion de la sonde, la rotation de la sonde vers la gauche fait apparaître la vue de l'aorte thoracique descendante. La profondeur du champ est réduite à 7 cm. L'aorte peut être visualisée en petit axe à 0° (figure 8.7A) et en grand axe à 90° (figure 8.7B) de la sonde de haut en bas. L'origine de l'artère sous-clavière gauche est vue avec une orientation à 3 h de la sonde en position proximale extrême

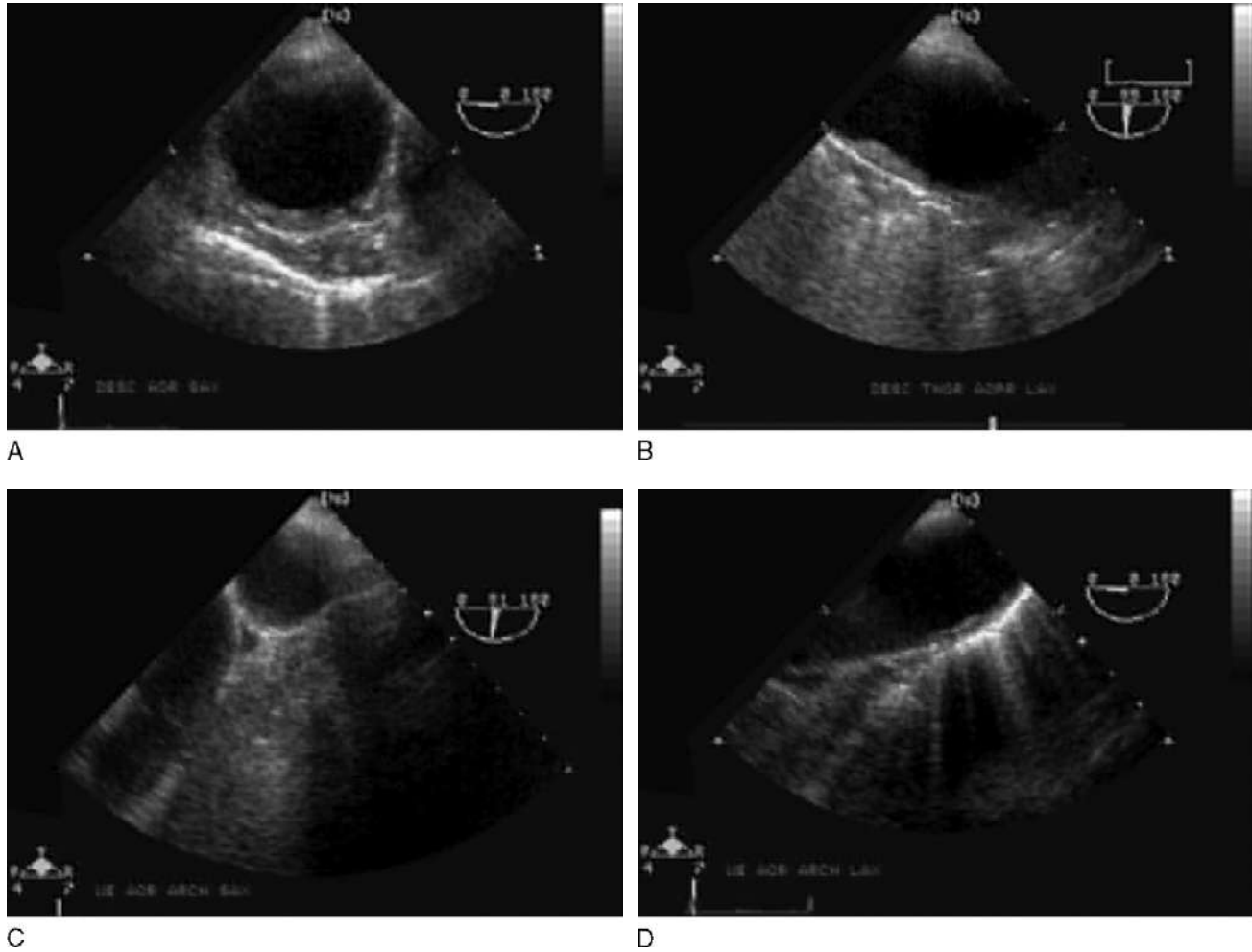


Figure 8.7. Vues standard de l'aorte thoracique descendante. **A.** Coupe petit axe. **B.** Coupe grand axe. **C.** Origine de l'artère sous-clavière gauche. **D.** Crosse aortique. [Voir aussi le clip vidéo sur le DVD.]

(figure 8.7C). Avec la sonde placée de façon plus proximale, et tournée vers le côté droit du patient, apparaît la partie distale de la crosse aortique (figure 8.7D).

2. Examen petit axe des gros vaisseaux

La sonde est avancée au milieu du thorax et tournée vers la droite afin de visualiser le cœur. Elle est alors positionnée au niveau du haut de l'œsophage pour visualiser les gros vaisseaux (figure 8.8). Une rétroflexion légère de la sonde à ce niveau peut optimiser la qualité de l'image obtenue. Cette incidence peut être utilisée pour détecter une embolie pulmonaire et une dissection aortique et pour mesurer le débit cardiaque à l'aide du Doppler pulsé pour le calcul de l'intégrale temps/vitesse (qui est multipliée par la surface de la section de la crosse de l'artère pulmonaire pour donner le volume d'éjection et par la fréquence cardiaque pour donner le débit cardiaque).

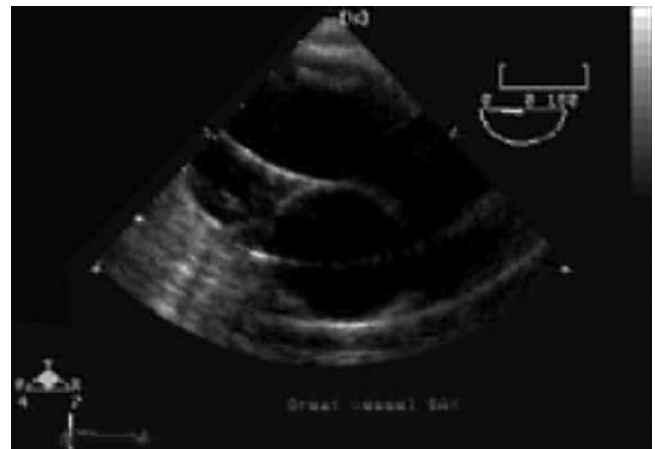


Figure 8.8. Coupe basale petit axe des gros vaisseaux montrant l'aorte et le tronc de l'artère pulmonaire.

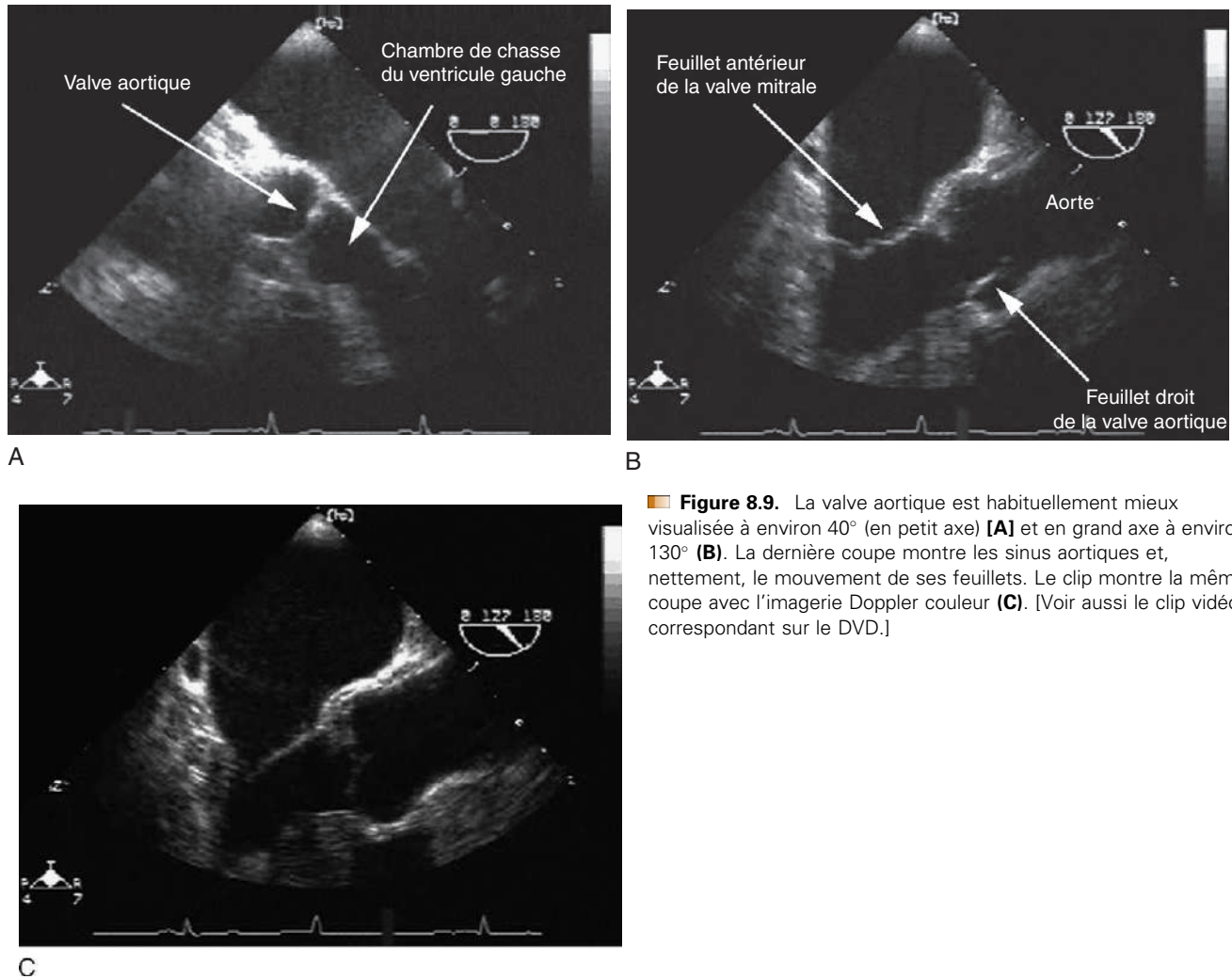


Figure 8.9. La valve aortique est habituellement mieux visualisée à environ 40° (en petit axe) **(A)** et en grand axe à environ 130° **(B)**. La dernière coupe montre les sinus aortiques et, nettement, le mouvement de ses feuillets. Le clip montre la même coupe avec l'imagerie Doppler couleur **(C)**. [Voir aussi le clip vidéo correspondant sur le DVD.]

3. Valve aortique

Avec l'aorte thoracique ascendante inscrite au milieu de l'image, la sonde est avancée vers le bas jusqu'à ce que la valve aortique et la chambre de chasse du ventricule gauche soient visualisées à 0°. Le Doppler couleur peut être utilisé au niveau de la chambre de chasse du ventricule gauche afin de rechercher les preuves d'une régurgitation aortique. À partir de ce point, une vue petit axe de la valve aortique est obtenue, généralement à 35-40° (image de la valve aortique en petit axe à mi-œsophage : [figure 8.9A](#)). Une légère rotation de la sonde vers la droite permet de visualiser l'image de la chambre de chasse du ventricule droit et la valve pulmonaire. À partir de l'image petit axe de la valve aortique, le plan coupe peut être tourné à 125-130° pour obtenir une image grand axe de la chambre de chasse du ventricule gauche, de la valve aortique et de l'aorte ascendante ([figure 8.9B](#)). Cette vue est la plus sensible pour la détection de la régurgitation aortique par le Doppler couleur ([figure 8.9C](#)). Elle est également utilisée pour la mesure du diamètre de la valve aortique, du diamètre du sinus de Valsalva et du diamètre de la jonction sinotubulaire¹ en amont d'une chirurgie de

la valve aortique ou d'une chirurgie d'un anévrisme de l'aorte thoracique ascendante. Un léger retrait de la sonde permet de visualiser l'aorte thoracique ascendante, qui est souvent, au mieux, visible à un angle de 90 à 100° ([figure 8.10](#)). L'acquisition des images finales de la valve aortique et l'examen transgastrique de la valve sont décrits au paragraphe 9.

4. Oreillette droite et septum interauriculaire

À partir de la vue de la valve aortique à 0°, la rotation de la sonde vers la droite et un léger retrait permettent la visualisation de l'oreillette droite et du septum interauriculaire ([figure 8.11A](#)). La veine cave inférieure et la veine cave supérieure peuvent être visualisées par la rotation du plan de l'image de 90 à 110° (vue double veine cave, mi-œsophagienne) ([figure 8.11B](#)). L'examen du septum interauriculaire au Doppler couleur et

¹La jonction sinotubulaire représente la limite entre la partie initiale dilatée de l'aorte ascendante (sinus de Valsalva), où naissent les artères coronaires, et la partie distale, tubulaire. (N.d.T.)

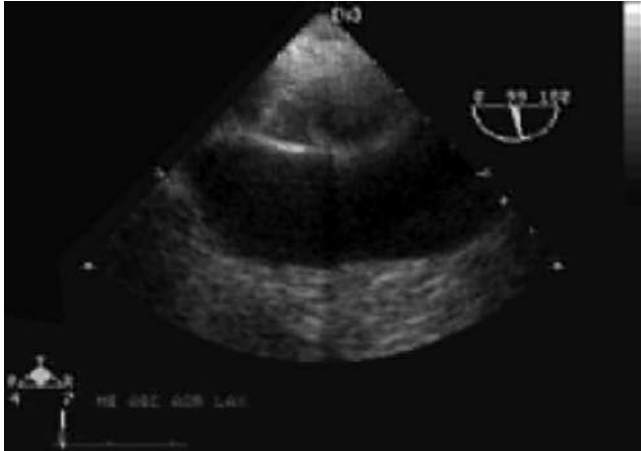


Figure 8.10. Aorte thoracique ascendante, généralement mieux visualisée à 90–100°. [Voir également le clip vidéo correspondant sur le DVD.]

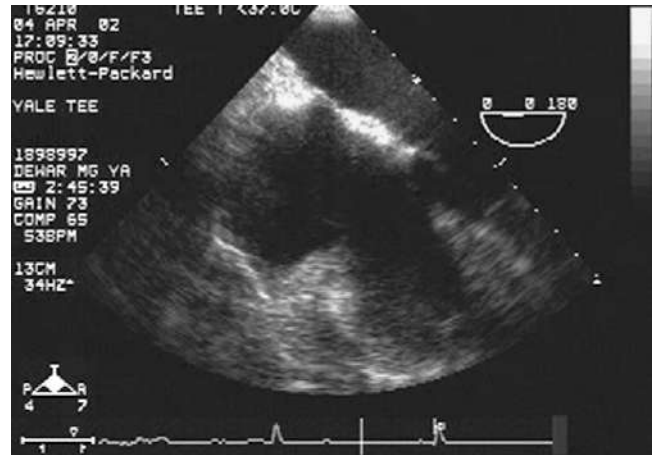
l'utilisation de solution saline agitée, en association avec la manœuvre de Valsalva, permettent de détecter les anomalies du septum auriculaire et un foramen ovale perméable (figure 8.11C).

5. Valve tricuspide, ventricule droit et valve pulmonaire

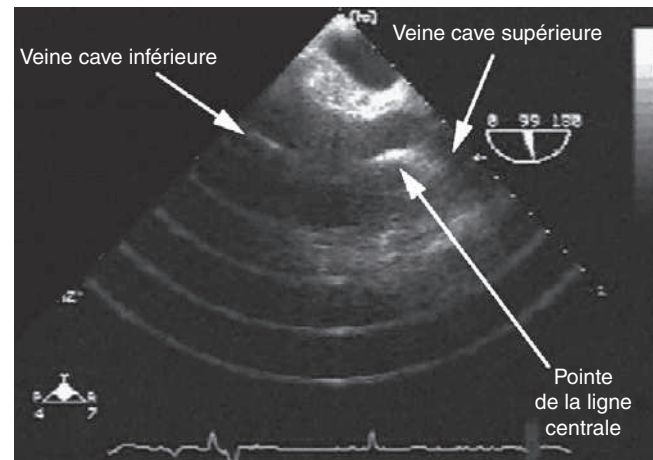
En faisant progresser la sonde de quelques centimètres, sont visualisés la valve tricuspide et le ventricule droit. La valve tricuspide est visualisée avec et sans Doppler couleur d'abord au niveau du feuillet antérieur de la valve mitrale (à mi-œsophage, dans l'incidence quatre cavités) (figure 8.12A). Une partie inférieure de la valve est visualisée en avançant encore la sonde, au niveau du sinus coronaire (figure 8.12B). Les images pour l'évaluation du remplissage et de l'éjection ventriculaire droite à mi-œsophage sont obtenues par rotation du plan de l'image de 60 à 80° (figure 8.12C). Cela permet l'évaluation de la valve tricuspide et de la paroi libre du ventricule droit ainsi que de la fraction d'éjection du ventricule droit. La performance et la contractilité du ventricule droit sont évaluées par l'examen de la descente de l'anneau tricuspide à mi-œsophage, dans l'incidence quatre cavités et par l'évaluation du mouvement et de l'épaississement de la paroi ventriculaire droite dans l'ensemble de ces incidences.

6. Oreillette et auricule gauches

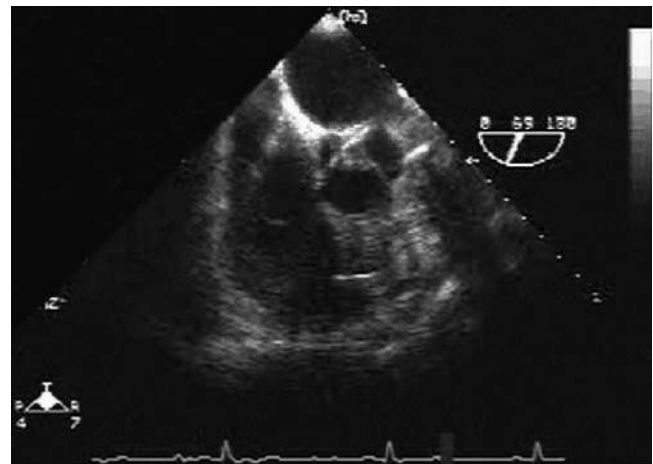
La sonde est ensuite tirée vers le haut et tournée légèrement vers la gauche à partir de l'incidence quatre cavités à mi-œsophage, pour visualiser l'oreillette gauche (figure 8.13A). La profondeur du champ doit être réduite de façon appropriée. L'oreillette gauche mesure normalement moins de 5,2 cm de la paroi postérieure aux feuillets de la valve mitrale fermée dans l'incidence quatre cavités. L'auricule gauche est visualisée par une rotation du plan de coupe de 60 à 90°, habituellement environ 70°, de façon à ce que l'auricule gauche se trouve au-dessus de la paroi antérolatérale du ventricule gauche (figure 8.13B). Cet examen est nécessaire pour documenter la présence ou l'absence de thrombus.



A

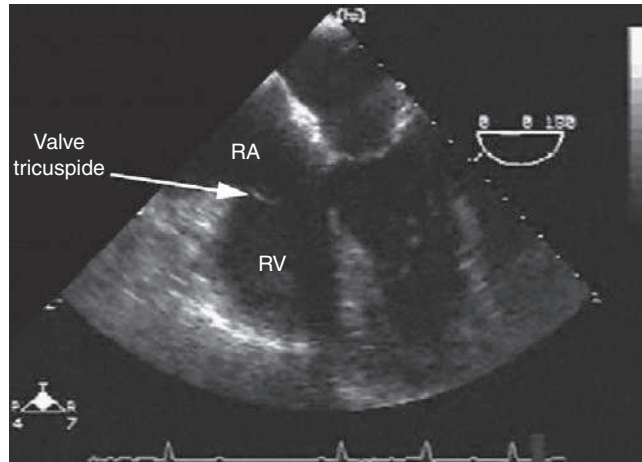


B

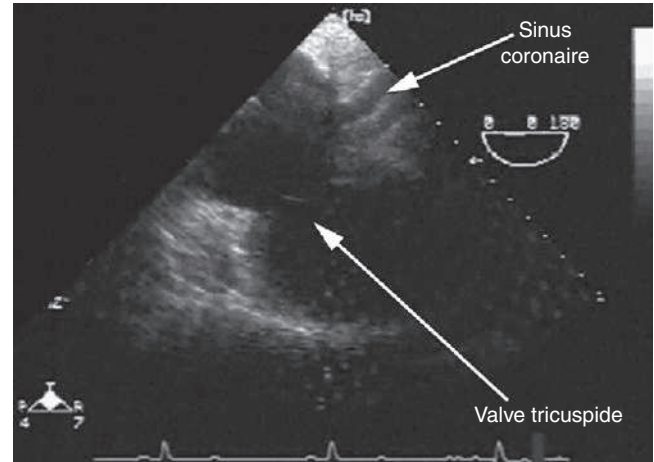


C

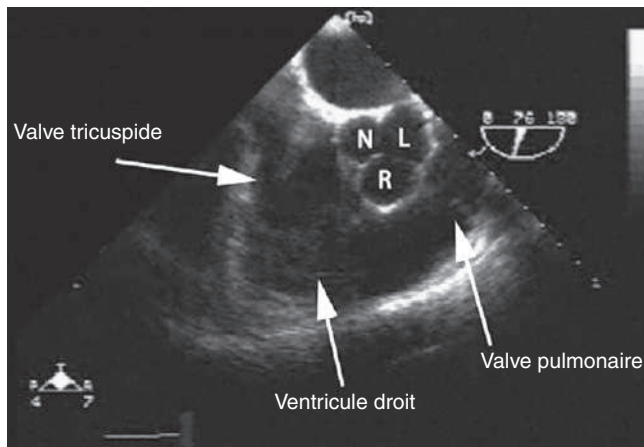
Figure 8.11. Vues de l'oreillette droite. **A.** Examen du septum interauriculaire et mesure de l'oreillette droite. **B.** Vue deux veines caves (avec la veine cave supérieure à droite de l'écran). **C.** Utilisation de produit de contraste à la recherche d'un défaut du septum auriculaire ou d'un foramen ovale perméable. [Voir également le clip vidéo correspondant sur le DVD.]



A



B



C

Figure 8.12. Valve tricuspide et ventricule droit. **A.** Valve tricuspide. **B.** Valve tricuspide au niveau du sinus coronaire. **C.** Vue du ventricule droit et des entrées et sorties. [Voir également le clip vidéo correspondant sur le DVD.]

La veine pulmonaire, habituellement la veine pulmonaire supérieure, est visualisée en retirant davantage la sonde vers le haut et en lui imprimant une légère rotation vers la gauche. La veine est visualisée entre l'oreillette gauche et l'aorte ; l'utilisation du Doppler couleur améliore sa visualisation (figure 8.13C). La veine peut, parfois, être mieux visualisée à un angle supérieur à 0° ; l'utilisation du Doppler couleur facilite la détection du meilleur plan de coupe. Le Doppler pulsé est le plus adapté avec une fenêtre de 1 cm depuis l'orifice de la veine pulmonaire. L'aspect normal, en Doppler pulsé, se compose d'une onde A « négative » et d'une onde S « positive » (qui, parfois, a deux composantes, S₁ et S₂) ainsi que d'une onde D moins positive (figure 8.14).

7. Valve mitrale

La valve mitrale est visualisée en avançant à partir de la vue de la veine pulmonaire. Le meilleur compromis pour la profondeur de champ et la focalisation est aux environs de 10 cm, la valve centrée dans le plan de coupe. Les zones plus antérieures des portions antérieure et postérieure des feuillets valvulaires sont visualisées initialement (figure 8.15a), lorsque la chambre de chasse du ventricule gauche et la valve aortique apparaissent. L'avancement supplémentaire de la sonde jusqu'à la

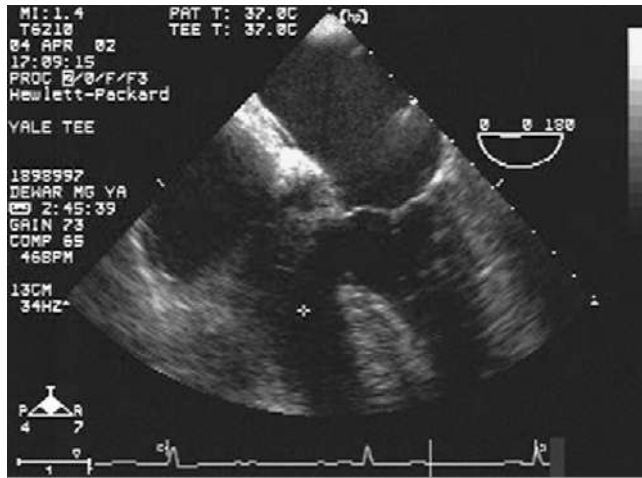
coupe quatre cavités permet de visualiser la coupe standard à mi-œsophage à 0, 70 et 120° (figures 8.15B à 8.15C), qui est réalisée, selon les besoins, avec ou sans Doppler couleur.

En général, le faisceau d'ultrasons se déplace d'avant en arrière sur la valve, alors que la sonde est avancée. En outre, lorsque l'extrémité de la sonde est légèrement antéfléchie, le faisceau se déplace plus en avant sur la valve et lorsqu'elle est rétrofléchie, le faisceau se déplace plus en arrière sur la valve. Le feuillet antérieur est plus proche de la valve aortique et semble plus important à 0 et 120°. La coupe à 70° est caractérisée par l'apparition du feuillet antérieur comme une porte de trappe tombant entre les deux éléments du feuillet postérieur (vue bicommissurale à mi-œsophage) (figure 8.16).

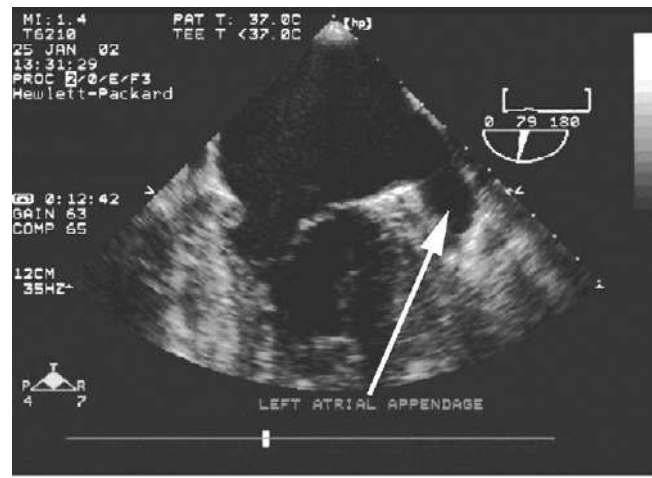
L'examen par Doppler pulsé du flux transmitral diastolique est au mieux réalisé par une fenêtre située au niveau de l'extrémité de la valve mitrale ouverte (figure 8.17). La vue transgastrique de la valve mitrale (à petit axe et grand axe) est décrite au paragraphe 9.

8. Ventricule gauche

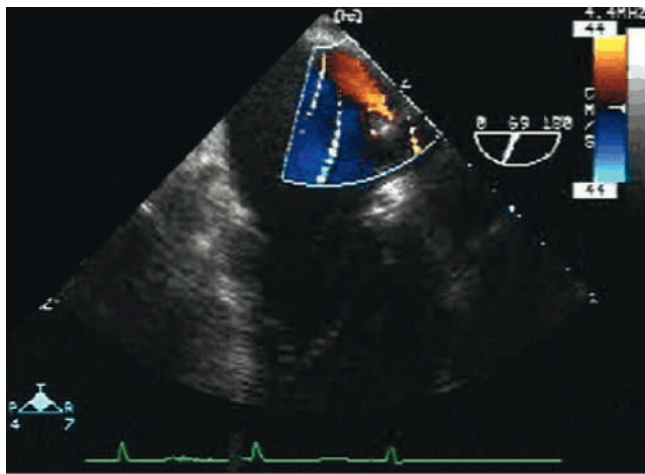
Le ventricule gauche est évalué initialement au niveau de la coupe « cinq cavités » (figure 8.18). L'identification



A



B



C

Figure 8.13. A. Vues de l'oreillette gauche. B. Les dimensions de l'oreillette gauche sont mesurées sur la coupe quatre cavités. L'auricule gauche est visualisée comme une discontinuité dans la paroi de l'oreillette gauche, au-dessus du feuillet postérieur de la valve mitrale. L'auricule gauche peut contenir un caillot. C. Veines pulmonaires latérale et supérieure gauche en Doppler couleur. [Voir également le clip vidéo correspondant sur le DVD.]

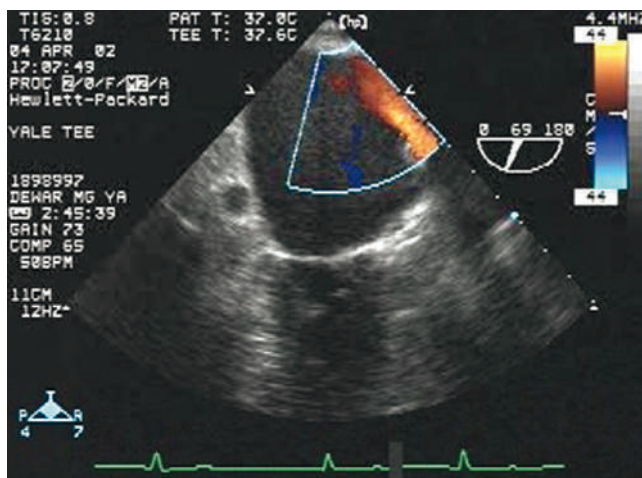


Figure 8.14. Mesure Doppler de la veine pulmonaire pour montrer les ondes A, S, D. [Voir également le clip vidéo correspondant sur le DVD.]

repose sur la présence de la chambre de chasse du ventricule gauche (la « cinquième » cavité). Une légère progression de la sonde de 1 à 2 cm et/ou une légère rétroflexion de l'extrémité de la sonde permettent

d'obtenir la coupe quatre cavités. À ce niveau, l'examen à 0° (coupe quatre cavités à mi-œsophage) (figure 8.19a) permet l'examen des parois latérales et septales, tandis qu'une rétroflexion à 0° peut permettre la visualisation de l'apex du ventricule gauche.

L'examen à 70° (figure 8.19B) permet la visualisation des parties antérolatérale et inféroseptale des parois ventriculaires ; l'examen à 90° (coupe deux cavités à mi-œsophage) (figure 8.19C) permet la visualisation des parois ventriculaires antérieure et postérieure et l'examen à 120° (coupe grand axe à mi-œsophage) (figure 8.19D) permet la visualisation des parois antéroseptale et inférolatérale.

La sonde est ensuite avancée jusqu'à 7 cm, dans l'estomac, suivie par une antéflexion de l'extrémité de la sonde, avec un petit mouvement supplémentaire de progression ou un léger retrait pour atteindre le bon niveau (figure 8.20). Il peut être nécessaire d'augmenter la profondeur de champ à 14 ou 16 cm. La première vue obtenue est une coupe petit axe transgastrique permettant l'examen de la partie moyenne du ventricule gauche (et généralement du droit) (figure 8.20). Une coupe basale du ventricule gauche (comprenant une coupe petit axe de la valve mitrale) est obtenue par une flexion supplémentaire de l'extrémité de la sonde,

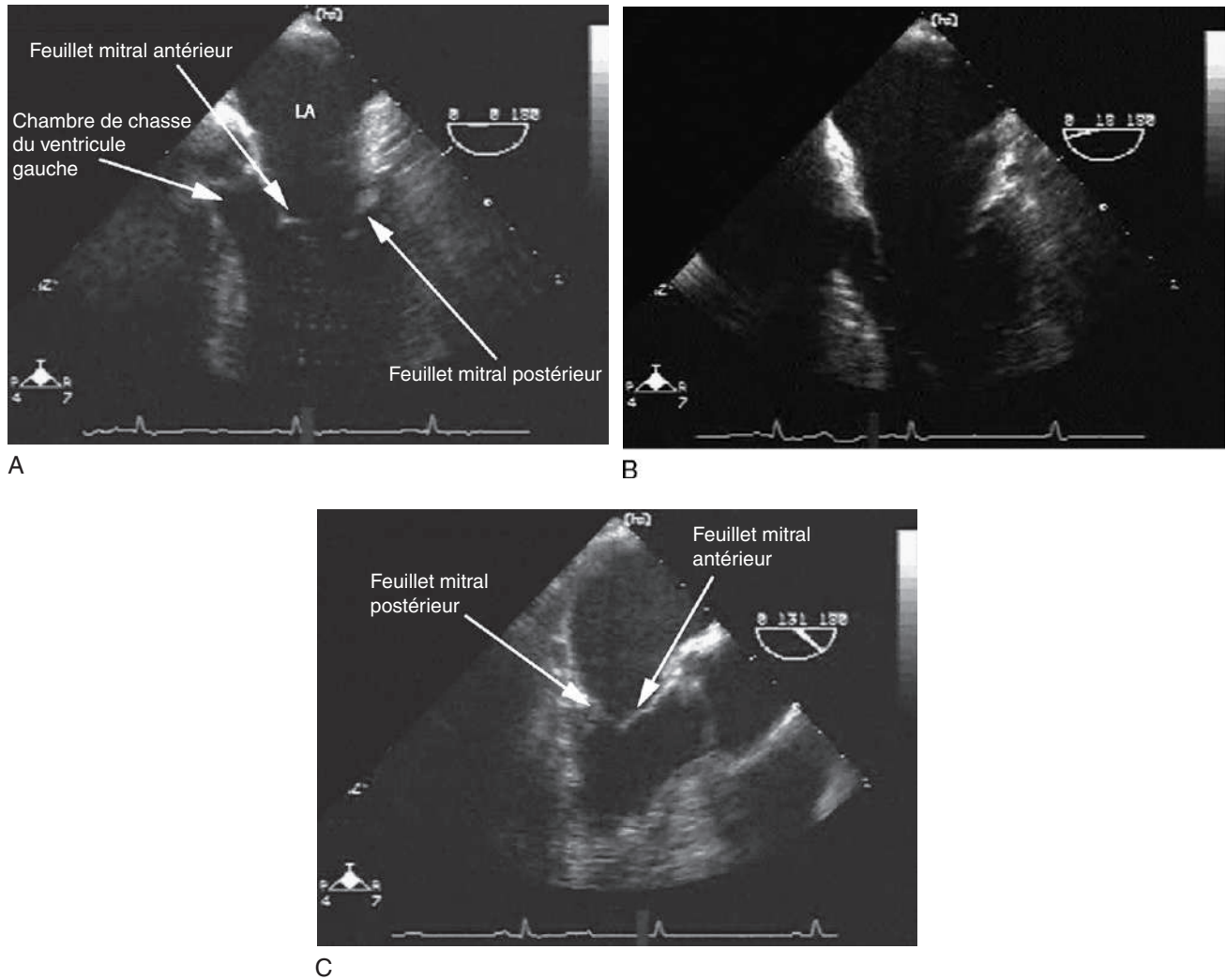


Figure 8.15. Vues de la valve mitrale. **A.** Première coupe, adjacente à la chambre de chasse du ventricule gauche, montrant le plus souvent la partie antérieure du feuillet. **B-C.** À 0, 70 et 120° de rotation, respectivement. [Voir également le clip vidéo correspondant sur le DVD.]

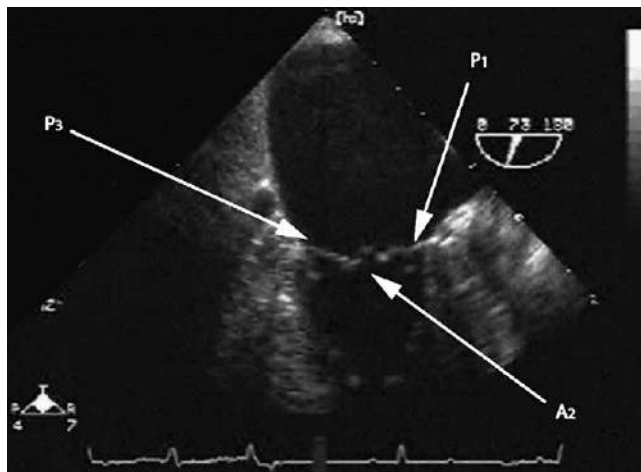


Figure 8.16. Vue bicommissurale de la valve mitrale à mi-cœsophage. [Voir également le clip vidéo correspondant sur le DVD.]

ce qui porte le plan du faisceau ultrasonore vers le haut, du niveau des muscles papillaires jusqu'au niveau de l'extrémité de la valve mitrale (figure 8.21).

La coupe transgastrique deux cavités est obtenue par rotation à 90° du plan de coupe. Cela permet la visualisation des parois antérieure et postérieure du ventricule gauche, de la valve mitrale, des cordages et des muscles papillaires. C'est la meilleure coupe pour visualiser l'apex du ventricule gauche (figure 8.22). La coupe transgastrique grand axe de la partie moyenne du ventricule gauche est obtenue par un examen à 110-120° au niveau de la moitié de l'estomac (figure 8.23A). Cette vue permet également de visualiser non seulement la valve mitrale, les cordages et les muscles papillaires, mais aussi la chambre de chasse du ventricule gauche et de la valve aortique. Cette vue peut permettre l'examen avec le faisceau Doppler, pour obtenir une mesure précise de la vitesse de l'écoulement du sang et, par conséquent, le gradient de pression à travers la valve aortique et la chambre de chasse ventriculaire gauche (figure 8.23B).

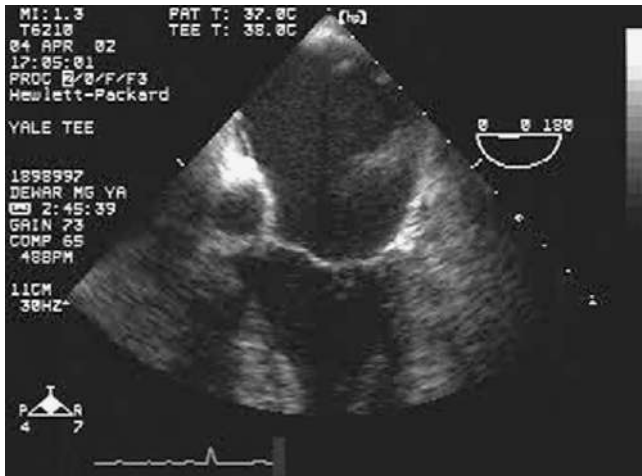


Figure 8.17. Mesure en Doppler pulsé du flux sanguin diastolique transmitral. [Voir également le clip vidéo correspondant sur le DVD.]

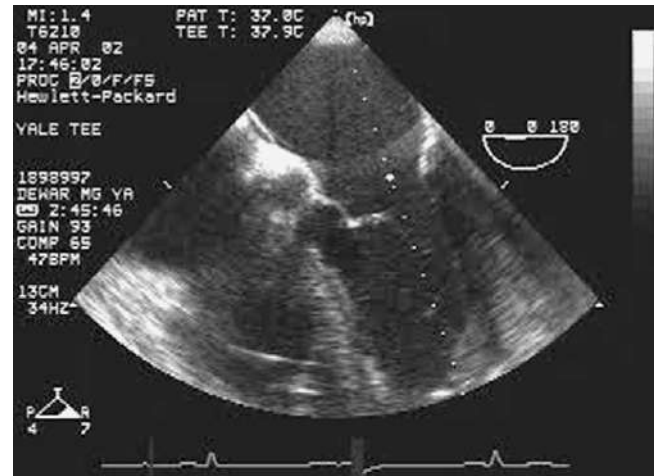
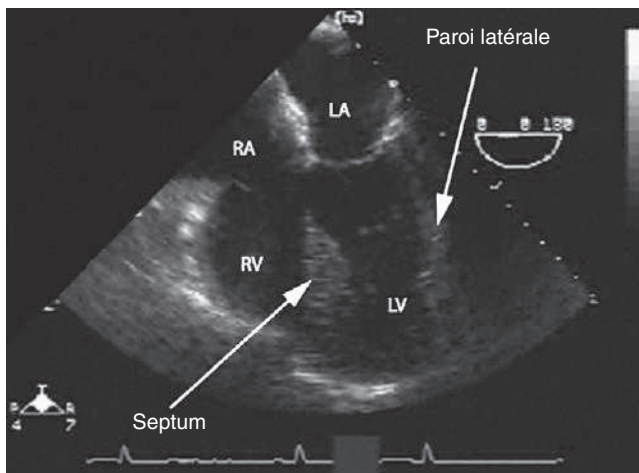
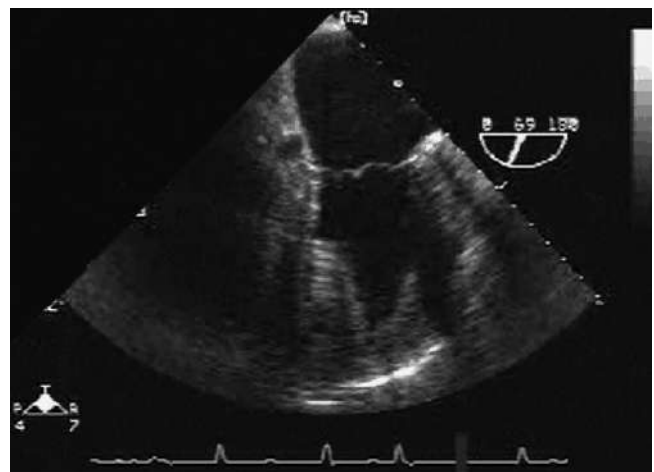


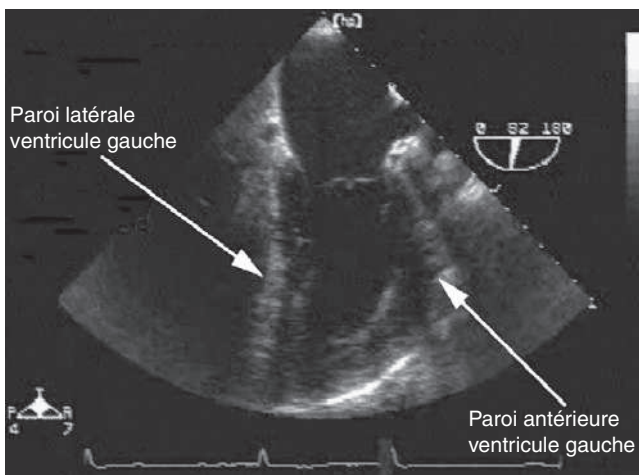
Figure 8.18. Vue cinq cavités, la cinquième cavité étant la chambre de chasse du ventricule gauche. [Voir également le clip vidéo correspondant sur le DVD.]



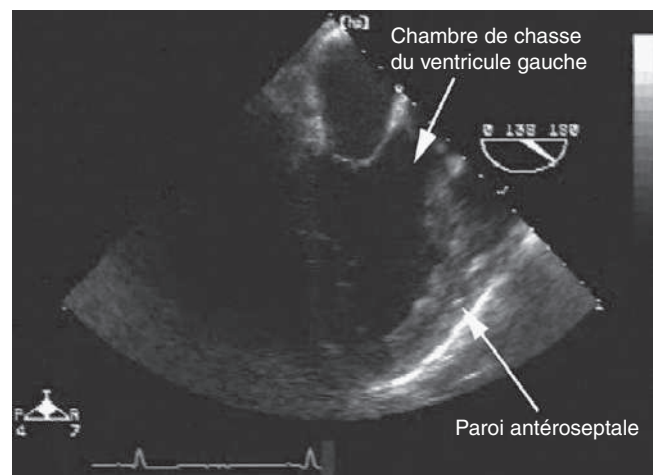
A



B



C



D

Figure 8.19. Ventricule gauche vu à partir de la quatrième cavité. **A.** À 0°. **B.** De 60 à 80°. **C.** Autour de 90°. **D.** De 120 à 150° (vue grand axe à mi-œsophage). [Voir également le clip vidéo correspondant sur DVD.]

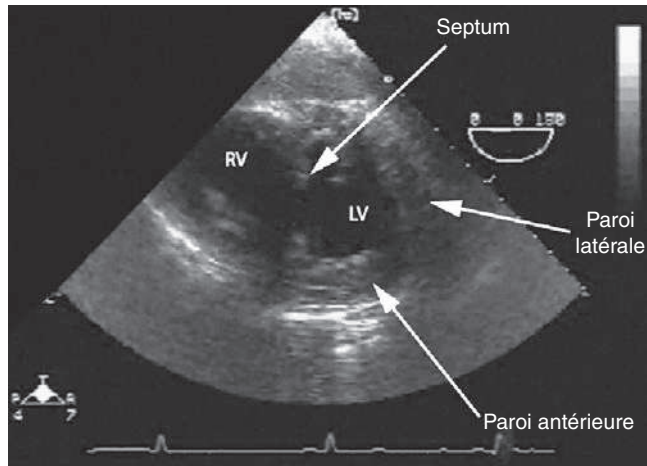


Figure 8.20. Vue transgastrique petit axe à mi-cavité, montrant les deux ventricules.

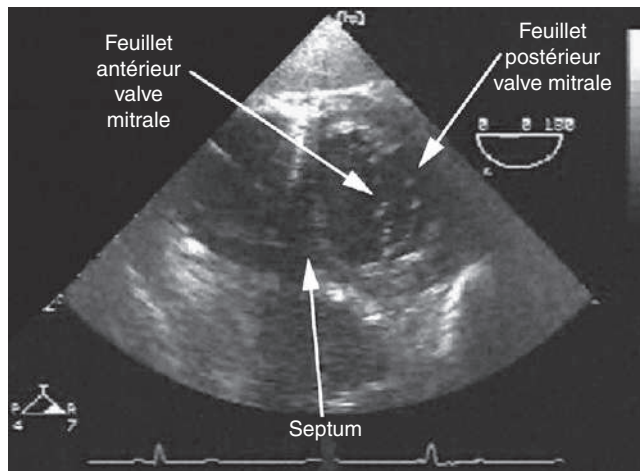


Figure 8.21. Vue basale, transgastrique petit axe montrant les feuillets de la valve mitrale. [Voir également le clip vidéo correspondant sur le DVD.]

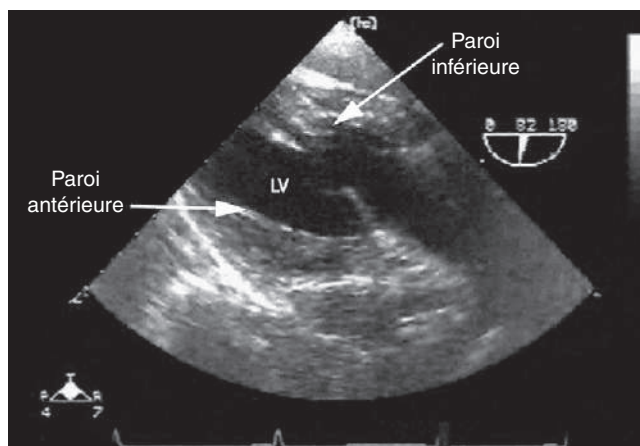
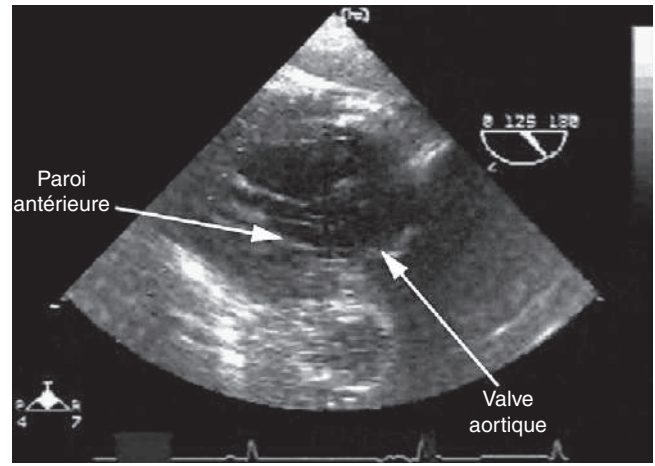
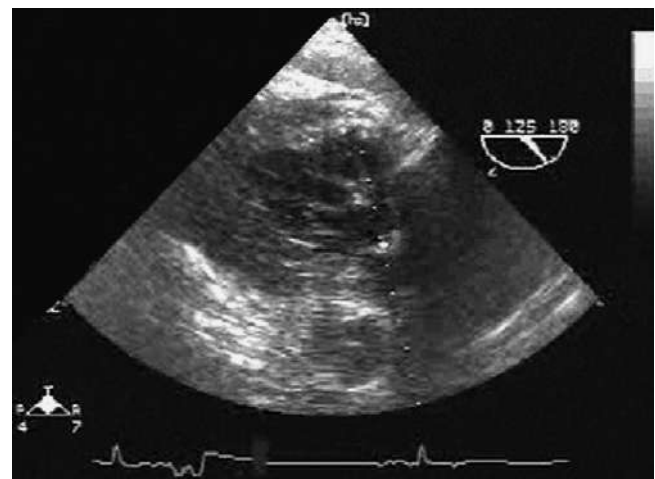


Figure 8.22. Vue transgastrique deux cavités, obtenue par une rotation du plan de coupe, de 0 à 90°. [Voir également le clip vidéo correspondant sur le DVD.]



A

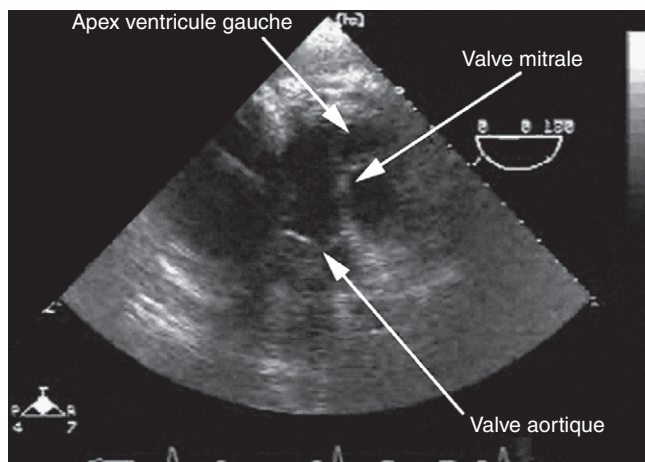


B

Figure 8.23. A. Coupe transgastrique grand axe à mi-cavité du ventricule gauche, obtenue par examen de 110 à 120° au niveau transgastrique et (B) présentant un examen Doppler de la chambre de chasse du ventricule gauche. [Voir également le clip vidéo correspondant sur le DVD.]

9. Valve aortique

Une dernière vue de la valve aortique est obtenue en avançant la sonde à l'apex du ventricule gauche, suivie par une antéflexion appuyée de l'extrémité de la sonde (figure 8.24). Une certaine flexion latérale à droite ou à gauche est souvent nécessaire pour obtenir un bon alignement du faisceau du Doppler avec la chambre de chasse du ventricule gauche, la valve aortique et l'aorte thoracique ascendante. En général, cela permet une vue inversée du ventricule gauche à partir de l'apex et une vue de la chambre de chasse du ventricule gauche et de la valve aortique à gauche de la valve mitrale. Des modifications instantanées sont apportées pour aligner la chambre de chasse du ventricule gauche et la valve aortique avec un faisceau Doppler afin de permettre une mesure précise de la vitesse d'écoulement de sang et, par conséquent, le gradient de pression à travers la valve aortique et la chambre de chasse du ventricule gauche.



■ **Figure 8.24.** Vue profonde, transgastrique, montrant l'inversion du ventricule gauche et de l'apex. [Voir également le clip vidéo correspondant sur le DVD.]

Examen transthoracique normal

L'examen transthoracique se compose d'une série structurée de coupes (fenêtres) réalisées au travers de la paroi thoracique. L'emplacement exact de chaque fenêtre varie d'un patient à l'autre. Un examen complet doit être entrepris pour chaque patient, même si certaines coupes peuvent être difficiles. Parfois, chez le patient en état critique, la voie sous-costale est la seule fenêtre possible. [Voir le DVD pour plus d'informations et d'images.] Un examen classique commence par des coupes parasternales, suivies par des vues apicales, sous-costales et suprasternales. Idéalement, les images parasternales sont enregistrées chez le patient en décubitus latéral gauche, les images apicales dans une position plus allongée et les images sous-costales en position couchée avec les jambes fléchies aux genoux ; pour un patient dans un état critique d'instabilité hémodynamique, il n'est souvent pas possible de bouger le patient ou de fléchir les genoux.

Les coupes parasternales sont enregistrées avec la sonde positionnée en parasternal, généralement dans les 3^e, 4^e ou 5^e espaces intercostaux, juste au bord gauche du sternum. Le cœur est visualisé en coupes grand axe et petit axe ; les valves aortiques, tricuspides et pulmonaires sont bien visualisées à partir de cette fenêtre. La première vue de la valve mitrale est également obtenue ainsi. La fonction ventriculaire gauche et la fraction d'éjection peuvent être évaluées par une coupe petit axe.

Pour les vues apicales, la sonde est située en palpant le choc de pointe. Les positions les plus latérales et inférieures donnent les meilleures images ; il convient de s'assurer que la pointe du ventricule gauche est vraiment visible. Les quatre cavités cardiaques sont visualisées avec l'oreillette située en bas. Les valves mitrale et tricuspide sont bien examinées sur cette coupe. Les fonctions ventriculaires gauche et droite sont également évaluées, en corrélation avec les informations obtenues à partir de la coupe parasternale petit axe.

Pour les vues sous-costales, la sonde est située sous la cage thoracique. Le cœur est visualisé à partir de sa face

inférieure. Toutes les images obtenues à partir des fenêtres parasternale et apicale peuvent être reproduites à partir de cette position de la sonde.

C'est la fenêtre de choix pour éliminer un épanchement péricardique chez un patient avec une hypotension aiguë. Parce que le cœur est visualisé avec une plus grande distance par rapport aux autres fenêtres, les réglages de gain doivent souvent être augmentés.

Pour les vues suprasternales, la sonde est située dans la fourchette suprasternale, la tête des patients dirigée vers la gauche. Cette fenêtre a une grande utilité dans l'examen complet d'une sténose de la valve aortique et pour rechercher une coarctation aortique. C'est une coupe de moindre utilité chez un patient en état critique.

Parfois, la présence d'un épanchement pleural nécessite une fenêtre supplémentaire. Le cœur peut être examiné par voie thoracique postérieure, au travers de l'épanchement.

POINTS CLÉS

- Le rôle de l'échocardiographie en chirurgie cardiaque et en réanimation est bien établi et continue de croître.
- Un examen échocardiographique de routine devrait se focaliser sur l'indication et/ou la raison de l'examen demandé.
- Dès que l'examen standard est réalisé, une réflexion doit être menée afin de savoir si des images complémentaires pourraient améliorer un point spécifique.
- L'acquisition d'images est dictée par l'image souhaitée, l'orientation ou l'alignement de la sonde ne sont pas spécifiques, ce ne sont que des indications.
- Revoir les examens avec un collègue expert contribue à améliorer la qualité des images obtenues et l'interprétation globale de l'examen.

RÉFÉRENCES

1. Shanewise JS, Cheung AT, Aronson S, et al : ASE/SCA guidelines for performing a comprehensive intraoperative multiplane transthoracic echocardiography examination : Recommendations of the American Society of Echocardiography Council for Intraoperative Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists Task Force for Certification in Perioperative Transesophageal Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 12 : 884-900, 1999.
2. Thys DM, Abel M, Bollen BA, et al : Practice guidelines for perioperative transesophageal echocardiography. A report by the American Society of Anesthesiologists and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists Task Force on Transesophageal Echocardiography. *Anesthesiology* 84 : 986-1006, 1996.

POUR ALLER PLUS LOIN

- Oh JK, Seward JB, Tajik AJ (eds) : *The Echo Manual*, 3rd Edition. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2007.
- Anderson B : *Echocardiography : The Normal Examination of Echocardiographic Measurements*, Blackwell, 2002.
- Recommendations for Chamber Quantification B : A Report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee. *J Am Soc Echo* 18 : 1440-1463, 2005.

Échocardiographie chez les patients critiques

9

FRANCES COLREAVY



L'échocardiographie a été utilisée chez les patients critiques depuis le début des années 1990. Elle a ensuite évolué pour devenir un puissant outil de diagnostic et de prise en charge. Les publications initiales décrivaient surtout l'utilisation de l'échocardiographie transœsophagienne (ETO), alors que l'échocardiographie transthoracique (ETT) était considérée comme limitée dans ses capacités diagnostiques en unité de soins intensifs [1-5]. La plupart des études ont rapporté que moins de la moitié des examens d'ETO étaient techniquement corrects, notamment chez les patients sous ventilation mécanique [6-8]. Toutefois, dans les années 1990, deux avancées technologiques majeures ont significativement amélioré les capacités diagnostiques de l'échocardiographie. L'imagerie d'harmonique a permis d'améliorer la détection et la définition des limites de l'endocarde et a substantiellement réduit les artefacts de proximité [9,10]. En outre, les images acquises et archivées sous forme numérique préservent la qualité de l'image par rapport au vieux système de l'enregistrement sur cassettes vidéo analogiques [11]. Aujourd'hui, le plus souvent, l'ETT est considérée comme l'examen échocardiographique de premier choix pour les patients critiques et l'ETO est réservée à des situations spécifiques [12].

Les indications de l'échographie chez les patients critiques se répartissent en deux catégories principales [13] :

1. diagnostic morphologique dans les syndromes cliniques spécifiques ;
2. évaluation et monitoring hémodynamique.

Diagnostic morphologique dans les syndromes cliniques spécifiques

Dans la pratique des soins intensifs, l'échocardiographie est souvent utilisée pour évaluer le cœur et les gros vaisseaux chez un patient ayant un syndrome clinique qui suggère un diagnostic particulier. Par exemple, chez un patient hypotendu, l'échographie est utilisée pour identifier ou exclure une cause de choc cardiogénique.

Chez un patient septique, sans cause évidente, l'échographie peut être utilisée pour exclure une endocardite. Chez un patient hypoxique hémodynamiquement instable, une embolie pulmonaire peut être le diagnostic à rechercher. Même si l'examen échocardiographique est toujours structuré autour d'un ensemble basique d'images dimensionnelles, l'examen chez un

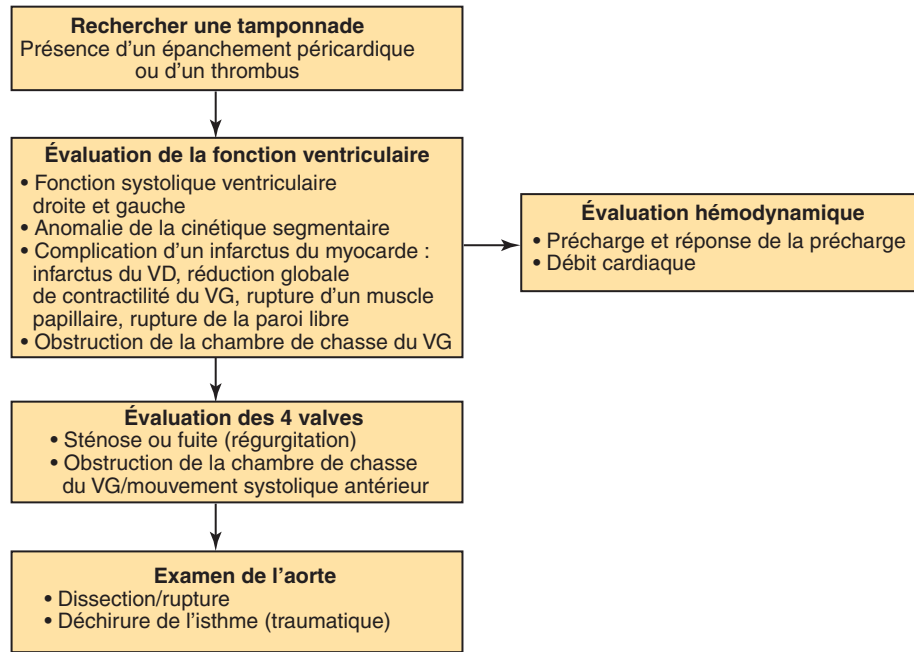
patient critique doit être focalisé sur la question clinique la plus importante. Les questions ci-dessous mènent à des exemples d'utilisation de l'échocardiographie dans des situations cliniques communes chez des patients critiques.

1. Y a-t-il une cause cardiaque à l'hypotension ?

L'objectif de l'examen est d'écartier un diagnostic menaçant le pronostic vital. La sensibilité de l'ETT pour diagnostiquer une cause de choc cardiogénique a été évaluée à près de 100 % [12]. La [figure 9.1](#) est un guide de procédure utile pour l'examen échocardiographique.

Examen pour une tamponnade

Une étape initiale est utile pour rechercher un épanchement péricardique et, s'il est présent, pour déterminer sa taille et sa répercussion hémodynamique. La voie sous-costale de l'ETT a la plus grande utilité à cet égard, bien qu'avec un péricarde intact, un épanchement puisse également être visualisé par une fenêtre parasternale ou apicale. La caractéristique échocardiographique d'un épanchement péricardique est la visualisation d'un fluide écholumineux dans l'espace péricardique ([figure 9.2](#)). Parce que les pressions cardiaques du côté droit sont plus faibles que du côté gauche, les effets de l'accumulation de liquide sont généralement visualisés en premier lieu dans les cavités droites. Le collapsus diastolique du ventricule droit (VD) est indicateur d'un épanchement péricardique hémodynamiquement significatif. L'inversion de l'oreillette droite, qui tend à se produire en fin de diastole ventriculaire et à persister en début de systole, est un signe échocardiographique extrêmement sensible, mais moins spécifique d'une instabilité hémodynamique. La démonstration, avec le Doppler pulsé, de la variation respiratoire du flux intracardiaque d'une certaine ampleur aide à l'évaluation clinique de la tamponnade. La vitesse du flux mitral diminue après une inspiration et augmente après une expiration (> 25 %) en cas de tamponnade cardiaque. La vitesse du flux tricuspide a des variations contraires (> 75 % de variation) ; autrement dit, elle augmente après l'inspiration et diminue après l'expiration. Il est important de comprendre que la tamponnade est un syndrome clinique et que l'examen échocardiographique doit être interprété en fonction de l'état hémodynamique du patient. En



■ **Figure 9.1.** Évaluation échocardiographique chez les patients hypotendus critiques.

particulier, une compression cardiaque localisée par un thrombus, par exemple après une chirurgie cardiaque, peut conduire à une altération hémodynamique majeure sans produire les signes échocardiographiques classiques de tamponnade. Dans cette situation, l'ETO peut être supérieure à l'ETT, puisque l'accès peut être limité (incision chirurgicale et drains thoraciques) et que des caillots sont souvent situés près de l'oreillette, dans un champ éloigné du faisceau d'ETT [14].

Évaluer la fonction ventriculaire

Une dysfonction sévère du ventricule gauche (VG) est la découverte la plus commune des séries échocardiographiques de patients critiques [15] (figures 9.3a à 9.3c). Les voies transthoraciques sous-costales sont souvent suffisantes pour visualiser les fonctions ventriculaires droite et gauche lorsque d'autres voies sont difficiles. Chez les patients critiques, l'évaluation globale de la fonction ventriculaire gauche est le plus souvent réalisée par l'estimation visuelle de la fraction d'éjection (FE). La FE est le pourcentage du volume diastolique du VG qui est éjecté à chaque battement du cœur. Une FE normale est supérieure à 50 % [16]. Il faut savoir que la FE est le résultat d'interactions complexes entre les conditions de charge ventriculaire et l'état contractile du ventricule, et qu'elle peut ne pas toujours refléter la vraie contractilité ventriculaire. Par exemple, chez un patient qui saigne, la réduction rapide de la précharge réduit la FE, indépendamment de la contractilité. La fonction du VD est évaluée par la visualisation séparée de trois caractéristiques du VD : le remplissage, la paroi libre et la chambre de chasse [16]. La présence d'anomalies segmentaires du mouvement des parois (réduction de l'épaississement systolique des segments de paroi du myocarde) est évocatrice d'ischémie myocardique. Ceci est normalement le signe d'une pathologie coronaire, en particulier si elle

se situe dans un secteur de perfusion d'une artère coronaire (figure 9.4). Toutefois, chez un patient critique, une septicémie sévère peut également causer une réduction régionale de la fonction systolique [17]. Lors d'un sepsis, parmi les survivants, le VG est typiquement dilaté et présente une réduction de contractilité. Les anomalies de la fonction diastolique ont également été démontrées chez des patients septiques [18].

Complications de l'infarctus du myocarde

L'hypotension post-infarctus du myocarde est le plus souvent due à une dysfonction globale du VG (surtout si l'infarctus implique plus de 40 % du VG) ou du VD. L'infarctus transmural est plus susceptible d'entraîner des complications liées à une rupture. Ceci se produit jusque chez 3 % des patients. Chez le patient hémodynamiquement instable, il est essentiel d'exclure la rupture - rupture des muscles papillaires, rupture du septum ventriculaire et rupture de la paroi libre - avant de conclure que le choc cardiogénique est basé sur un dysfonctionnement de la pompe [19].

Nécrose du muscle papillaire

La nécrose du muscle papillaire avec une rupture et un volet valvulaire conduit à une régurgitation mitrale aiguë qui nécessite une intervention chirurgicale urgente. L'atteinte la plus fréquente est celle du muscle papillaire postéromédian, vraisemblablement en raison de sa perfusion à partir d'une seule artère coronaire. Les caractéristiques échocardiographiques incluent le prolapsus d'une ou des deux valves, un volet valvulaire ou une portion libre du muscle papillaire attaché à une valve. Une fuite excentrée ou un jet de régurgitation de petite taille au cours de la fuite mitrale aiguë peuvent compliquer l'identification par l'ETT ; le seuil pour réaliser une ETO doit être bas [20].

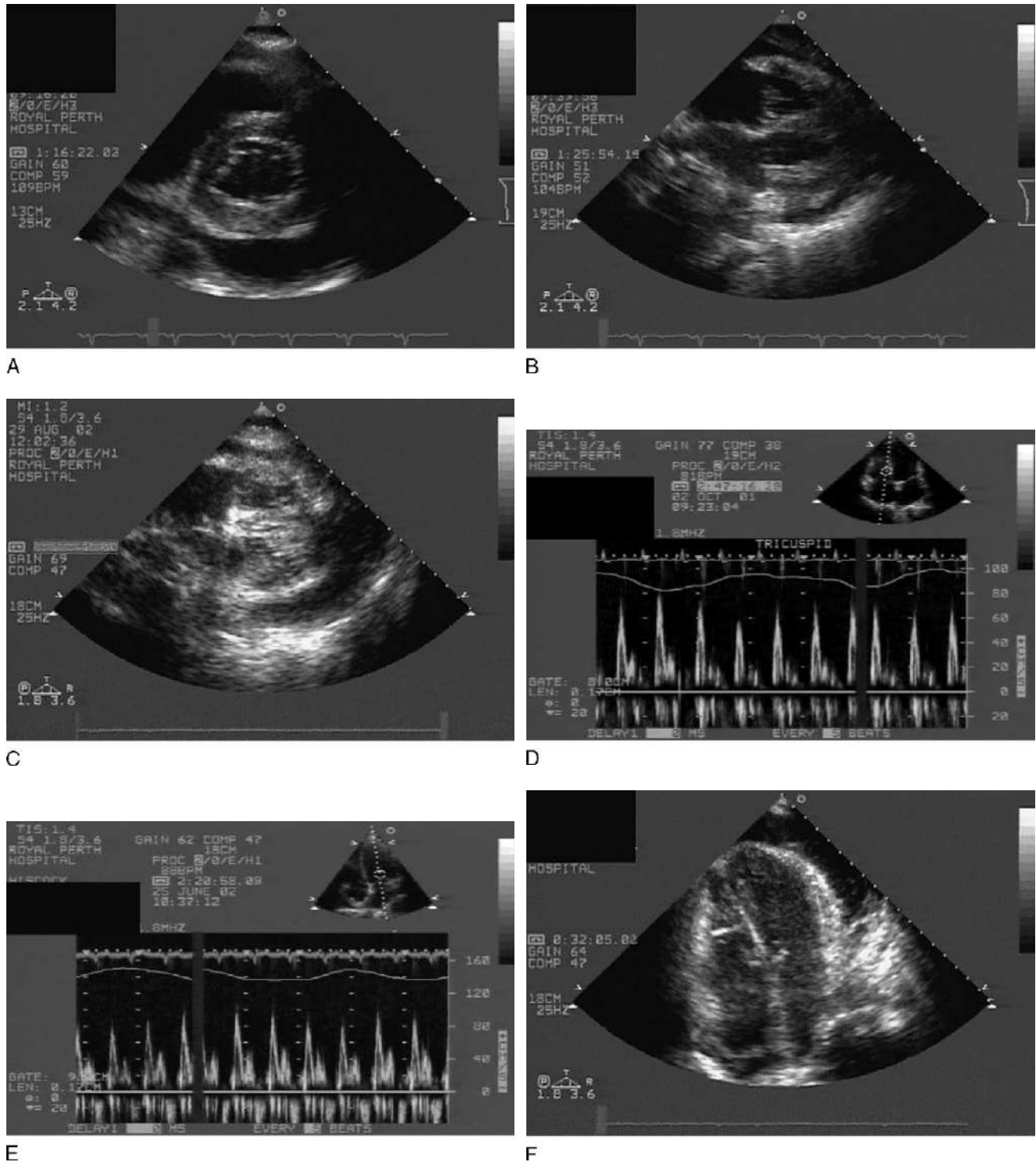


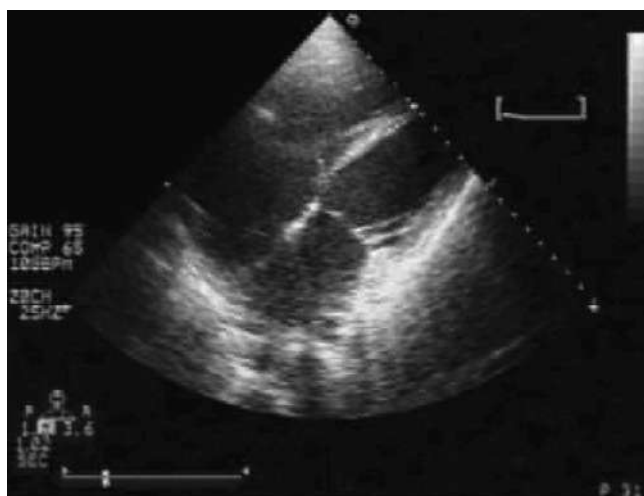
Figure 9.2. Épanchement péricardique visualisé par échographie transthoracique. **A.** Coupe parasternale petit axe montrant un épanchement péricardique circonférentiel de taille modérée. **B.** Vue sous-costale montrant un épanchement péricardique circonférentiel de taille modérée. Notez l'indentation de la paroi libre du VD en diastole, qui est l'un des signes échocardiographiques de la tamponnade. **C.** Vue sous-costale montrant un épanchement péricardique de taille modérée. Notez l'inversion de la paroi de l'oreillette droite en fin de diastole, qui est une indication échocardiographique de tamponnade. **D.** Doppler pulsé, mesure de la vitesse de flux tricuspide chez un patient présentant un épanchement péricardique de taille modérée. La vitesse augmente après l'inspiration et diminue après l'expiration. Ceci est un des signes échocardiographiques de tamponnade. **E.** Doppler pulsé montrant la vitesse du flux mitral chez un patient ayant un épanchement péricardique de taille modérée. La vitesse décroît avec l'inspiration et augmente après l'inspiration. Ceci est un des signes échocardiographiques de tamponnade. **F.** Vue apicale quatre cavités. La plus grande collection de liquide se trouve au sommet du VG, là où l'épanchement a été drainé. Notez la faible distance entre la paroi thoracique et l'épanchement. [Voir aussi les vidéos correspondantes sur le DVD joint.]



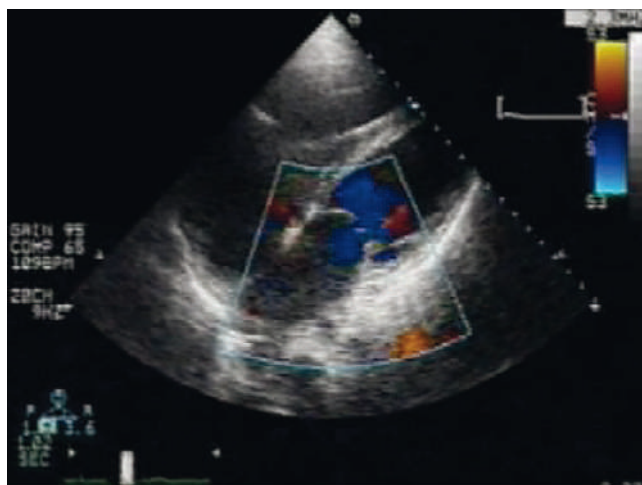
A



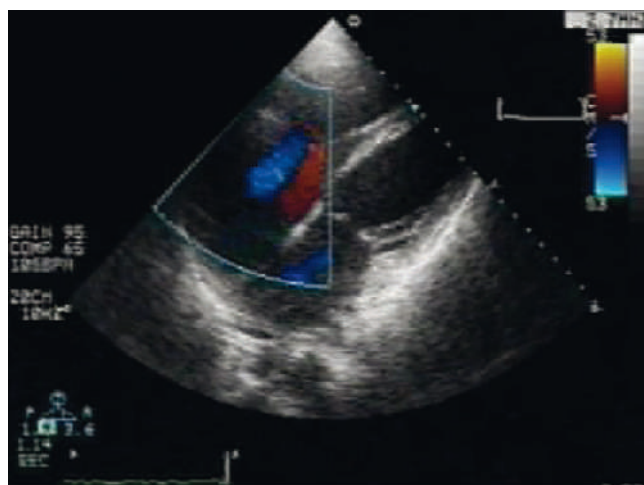
B



C



D



E

Figure 9.3. Hypotension : observation en échographie transthoracique. **A.** Coupe parasternale grand axe visualisée chez un patient qui présentait une hypotension. Aucun élément anamnestique n'était disponible au moment de la prise en charge. Il n'y a aucune preuve d'un épanchement péricardique ou pleural. L'oreillette gauche est élargie ; la fonction ventriculaire gauche est altérée. **B.** Vue parasternale petit axe montrant une diminution globale de la fonction systolique du VG. La FE (à partir des vues composites) a été estimée à 15–20 %. **C.** Vue sous-costale montrant une diminution globale de la fonction ventriculaire gauche et droite. Il n'existe aucune preuve d'un épanchement péricardique. Les cavités cardiaques droites sont dilatées, ce qui suggère la possibilité d'une embolie pulmonaire. L'angioscanner pulmonaire n'a montré aucun signe de maladie thromboembolique. **D.** Flux Doppler couleur au travers de l'orifice mitral par voie sous-costale, montrant une régurgitation mitrale modérée. **E.** Doppler couleur au travers de l'orifice tricuspide par voie sous-costale montrant une insuffisance tricuspide d'intensité légère à modérée. [Voir aussi les vidéos correspondantes sur le DVD joint.]



Figure 9.4. Hypokinésie de la paroi inférieure du ventricule gauche. Vue échographique transœsophagienne petit axe (hors axe) du VG. Hypokinésie de la paroi inférieure. Comparez l'épaississement de la paroi inférieure et de la paroi antérieure du myocarde. Ce patient diabétique a été intubé et ventilé pour une pneumonie avec un arrêt cardiaque sur une fibrillation ventriculaire. Un infarctus aigu du myocarde inférieur a été diagnostiqué. [Voir aussi les vidéos correspondantes sur le DVD joint.]

Ruptures du septum interventriculaire

Les ruptures du septum interventriculaire apparaissent habituellement 3 à 6 j après un infarctus du myocarde avec la survenue soudaine d'une hypotension, un frémissement apical et un nouveau souffle pansystolique. L'échocardiographie de surface (ETT) a une sensibilité jusqu'à 70 %, alors que l'ETO a une sensibilité et une spécificité de 100 %. La zone du myocarde lésée est le plus souvent visualisée au niveau de la coupe parasternale petit axe pour la rupture du septum postéroapical (la plus courante), alors que la vue apicale quatre cavités apporte la démonstration de la communication

interventriculaire antérieure, qui survient généralement dans le tiers distal de la cloison.

Les anomalies associées sont la dilatation du VD et de l'oreillette droite et le bombement du septum interauriculaire vers la gauche secondaire à une élévation des pressions de remplissage. Le Doppler couleur est utile pour localiser la position exacte et la largeur du défaut.

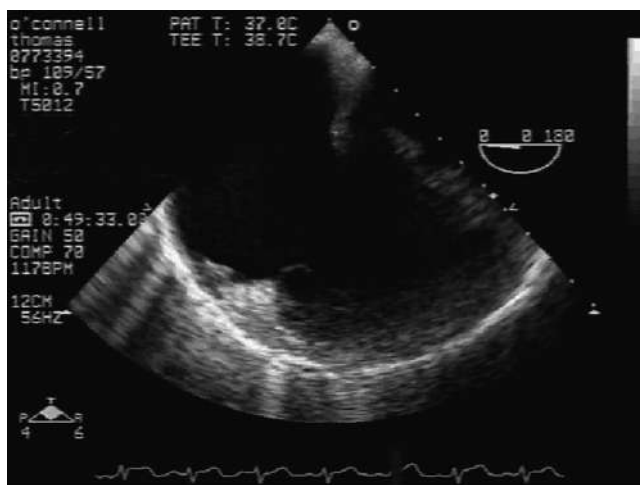
Rupture de la paroi libre du ventricule

La rupture de la paroi libre du ventricule se présente habituellement comme un événement catastrophique aigu qui conduit rapidement à un décès s'il n'est pas traité chirurgicalement. Elle est plus susceptible de survenir chez des patients avec un infarctus de la paroi postéro-latérale associé à une occlusion de l'artère coronaire circumflexe gauche ou de l'artère interventriculaire antérieure.

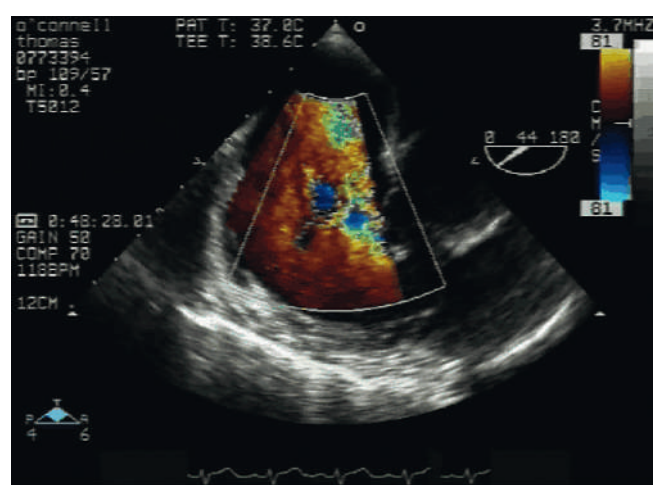
L'échocardiographie a une sensibilité élevée en cas de rupture et le signe caractéristique en est un épanchement péricardique ; l'absence d'épanchement exclut pratiquement la rupture. L'augmentation de la taille de l'épanchement et la présence d'un thrombus dans l'épanchement péricardique accentuent de manière significative la spécificité du diagnostic de rupture. Un thrombus intrapéricardique apparaît comme une masse échodense à l'intérieur de l'épanchement. La visualisation directe de la déchirure est possible dans 40 % des cas avec une ETO.

Évaluation des quatre valves cardiaques

Une évaluation approfondie des valves aortique, mitrale, tricuspide et pulmonaire doit être effectuée chez tous les patients présentant une hypotension pour rechercher une sténose significative ou une régurgitation (figure 9.5).



A

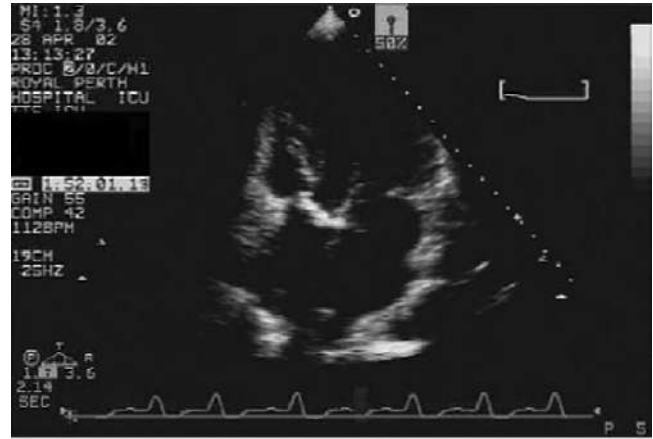


B

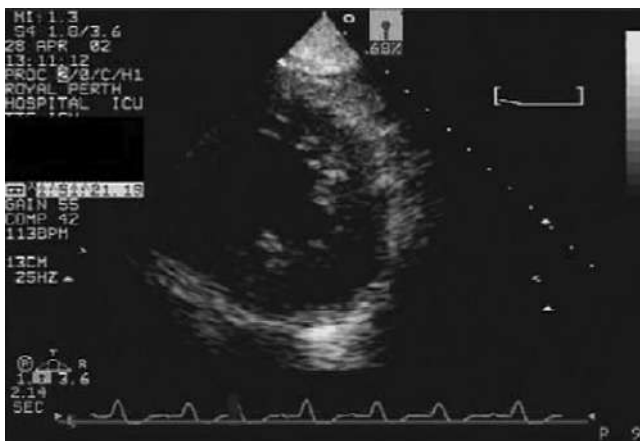
Figure 9.5. Images de rupture de la valve tricuspide par échocardiographie transœsophagienne. **A.** Rupture des muscles papillaires responsable du battement du feuillet antérieur de la valve tricuspide. Le patient a été impliqué dans un accident de la circulation 2 j auparavant. Il a été intubé (à cause d'un état d'agitation) et une élévation de la pression veineuse centrale a été notée. **B.** Doppler couleur montrant une fuite modérément sévère, secondaire à une lésion de la valve tricuspide. Le patient a ensuite bénéficié d'une réparation de la valve tricuspide. [Voir aussi les vidéos correspondantes sur le DVD joint.]



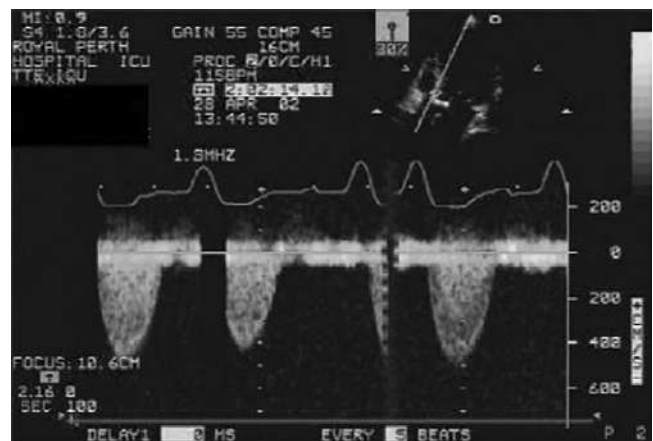
A



B



C



D



E

Figure 9.6. Image d'un rétrécissement aortique calcifié par échocardiographie transthoracique. **A.** Vue parasternale grand axe. Le patient avait un œdème aigu du poumon. Notez l'épaississement de la valve aortique. **B.** Vue apicale quatre cavités. Il y a une calcification de la valve aortique et les feuillets semblent immobiles. **C.** Vue parasternale petit axe du VG chez un patient présentant une sténose aortique sévère, montrant une réduction de la fonction systolique. **D.** Doppler continu : courbe de vélocité du flux de la sténose aortique en position apicale. Les vues parasternale et suprasternale ont également été évaluées pour s'assurer que la vitesse maximale a été obtenue. La vitesse maximale était de 5,2 m/s, le gradient de pointe était estimé (équation de Bernoulli) à 108 mm Hg. Ceci est cohérent avec une sténose aortique sévère. **E.** Le signal Doppler continu au travers de la valve aortique montre le flux allant vers et s'éloignant du capteur. Le flux fuyant la sonde est systolique et la vitesse est supérieure à 5 m/s : il s'agit d'une sténose aortique. Le flux vers la sonde est diastolique et la vitesse est de 4 m/s : il s'agit d'une régurgitation aortique. Par conséquent, il s'agit d'une valvulopathie aortique mixte. La lésion prédominante est une sténose aortique. La chirurgie est indiquée lorsque le patient a un œdème pulmonaire. [Voir aussi les vidéos correspondantes sur le DVD joint.]

Une valve sténosée est généralement épaissie et calcifiée et son ouverture est limitée (figure 9.6). Tous ces aspects peuvent être visualisés par l'échocardiographie bidimensionnelle. L'examen bidimensionnel est utile pour identifier l'étiologie de la sténose, comme une valve aortique bicuspide, une valve mitrale rhumatismale ou une maladie cardiaque carcinomateuse.

Toutefois, cette évaluation est semi-quantitative. Tous les patients présentant une sténose valvulaire nécessitent un examen Doppler complet. La vitesse d'écoulement du sang augmente au travers de l'orifice lorsque le calibre d'une valve diminue. Les gradients de pression transvalvulaire peuvent être évalués par la vitesse Doppler, obtenue à partir de l'équation modifiée de Bernoulli.

Toutes les fenêtres échographiques disponibles doivent être utilisées pour être certain que le faisceau d'ultrasons est parallèle à la direction du jet à travers la sténose. À cet égard, une ETT offre une plus grande flexibilité que l'ETO.

L'imagerie en couleurs est utile pour réaliser l'alignement du faisceau Doppler continu, parallèle à la direction du jet de la circulation sanguine. L'équation de continuité permet, avec sécurité, d'estimer la superficie de la valve à l'aide du volume d'éjection d'un autre orifice cardiaque. Le temps de demi-pression, qui est l'intervalle de temps pour que le pic de pression maximale atteigne la moitié de sa valeur initiale, est un autre paramètre Doppler utile pour évaluer la sévérité de la sténose mitrale. La chute de la pression est d'autant plus lente que l'orifice mitral diminue, donc, le temps de demi-pression est allongé [13]. L'échocardiographie bidimensionnelle est utile dans l'évaluation de la régurgitation valvulaire, car elle met en évidence le substrat anatomique à la régurgitation (par exemple prolapsus de la valve mitrale, endocardite, dilatation annulaire) et permet la mesure de la taille de la fonction systolique globale du VG.

Toutefois, l'évaluation de la régurgitation valvulaire ne peut pas être effectuée par une échocardiographie bidimensionnelle seule. La principale modalité échocardiographique pour évaluer de façon semi-quantitative la régurgitation valvulaire est l'imagerie Doppler couleur, qui affiche le flux sanguin intracavitaire.

Les critères pour déterminer la gravité d'une régurgitation sur l'imagerie Doppler couleur sont fondés sur la largeur et la surface du jet de régurgitation. Les critères Doppler supplémentaires pour l'évaluation de la régurgitation valvulaire incluent la mesure de la vena contracta¹ et la mesure PISA (Proximal Isovelocity Surface Area : surface proximale d'isovélocité) [21].

Obstruction de la chambre de chasse du ventricule gauche et mouvement systolique antérieur

L'obstruction significative de la chambre de chasse du VG causée par mouvement systolique antérieur de la valve mitrale peut survenir chez des patients critiques après réparation de la valve mitrale ou chez des patients dans un état hyperdynamique ou hypovolémique [22]. L'anomalie simule ce qui est observé en cas de cardiomyopathie hypertrophique, même si une hypertrophie septale est absente. L'obstruction est dynamique et elle est exacerbée par l'augmentation de la contractilité (par exemple inotropes, contre-pulsion par ballonnet intra-aortique) ou par une réduction de la taille du VG (hypovolémie). Le degré d'obstruction peut varier, mais un gradient de crête supérieur à 50 mmHg reflète une obstruction significative et est associé à une régurgitation mitrale. L'échocardiographie bidimensionnelle montre que le feuillet mitral antérieur et le cordage tendineux se déplacent vers l'avant et entrent en contact avec le septum pendant la systole. Le Doppler couleur révèle un jet dirigé vers l'arrière, de la régurgitation mitrale. L'affichage spectral du flux Doppler continu

de la régurgitation mitrale a un aspect caractéristique en forme de poignard (figure 9.7).

Examen de l'aorte

L'aorte thoracique peut être visualisée dans son intégralité grâce à l'ETO multiplan (figure 9.8). La sensibilité de l'ETO pour faire le diagnostic de dissection aortique est, entre des mains expérimentées, équivalente à la tomodesintométrie (TDM), à l'imagerie par résonance magnétique (IRM) ou à l'angiographie [23]. L'échocardiographie bidimensionnelle révèle un flap intimal, qui est la marque de la dissection aortique. Les artéfacts linéaires sont généralement plus épais qu'un véritable flap intimal, avec un aspect presque horizontal dans la lumière aortique en vue transversale et une vitesse du flux sanguin identique sur les deux côtés de l'image linéaire. En outre, en cas de dissection aortique, un orifice d'entrée et un épanchement péricardique peuvent être présents [24]. L'hématome de la paroi aortique peut être un précurseur de la dissection aortique avec une présentation clinique identique. Un hématome intramural ne peut pas être diagnostiqué par l'angiographie, puisqu'il n'y a pas de faux chenal. L'échocardiographie bidimensionnelle identifie un hématome de paroi (> 0,7 mm) comme un épaississement circulaire ou en croissant de la paroi aortique ou une zone échographique lumineuse dans la paroi de l'aorte (figure 9.9). Le diamètre aortique maximal (> 48 mm) et l'épaisseur de l'hématome (> 11 mm) sont des facteurs échocardiographiques prédictifs d'une issue défavorable d'un hématome intramural de type A et une intervention chirurgicale précoce doit être envisagée [25]. L'ETO est à la fois sensible et spécifique pour le diagnostic de rupture aortique traumatique [26]. Les signes échographiques d'une lésion aortique sont une brèche ou un flap intimal, un hématome intramural et un pseudoanévrisme aortique. Les principales branches non coronaires de l'aorte ne peuvent être convenablement examinées par une ETO.

2. Suspicion d'endocardite

Une échocardiographie est requise lorsqu'une endocardite est suspectée chez un patient critique (figure 9.10). Toutefois, le rendement diagnostique est faible lorsque l'échocardiographie est utilisée comme examen de dépistage chez des patients présentant une fièvre ou une bactériémie d'origine inconnue [5]. En cas de suspicion d'endocardite infectieuse, les critères modifiés de Duke associent la clinique, la microbiologie et les informations échocardiographiques [27]. Si l'infection s'est installée de façon aiguë ou si elle est limitée aux valves des cavités droites, les phénomènes vasculaires (embolie artérielle majeure, anévrisme mycotique, lésions de Janeway) et les stigmates immunologiques (glomérulonéphrite, nodules d'Osler, taches Roth) de l'endocardite peuvent être absents (une endocardite infectieuse droite peut se présenter comme une embolie pulmonaire septique). Le résultat d'échocardiographie compatible avec une endocardite est une masse échodense sur une valve (native ou prothétique), sur la surface de l'endocarde ou sur un dispositif intracardiaque (câble de pacemaker, voie centrale, dispositif type Amplatzer de fermeture percutanée) (figure 9.11). Typiquement, la lésion se déplace de manière chaotique,

¹ Plus petit diamètre de l'aliasing couleur. (N.d.T.)

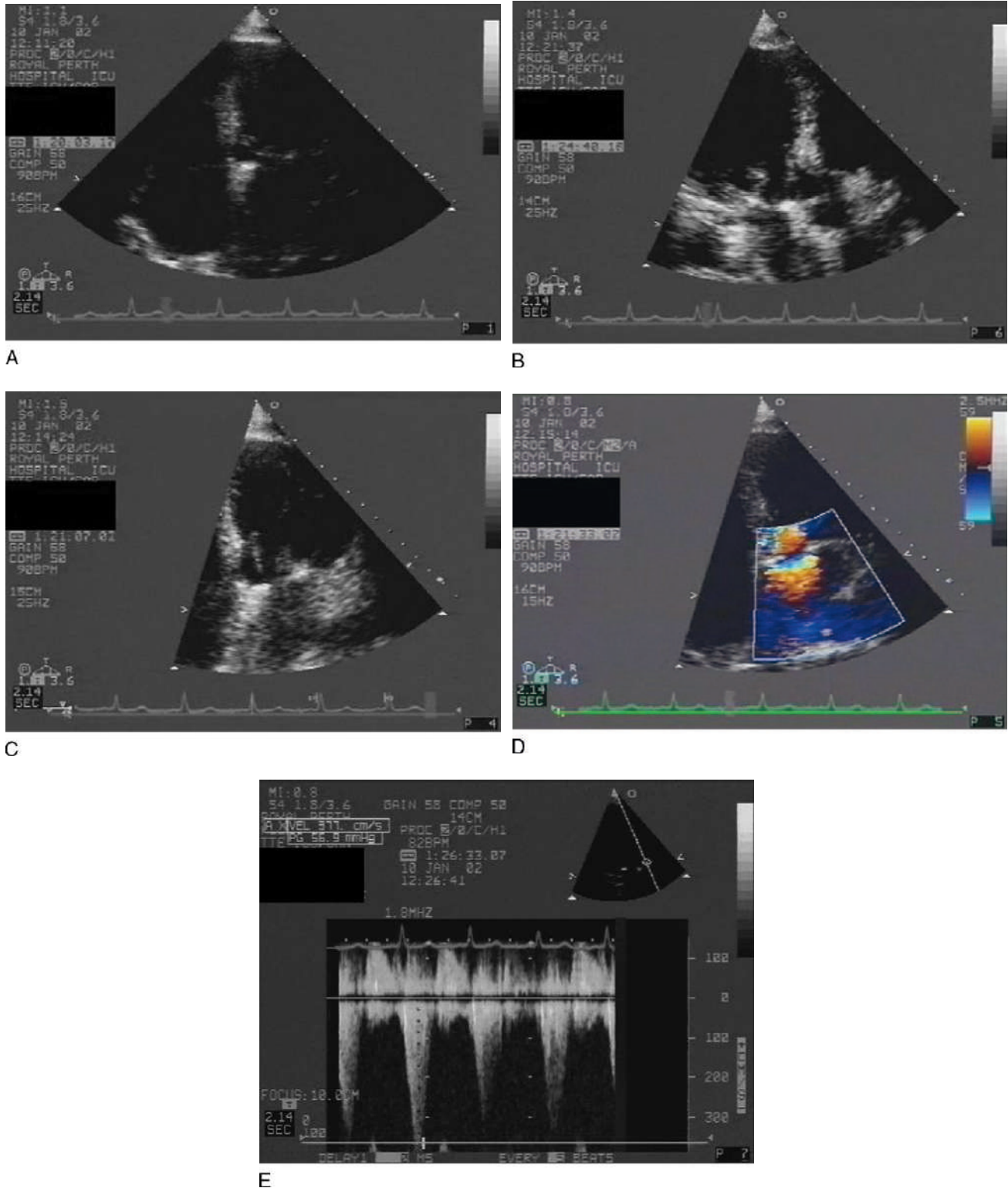
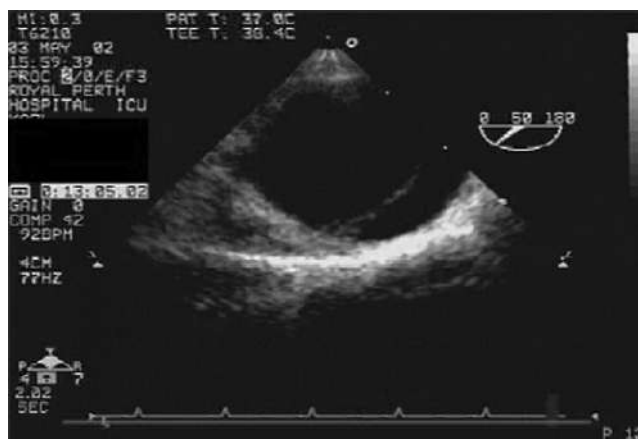


Figure 9.7. Mouvement systolique antérieur de la valve mitrale en échographie transthoracique. **A.** Vue apicale quatre cavités. Mouvement systolique antérieur de la valve mitrale après réparation de la valve et annuloplastie, conduisant à l’obstruction de la chambre de chasse du VG. **B.** Vue apicale trois cavités. Mouvement systolique antérieur de la valve mitrale après réparation valvulaire, causant une obstruction de la chambre de chasse du VG. **C.** Fermeture de la valve aortique en vue apicale quatre cavités ; ralenti montrant le feuillet mitral obstruant la chambre de chasse en systole. **D.** Doppler couleur montrant que la vitesse a augmenté, provoquant des turbulences dans la chambre de chasse du VG. Il y a un flux de régurgitation mitrale dirigé vers l’arrière, mais visible à l’arrière de l’oreillette gauche. **E.** Doppler continu par l’intermédiaire de la chambre de chasse du VG montrant une vitesse maximale de 3,7 m/s et une vitesse maximale de 57 mm Hg. [Voir aussi les vidéos correspondantes sur le DVD joint.]



A



B

Figure 9.8. Déchirure intimale au niveau de l'isthme aortique par échographie transœsophagienne. **A.** Vue petit axe de l'isthme aortique, montrant une déchirure intimale chez un patient qui a été impliqué dans un accident de la circulation routière. Une ETO a été effectuée parce que le patient avait des fractures de côtes bilatérales et une fracture du sternum ; la déchirure intimale a fait l'objet d'une découverte fortuite. **B.** Vue grand axe de la déchirure intimale de l'isthme aortique.



A

Figure 9.9. Hématome intramural en échographie transœsophagienne. **A.** Vue transverse petit axe de l'aorte thoracique descendante montrant un hématome intramural. L'aspect est celui d'un épaississement en croissant de la paroi aortique. Typiquement, il existe une zone d'échos lumineux au niveau de l'hématome.



B



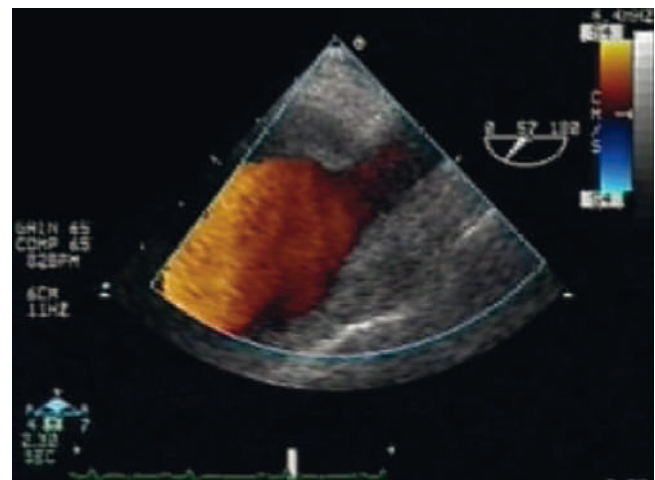
C



D

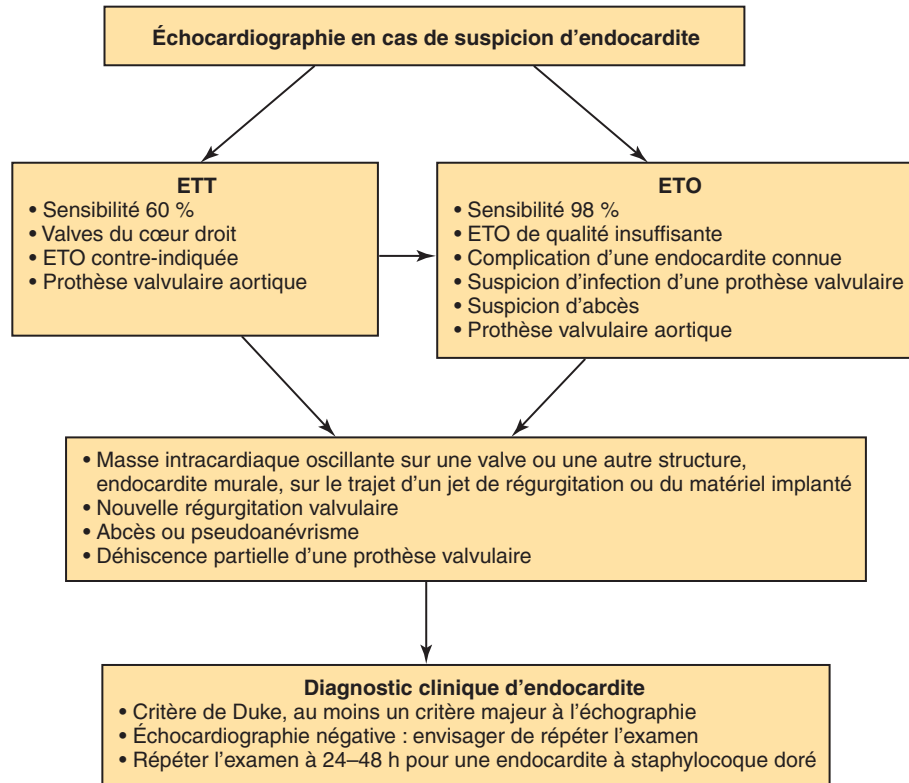


E



F

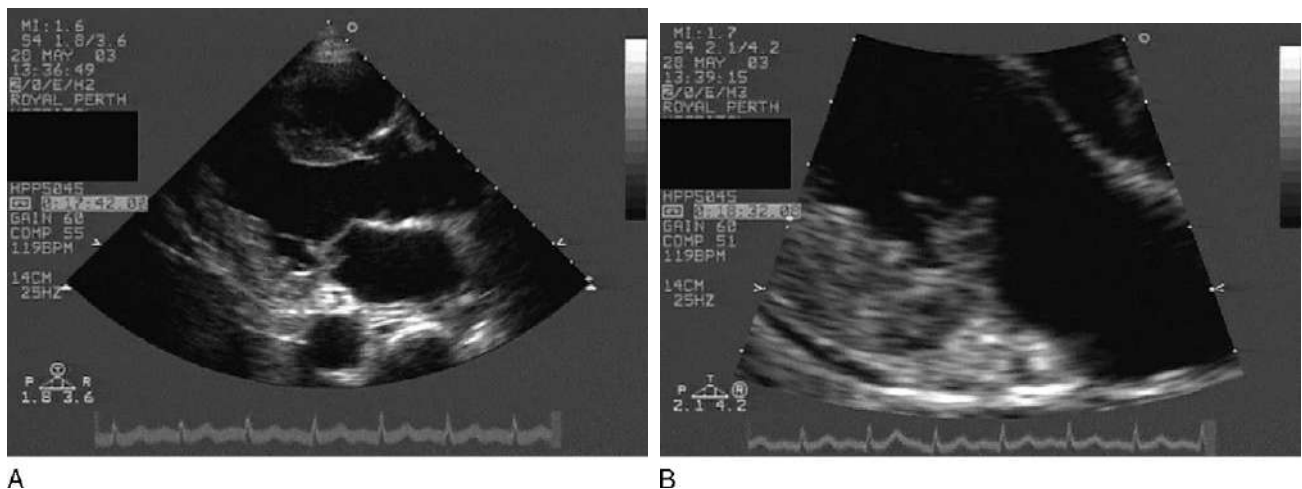
Figure 9.9. Suite B. Vue petit axe au niveau de la valve aortique montrant l'étendue de l'hématome. L'épaississement croissant de la paroi aortique est clairement visible au niveau des valves aortiques. **C.** Vue grand axe au niveau de la valve aortique montrant l'hématome intramural étendu jusqu'à la racine de l'aorte. **D.** Il n'y a aucune preuve d'une régurgitation aortique. **E.** La racine aortique, dans ce cas, n'était pas dilatée après indexation faite en fonction de l'âge et du poids. **F.** Le soulèvement de l'artère sous-clavière gauche montre un hématome à l'origine, mais n'impliquant pas le vaisseau. [Voir aussi les vidéos correspondantes sur le DVD joint.]



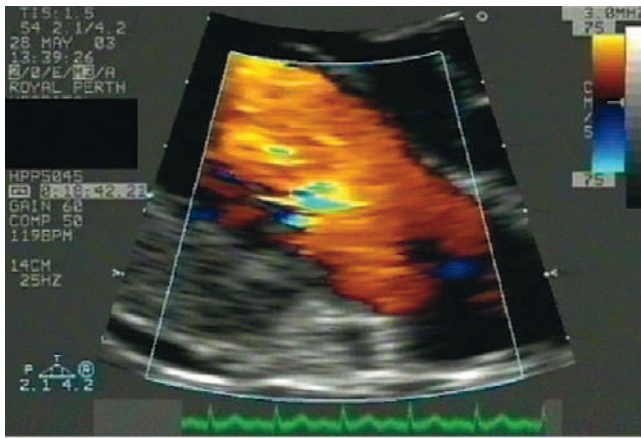
■ **Figure 9.10.** Évaluation échographique : suspicion d'une endocardite chez un patient critique.

indépendamment du mouvement de la valve, et peut être située sur la face amont de la valve (par exemple, sur la face auriculaire de la valve mitrale et sur la face ventriculaire de la valve aortique) ou sur le passage du flux sanguin infecté. La masse doit être visualisée dans au moins deux plans d'examen pour être distinguée d'un artefact. Dans certaines situations, une tumeur, un caillot ou des végétations marantiques peuvent simuler une endocardite. La capacité de l'échocardiographie à prédire les événements emboliques est limitée. Le risque semble

maximal pour des végétations de grande taille (> 10 mm) situées sur la partie antérieure du feuillet mitral [28]. L'endocardite est souvent associée à un certain degré de destruction de la valve ; des régurgitations peuvent être présentes. Les autres anomalies associées aux végétations sont les abcès périannulaires et la formation de fistule. En cas d'endocardite sur prothèse valvulaire, une fuite paravalvulaire, une déhiscence valvulaire et, parfois, une obstruction peuvent être observées (figure 9.12).



■ **Figure 9.11.** Endocardite de la valve mitrale. **A.** Vue parasternale grand axe en échographie transthoracique. Lésion échodense sur le feuillet postérieur de la valve mitrale chez un patient avec une bactériémie à *Staphylococcus aureus*, compatible avec une végétation. **B.** Vue parasternale grand axe en ETT. Gros plan d'une lésion échodense sur le feuillet postérieur de la valve mitrale. Il y a une zone d'écholuminescence au centre de la lésion, qui peut représenter une perforation.



C

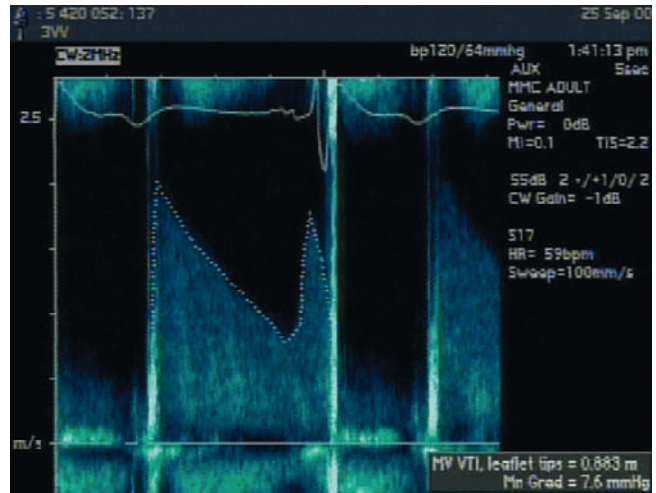


D

Figure 9.11. Suite C. Vue parasternale grand axe en ETT. Doppler couleur montrant une régurgitation minimale. **D.** Suivi en ETO (48 h) d'un patient présentant une endocardite connue à *S. aureus*, montrant une augmentation de la taille de la végétation malgré un traitement antibiotique approprié. Le patient a bénéficié d'une réparation chirurgicale de la valve mitrale. [Voir aussi les vidéos correspondantes sur le DVD joint.]



A



B



C

Figure 9.12. Endocardite sur prothèse valvulaire. **A.** Vue apicale quatre cavités en ETT chez un patient présentant une prothèse valvulaire mitrale et soupçonné d'avoir une endocardite. Remarque : sur cette image, le VG est sur le côté droit de l'image. L'ombre acoustique empêche de visualiser des végétations potentielles. **B.** Doppler pulsé en ETT au travers de la valve mitrale, montrant un gradient augmenté, bien que le temps de demi-pression ne soit pas trop prolongé. Il n'est pas contributif pour faire le diagnostic d'endocardite dans ce cas. **C.** ETO d'un patient suspect d'endocardite sur prothèse valvulaire mitrale, le jour même d'une ETT non diagnostique. L'image montre un clapet double de la valve mitrale mécanique. Il existe des lésions échodenses en association avec la prothèse et dont le déplacement est indépendant de celle-ci. Elles sont cohérentes avec le diagnostic de végétations. C'est l'un des principaux critères de Duke pour le diagnostic d'endocardite. Ce patient a bénéficié d'un nouveau remplacement valvulaire mitral. [Voir aussi les vidéos correspondantes sur le DVD joint.]

La sensibilité d'une ETT pour la détection des végétations, même avec les technologies actuelles, est d'environ 60 % [29]. L'ETO est indiquée quand la probabilité clinique d'endocardite est élevée et que l'ETT est négative [1], en cas de suspicion d'endocardite sur une prothèse valvulaire [2,30], et afin d'évaluer les complications (par exemple, la formation d'abcès) dans les cas connus d'endocardite [3,31]. Il y a, en ETO, un angle mort au niveau de l'anneau antérieur de la prothèse valvulaire aortique et l'ETO est, dans ces cas, suppléée par les images de l'ETT. La résolution de l'ETO est d'environ 1 mm et possède une valeur prédictive négative de 98 % chez les patients présentant une suspicion d'endocardite. Les végétations qui ont déjà embolisé sont invisibles. Un examen échographique doit être répété dans les 48 h si la suspicion clinique est élevée.

3. Y a-t-il une source intracardiaque d'embolie systémique ?

Le cœur représente la seule origine possible pour une masse d'avoir une taille suffisante pour provoquer l'occlusion totale d'un vaisseau par ailleurs de calibre normal. Les sources les plus fréquemment rapportées d'embolies systémiques sont le thrombus dans l'auricule gauche ou le VG, l'anévrisme du septum interauriculaire, un contraste spontané dans l'oreillette gauche, un foramen ovale perméable, des végétations valvulaires, l'athérome protrusif de l'aorte thoracique ascendante et de la crosse aortique et les embolies associées à des prothèses mitrales et aortiques (figures 9.13 et 9.14). Les tumeurs cardiaques sont une source rare d'embolies systémiques. Des études cliniques ont suggéré que jusqu'à 20 % des événements neurologiques aigus étaient attribuables à une source cardio-embolique [32]. Chez les patients plus jeunes, la prévalence peut être supérieure à 50 %. Il y a un risque plus élevé d'identifier une source potentielle d'embolie cardiaque quand l'ETO est utilisée [33]. L'injection intraveineuse de solution saline agitée peut être utilisée pour détecter le shunt droite-gauche d'un foramen ovale perméable. Les plaques d'athérosclérose de la crosse aortique supérieures ou égales à 4 mm d'épaisseur sont associées de façon indépendante au risque d'accident vasculaire cérébral ischémique [34]. L'épaisseur de la plaque est mesurée de la limite de la médiale et de l'adventice au bord interne de la lésion.

4. Un œdème pulmonaire a-t-il une origine cardiaque ?

La survenue brutale de symptômes de défaillance respiratoire et d'œdème pulmonaire est un dilemme fréquent et préoccupant chez les patients critiques. L'échocardiographie peut documenter ou exclure les causes cardiaques usuelles d'œdème pulmonaire, y compris les valvulopathies gauches, l'altération de la fonction systolique ou diastolique, et une cardiomyopathie [35].

L'utilisation d'agents de contraste (pour l'exploration des cavités gauches) et l'ETO permettent d'étendre les capacités diagnostiques de l'ETT chez les patients pour lesquels la visualisation de l'intégralité de l'endocarde est difficile [36].

Dysfonction diastolique

La dysfonction diastolique, définie comme une insuffisance cardiaque en présence d'une FE supérieure à 40 %, peut être retrouvée chez un tiers des patients avec un diagnostic clinique d'insuffisance cardiaque.

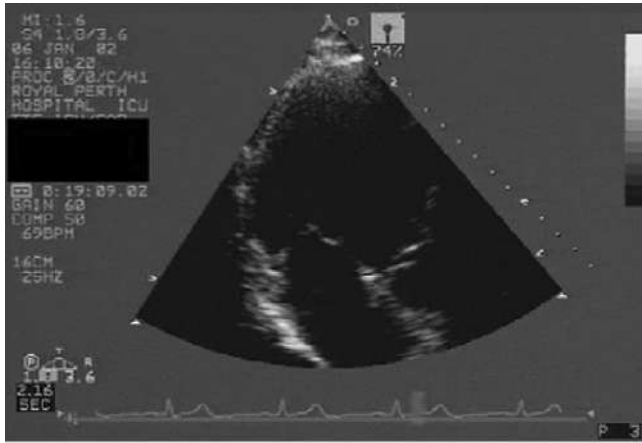
Le syndrome est lié à une incapacité du cœur à se remplir de manière adéquate à des pressions de remplissage normales. Un œdème pulmonaire aigu associé à une hypertension doit inciter à une évaluation minutieuse de la fonction ventriculaire gauche, diastolique et systolique [37].

Les indices Doppler utilisés pour évaluer la fonction diastolique sont bien décrits dans les recommandations de l'American Society of Echocardiography sur la quantification de l'échocardiographie Doppler [38] (figure 9.15).

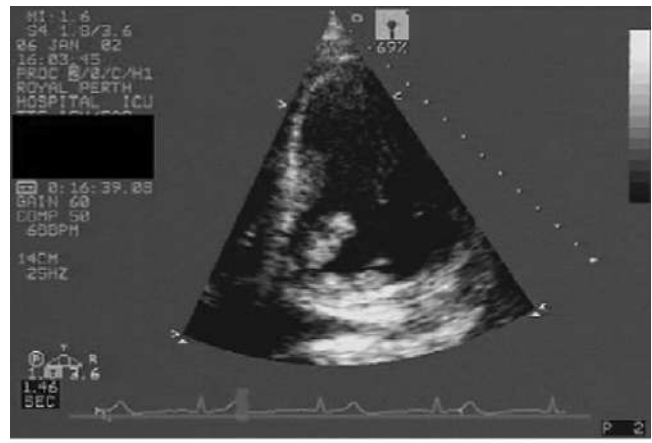
5. Le patient a-t-il eu une embolie pulmonaire massive ?

Une embolie pulmonaire massive qui intéresse au moins deux artères lobaires cause un cœur pulmonaire aigu, lequel peut provoquer une insuffisance circulatoire chez un patient critique. La modification de la taille et de la fonction du VD sont des indicateurs d'augmentation des résistances et de la charge vasculaires pulmonaires. En cas d'embolie pulmonaire aiguë, un VD normal faisant face à une soudaine augmentation de la postcharge s'adapte, en se dilatant, afin de maintenir une pression suffisante pour perfuser le lit pulmonaire. Les caractéristiques échocardiographiques de l'embolie pulmonaire massive sont les suivantes [39].

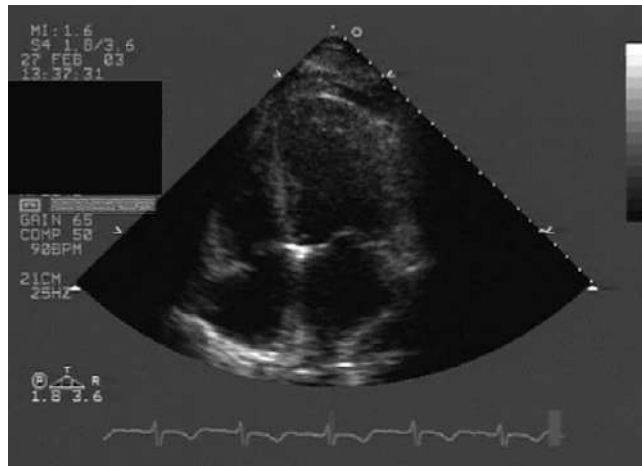
- **Élargissement du ventricule droit** : le VD augmente de taille et peut devenir plus gros que le VG. La coupe grand axe du VD est l'image la plus utile pour mettre en évidence l'élargissement. Elle est obtenue en coupe apicale quatre cavités (ETT) en coupe équivalente en ETO. L'élargissement du VD est généralement associé à une dilatation de l'oreillette droite.
- **Hypokinésie du ventricule droit** : le VD défaille face à une augmentation soudaine de la postcharge. Le sommet du VD peut être épargné ; c'est le signe de McConnell [40].
- **Aplatissement du septum** : le septum interventriculaire semble aplati et dyskinétique. Il peut s'affaisser dans le VG en raison d'une augmentation de pression dans le VD.
- **Diminution de taille du ventricule gauche** : la dilatation aiguë du VD dans l'espace péricardique inextensible provoque la compression du VG. La cavité ventriculaire gauche apparaît relativement petite et moins hyperdynamique, sauf s'il y a également une anomalie du cœur gauche.
- **Hypertension artérielle pulmonaire modérée** : en réponse à la soudaine augmentation de la postcharge, il y a une augmentation de la pression artérielle pulmonaire. Toutefois, le VD n'est pas capable de s'adapter à une telle élévation de pression et ne peut que générer une augmentation limitée de la pression pulmonaire. La pression artérielle pulmonaire systolique dépasse rarement 55 mm Hg (figures 9.16 et 9.17).
- Un cœur pulmonaire aigu peut également compliquer un syndrome de détresse respiratoire aiguë, bien que,



A



B

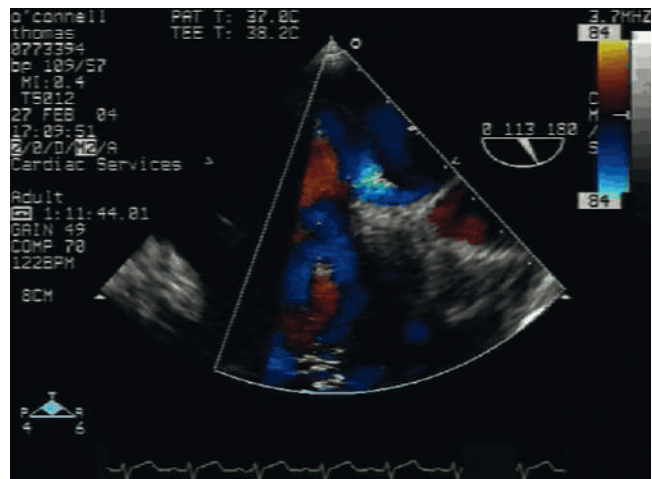


C

Figure 9.13. Thrombus du ventricule gauche. **A.** Vue apicale trois cavités en ETT montrant une dilatation anévrysmale de la paroi basale inférieure, contenant un thrombus. Les symptômes présentés par le patient étaient une dysphasie, une confusion et des anomalies du champ visuel. **B.** Vue apicale quatre cavités hors axe en ETT montrant un thrombus au niveau de la dilatation anévrysmale de la paroi inférieure du VG. **C.** Vue apicale quatre cavités en ETT montrant une hypokinésie apicale du VG avec un thrombus apical. Petit épanchement péricardique. [Voir aussi les vidéos correspondantes sur le DVD joint.]



A



B

Figure 9.14. Vues du foramen ovale perméable en échographie transthoracique. **A.** Une solution saline de contraste agitée (injectée dans un cathéter veineux central) montre la présence d'un foramen ovale perméable. Après opacification de l'oreillette droite, les microbulles entrent dans l'oreillette gauche par le foramen ovale perméable avant trois battements. **B.** Le flux en Doppler couleur montre un shunt droite-gauche au travers d'un foramen ovale perméable. [Voir aussi les vidéos correspondantes sur le DVD joint.]

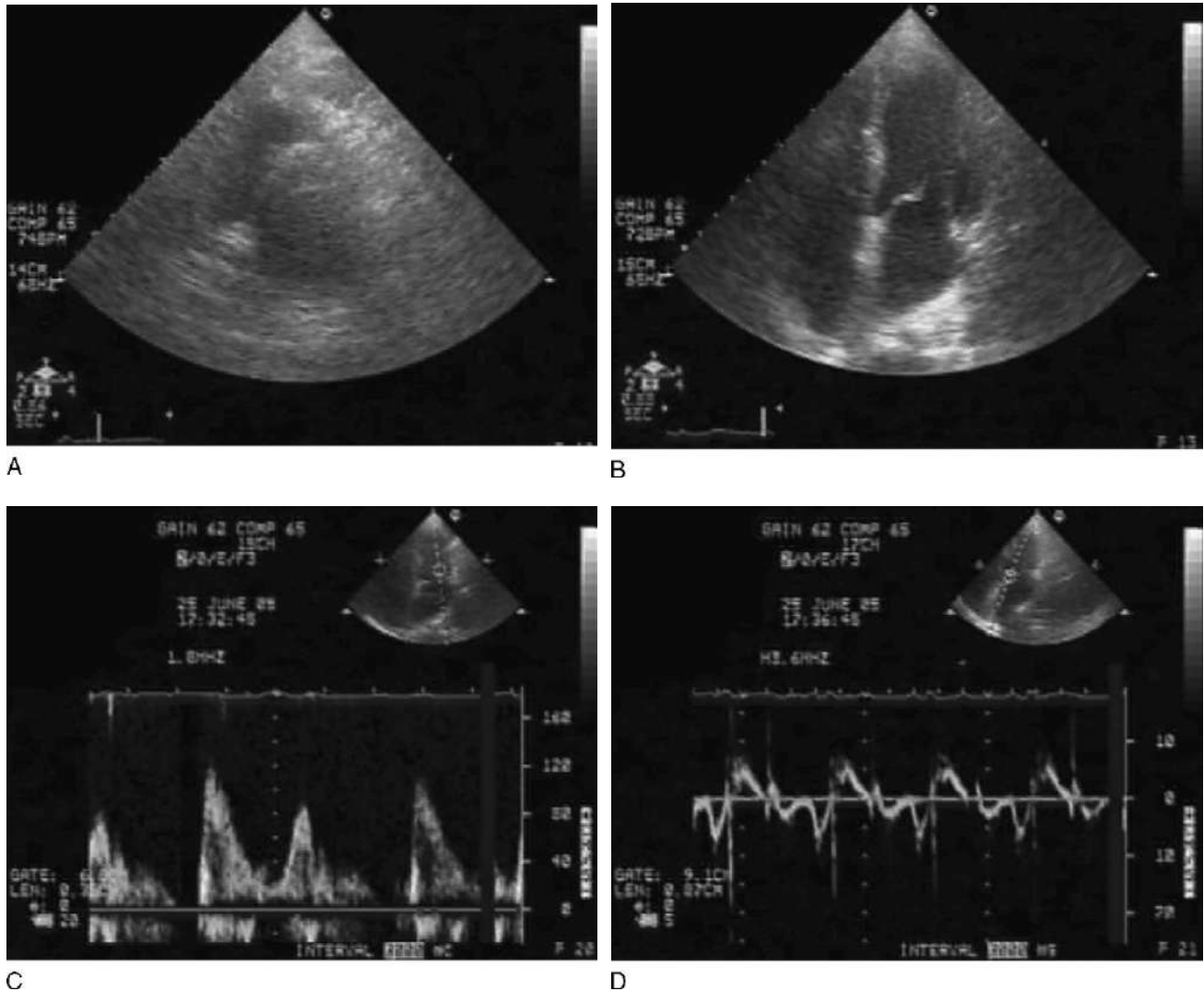


Figure 9.15. Œdème pulmonaire. **A.** Vue parasternale petit axe en échocardiographie transthoracique : VG à la base (feuillet mitral visible au centre du VG). Le patient présentait un œdème aigu du poumon après une chirurgie du genou gauche. La fonction systolique ventriculaire gauche est normale. **B.** Vue apicale quatre cavités en ETT montrant des fonctions ventriculaires gauche et droite normales. Notez que l'apex du VG est un peu raccourci sur cette image. **C.** Le Doppler pulsé du flux mitral est la pierre angulaire de l'évaluation de la fonction diastolique. Dans ce cas, l'aspect est normal ou pseudo-normal, mais il n'est pas possible de distinguer un flux mitral seul. **D.** Image Doppler de l'anneau mitral médian. Le signal en dessous de la ligne est une image en miroir du flux mitral, indépendant de la précharge. L'aspect est celui d'une relaxation anormale (onde E plus petite que l'onde A). Le flux mitral a donc un aspect pseudo-normal. [Voir aussi les vidéos correspondantes sur le DVD joint.]

dans ce contexte, il soit moins aigu que dans les embolies pulmonaires. Il faut généralement au moins 48 h de ventilation mécanique. Il est moins fréquent depuis l'introduction des modes ventilatoires avec pression des voies aériennes limitée.

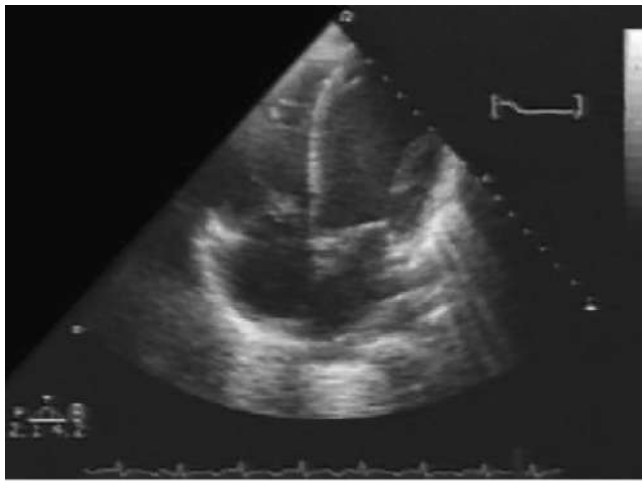
- Il peut être difficile de distinguer une forme aiguë d'une forme chronique de cœur pulmonaire secondaire à une pathologie pulmonaire chronique (par exemple, pathologie pulmonaire obstructive chronique). En cas de cœur pulmonaire chronique, une pente plus lente d'augmentation de postcharge permet l'adaptation du cœur droit.
- L'aspect échocardiographique du cœur pulmonaire chronique est caractérisé par les anomalies suivantes :
 - **hypertrophie du ventricule droit** : l'épaisseur de la paroi du VD est en moyenne de 10 mm ;

- **hypertension artérielle pulmonaire** : le degré d'hypertension artérielle pulmonaire peut être sévère. L'hypertrophie du VD peut générer des pressions de l'artère pulmonaire systémique, voire suprasystémique.

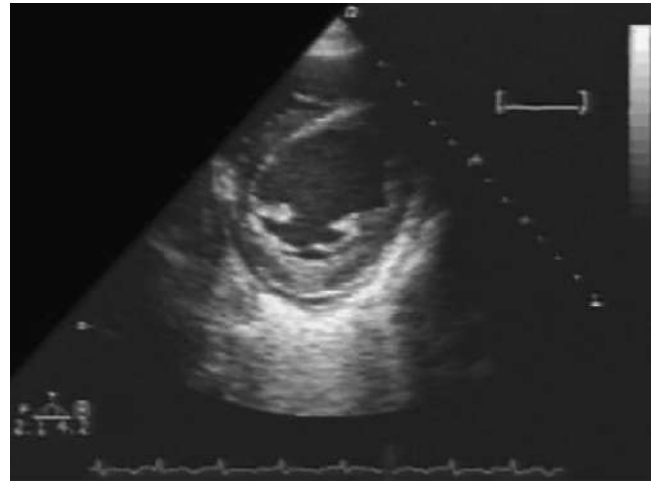
Évaluation et monitoring hémodynamique

Pressions de remplissage hémodynamique

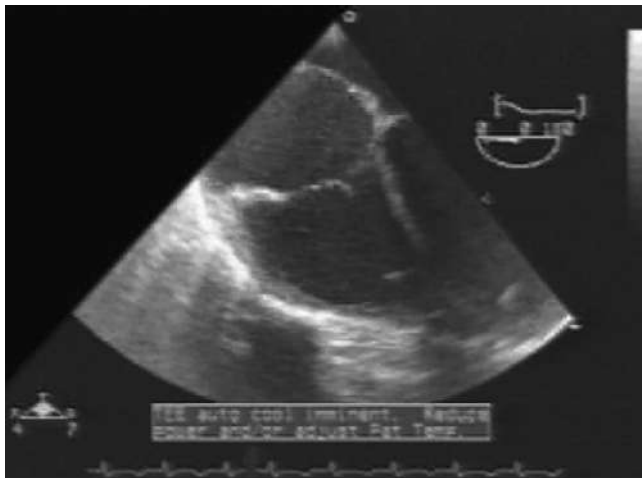
La précharge cardiaque, l'un des principaux déterminants du débit cardiaque, est la pierre angulaire de la surveillance hémodynamique des patients critiques. L'estimation de la pression auriculaire droite est



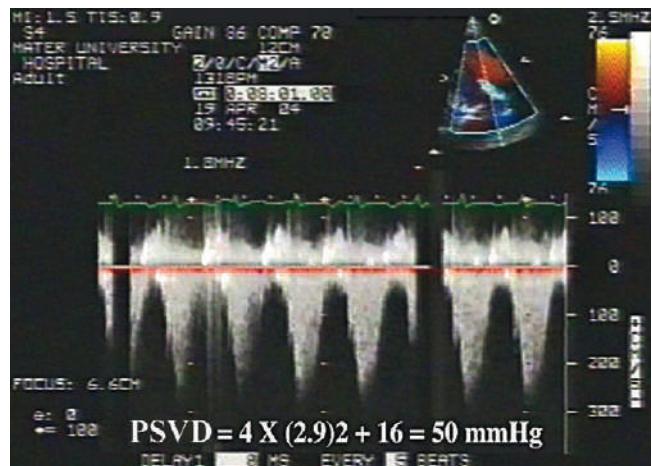
A



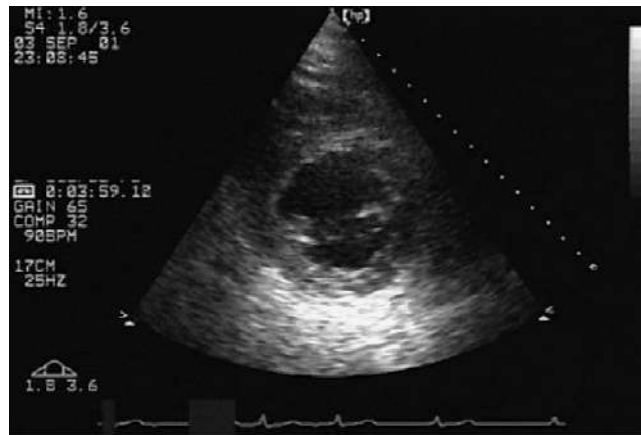
B



C



D



E

Figure 9.16. Embolie pulmonaire. **A.** Vue apicale quatre cavités en ETT chez un patient avec une embolie pulmonaire massive. Les cavités droites sont dilatées. Dans ce cas, la cavité ventriculaire gauche n'est pas de petite taille et compressée car il y avait aussi une « anomalie » sur le côté gauche du cœur. Le patient avait une drépanocytose et une thrombose veineuse profonde du membre inférieur. Il avait été admis 2 j auparavant pour un état de choc septique et était dépendant des inotropes... Toutefois, une détérioration aiguë supplémentaire a fait évoquer la possibilité d'une embolie pulmonaire. Les images échographiques étaient compatibles avec une embolie pulmonaire et ont conduit à un traitement thrombolytique. Une embolie pulmonaire massive bilatérale a été confirmée ultérieurement au scanner spiralé. Un filtre de Greenfield a été mis en place. **B.** Vue petit axe du VG en ETT, avec un aplatissement du septum interventriculaire. **C.** En ETO bidimensionnelle, preuve d'une augmentation de pression sur le côté droit du cœur : le septum interauriculaire est incliné de droite à gauche. Remarquez que la fonction de VD est réduite, mais qu'il y a une relative épargne de l'apex : signe de McConnell. **D.** Doppler pulsé de la régurgitation tricuspide chez un patient avec une embolie pulmonaire. La vitesse maximale est de 2,9 m/s avec une pression artérielle pulmonaire systolique (équation de Bernoulli) estimée à 50 mmHg. Une hypertension artérielle pulmonaire modérée est cohérente avec le diagnostic d'embolie pulmonaire aiguë avec défaillance ventriculaire droite. PSVD : pression systolique du ventricule droit. **E.** Vue parasternale petit axe du VG en ETT chez un patient présentant une embolie pulmonaire aiguë. Le septum interventriculaire est dévié de gauche à droite, en systole secondairement à l'augmentation de pression VD. [Voir aussi les vidéos correspondantes sur le DVD joint.]

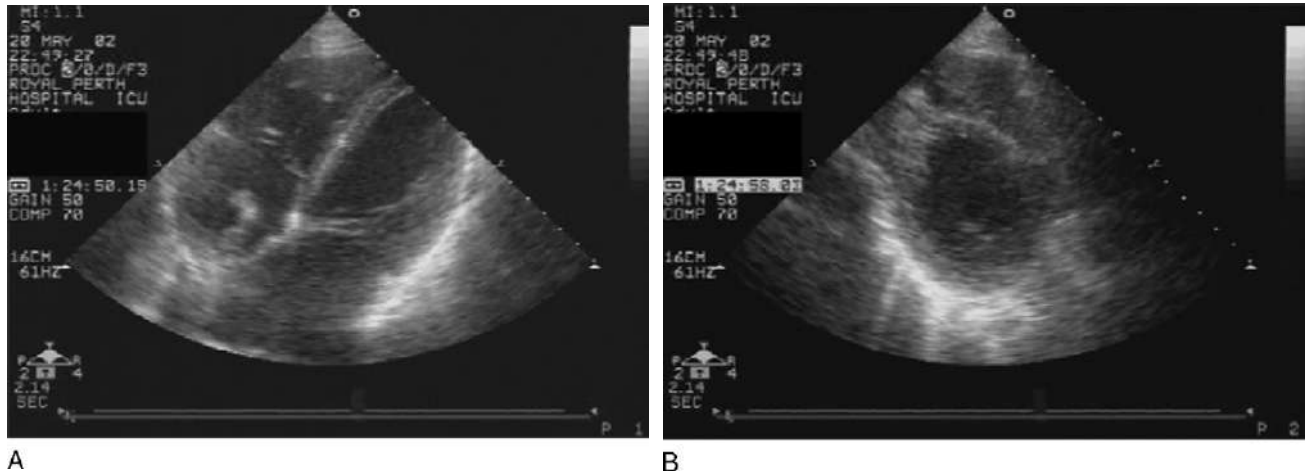


Figure 9.17. Embolie pulmonaire en transit. **A.** Vue sous-costale quatre cavités en ETT montrant une embolie pulmonaire en transit. Le thrombus est mobile et présente une apparence de serpent ; il a migré à partir d'une veine. **B.** Vue petit axe du VG en ETT chez un patient présentant une embolie pulmonaire en transit. Le patient a subi un arrêt cardiaque peu après. [Voir aussi les vidéos correspondantes sur le DVD joint.]

pertinente parce qu'elle reflète l'hémodynamique du cœur droit et le volume sanguin central. Un moyen échocardiographique simple d'estimer la pression auriculaire droite chez les patients en ventilation spontanée est de comparer le diamètre inspiratoire et le diamètre expiratoire de la veine cave inférieure ainsi que le pourcentage du collapsus (indice cave). Cela est au mieux obtenu par la fenêtre sous-costale. Un indice cave supérieur à 50 % indique une pression auriculaire droite inférieure à 10 mmHg et un indice cave inférieur à 50 % indique une pression auriculaire droite supérieure à 10 mmHg [41]. Quoi qu'il en soit, la relation du diamètre de la veine cave avec la pression auriculaire droite est plus complexe pour les patients sous ventilation mécanique [42]. La veine cave, supérieure et inférieure, s'est avérée susceptible de prédire la réponse au remplissage des patients ventilés mécaniquement [43,44] ; toutefois, il y a des limites [45]. L'échocardiographie Doppler du flux veineux pulmonaire fournit une bonne estimation de la pression capillaire pulmonaire chez les patients ventilés mécaniquement [46]. L'imagerie Doppler du mouvement de l'anneau mitral a été proposée comme un indice échocardiographique non invasif de la précharge ventriculaire gauche. Il a été démontré que le ratio de la vitesse du flux mitral (Doppler pulsé) sur le mouvement de l'anneau mitral (Doppler tissulaire), appelé le ratio E/e [1], a une meilleure corrélation avec la pression de remplissage du VG que les précédents indices de Doppler [47]. Cette méthode a été validée en ventilation mécanique, pour des patients critiques [48].

Débit cardiaque

L'échocardiographie Doppler peut être utilisée pour mesurer le débit sanguin partout où le sang passe à travers un orifice fixe de dimensions mesurables. Cette formule générale peut être appliquée pour mesurer le débit cardiaque. La technique est basée sur la combinaison de mesures en deux dimensions et en Doppler. Il est habituel, pour mesurer le débit cardiaque, de la pratiquer au niveau de la valve aortique. La section transversale de la chambre de chasse du VG est mesurée à

partir de la coupe parasternale grand axe, en ETT, et de la coupe grand axe de la valve aortique, en ETO. La mesure se fait en systole. L'imagerie Doppler pulsé est utilisée pour mesurer le débit sanguin 3 à 5 mm en amont de la valve aortique. L'ETT apicale trois cavités ou apicale cinq cavités ou l'ETO avec des fenêtres trans-gastriques profondes sont les incidences utilisées. Les mesures du débit cardiaque ont été validées en utilisant les deux approches, ETT et ETO [49,50].

Conclusion

L'utilité de l'échographie comme examen diagnostique en soins intensifs réside dans sa capacité à fournir une information en temps réel, au lit du patient, avec un caractère invasif minimal [5]. Les stagiaires actuels et futurs en soins intensifs devraient sérieusement envisager d'acquérir des compétences d'échocardiographie au cours de leur programme d'études, car il risque d'y avoir une réelle augmentation de l'utilisation de l'échocardiographie en service de soins intensifs.

RÉFÉRENCES

1. Oh J, Seward J, Khandheria B, et al : Transesophageal echocardiography in critically ill patients. *Am J Cardiol* 66 : 1492-1495, 1990.
2. Pearson A, Castello R, Labovitz AJ : Safety and utility of transesophageal echocardiography in the critically ill patient. *Am Heart J* 119 : 1083-1089, 1990.
3. Font V, Obarski T, Klein A, et al : Transesophageal echocardiography in the critical care unit. *Cleve Clin J Med* 58 : 315-322, 1991.
4. Foster E, Schiller N : The role of transesophageal echocardiography in critical care: UCSF experience. *J Am Soc Echocardiogr* 5 : 368-374, 1992.
5. Colreavy FB, Donovan K, Lee KY, Weekes J : Transesophageal echocardiography in critically ill patients. *Crit Care Med* 0 : 989-996, 2002.
6. Heidenreich PA, Stainback R, Redberg RF, et al : Transesophageal echocardiography predicts mortality in critically ill patients with unexplained hypotension. *J Am Coll Cardiol* 26 : 152-158, 1995.
7. Hwang JJ, Shyu kg, Chen JJ, et al : Usefulness of transesophageal echocardiography in the treatment of critically ill patients. *Chest* 104 : 861-866, 1993.

8. Vignon P, Mentec H, Terre S, et al : Diagnostic accuracy and therapeutic impact of transthoracic and transesophageal echocardiography in mechanically ventilated patients in the ICU. *Chest* 106 : 1829-1834, 1994.
9. Becher H, Tiemann K, Schlosser T, et al : Improvement in endocardial border delineation using tissue harmonic imaging. *Echocardiography* 15 : 511-518, 1998.
10. Rubin DN, Yazbek N, Garcia MJ, et al : Qualitative and quantitative effects of harmonic echocardiographic imaging on endocardial edge definition and side-lobe artefacts. *J Am Soc Echocardiogr* 13 : 1012-1018, 2000.
11. Soble JS, Yurrow G, Brar R, et al : Comparison of MPEG digital video with super VHS tape for diagnostic echocardiographic readings. *J Am Soc Echocardiogr* 11 : 819-825, 1998.
12. Joseph MX, Disney PJ, Da Costa R, et al : Transthoracic echocardiography to identify or exclude cardiac cause of shock. *Chest* 126 : 1592-1597, 2004.
13. Donovan KD, Colreavy F : Echocardiography in intensive care. Bersten AD, Soni N, Oh TE, editors : *Intensive Care Manual*. 5th ed., Philadelphia, Butterworth-Heinemann, 2003, pp 255-272.
14. Chan KL, Blakley M, Andrews J, et al : Transesophageal echocardiography for assessing cause of hypotension after cardiac surgery. *Am J Cardiol* 62 : 1142-1143, 1988.
15. Bossone E, DiGiovine B, Watts S, et al : Range and Prevalence of Cardiac Abnormalities in Patients Hospitalized in a Medical ICU. *Chest* 122 : 1370-1376.
16. Lang R, Bierig M, Derereux R, et al : Recommendations for chamber quantification : A report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. *J Am Soc Echocardiogr* 18 : 1440-1463, 2005.
17. Elrod AG, Reidinger MS : Left ventricular performance in septic shock : Reversible segmental and global abnormalities. *Am Heart J* 110 : 402-409, 1985.
18. Munt B, Jue J, Gin K, et al : Diastolic filling in severe sepsis : An echocardiographic study. *Crit Care Med* 26 : 1829-1833, 1998.
19. Buda AJ : The role of echocardiography in the evaluation of mechanical complications of acute myocardial infarction. *Circulation* 84 (3Suppl) : I109-I121, 1991.
20. Smith MD, Cassidy M, Gurley J, et al : Echo Doppler evaluation of patients with acute mitral regurgitation : Superiority of transesophageal echocardiography with color flow imaging. *Am Heart J* 129 : 967-974, 1995.
21. Zoghbi WA, Enriquez-Sarano M, Foster E, et al : Recommendations for evaluation of the severity of native valvular regurgitation with two-dimensional and Doppler echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 16 : 787-802, 2003.
22. Brown JM, Murtha W, Fraser J, Khoury V : Dynamic left ventricular outflow tract obstruction in critically ill patients. *Crit Care Resusc* 4 : 170-172, 2002.
23. Shiga T, Wajima Z, Apfel CC, et al : Diagnostic accuracy of transesophageal echocardiography, helical computed tomography, and magnetic resonance imaging for suspected thoracic aortic dissection : Systemic review and meta-analysis. *Arch Intern Med* 166 : 1350-1356, 2006.
24. Vignon P, Spencer KT, Rambaud G, et al : Differential transesophageal echocardiographic diagnosis between linear artefacts and intraluminal flap of aortic dissection or disruption. *Chest* 119 : 1778-1790, 2001.
25. Song JM, Sook-Hyun K, Song JK, et al : Usefulness of the initial noninvasive imaging study to predict the adverse outcomes in the medical treatment of acute type A aortic intramural hematoma. *Circulation* 108 (suppl 1) : II324-II328, 2003.
26. Smith MD, Cassidy M, Souther S, et al : Transesophageal echocardiography in the diagnosis of traumatic rupture of the aorta. *New Engl J Med* 332 : 356-362, 1995.
27. Li JS, Sexton DJ, Mick N, et al : Proposed modifications to the Duke criteria for the diagnosis of infective endocarditis. *Clin Infect Dis* 30 : 633-638, 2000.
28. Steckelberg JM, Murphy J, Ballard D, et al : Emboli in infective endocarditis : The prognostic value of echocardiography. *Ann Intern Med* 114 : 635-640, 1991.
29. Reynolds HR, Jagen MA, Tunick PA, et al : Sensitivity of transthoracic versus transesophageal echocardiography for detection of native valve vegetations in the modern era. *J Am Soc Echocardiogr* 16 : 67-70, 2003.
30. Daniel WG, Mugge A, Grote J, et al : Comparison of transthoracic and transesophageal echocardiography for detection of abnormalities of prosthetic and bioprosthetic valves in the mitral and aortic positions. *Am J Cardiol* 71 : 210-215, 1993.
31. Daniel WG, Mugge A, Martin RP, et al : Improvement in the diagnosis of abscess associated with endocarditis by transesophageal echocardiography. *N Engl J Med* 324 : 795-800, 1991.
32. Hofmann T, Kasper W, Meinertz T, et al : Echocardiographic evaluation of patients with clinically suspected arterial emboli. *Lancet* 336 : 1421-1424, 1990.
33. Pearson AC, Labovits AJ, Tatineni S, et al : Superiority of transesophageal echocardiography in detecting intracardiac source of embolism in patients with cerebral ischemia of uncertain etiology. *J Am Coll Cardiol* 17 : 66-72, 1991.
34. Amarenco P, Cohen A, Tzourio C, et al : Atherosclerotic disease of the aortic arch and the risk of ischemic stroke. *N Engl J Med* 331 : 1474-1479, 1994.
35. Falter F, Kuhlen R, Janssens U, et al : The necessity of performing transesophageal echocardiography in patients with acute respiratory distress syndrome. *Intensive Care Med* 25 : 637-642, 1999.
36. Nguyen TT, Dhond MR, Sabapathy R, et al : Contrast microbubbles improve diagnostic yield in ICU patients with poor echocardiographic windows. *Chest* 120 : 1287-1292, 2001.
37. Gandhi SJ, Powers JC, Nomeir AM, et al : The pathogenesis of acute pulmonary edema associated with hypertension. *N Engl J Med* 344 : 17-22, 2001.
38. Quinones MA, Otto CM, Stoddard M, et al : Recommendations for Quantification of Doppler Echocardiography : A report from the Doppler Quantification Task Force of the Nomenclature and Standards Committee of the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 15 : 167-184, 2002.
39. Veillard-Baron A, Prin S, Chergui K, et al : Echo-Doppler demonstration of acute cor pulmonale at the bedside in the medical intensive care unit. *Am J Respir Crit Care Med* 166 : 1310-1319, 2002.
40. McConnell MV, Solomon SD, Rayan ME, et al : Regional right ventricular dysfunction detected by echocardiography in acute pulmonary embolism. *Am J Cardiol* 78 : 469-473, 1996.
41. Kircher BJ, Himelman RB, Schiller NB : Noninvasive estimation of right atrial pressure from the inspiratory collapse of the inferior vena cava. *Am J Cardiol* 66 : 493-496, 1990.
42. Jue J, Chung W, Schiller NB : Does inferior vena cava size predict right atrial pressure in patients receiving mechanical ventilation ? *J Am Soc Echocardiogr* 5 : 613-619, 1992.
43. Veillard-Baron A, Chergui K, Rabiller A, et al : Superior vena cava collapsibility as a gauge of volume status in ventilated septic patients. *Intensive Care Med* 30 : 1734-1739, 2004.
44. Barbier C, Loubieres Y, Schmit C, et al : Respiratory changes in inferior vena cava diameter are helpful in predicting fluid responsiveness in ventilated septic patients. *Intensive Care Med* 30 : 1740-1746, 2004.
45. Vignon P : Evaluation of fluid responsiveness in ventilated septic patients : Back to venous return. *Intensive Care Med* 30 : 1699-1701, 2004.
46. Keucherer HF, Muhiudeen IA, Cahalan MK : Estimation of mean left atrial pressure from transesophageal pulsed Doppler echocardiography of pulmonary venous flow. *Circulation* 82 : 1127-1139, 1990.
47. Naguch SF, Middleton KJ, Kopelen HA, et al : Doppler tissue imaging : A noninvasive technique for evaluation of left ventricular relaxation and estimation of filling pressures. *J Am Coll Cardiol* 30 : 1527-1533, 1997.
48. Combs A, Arnoult F, Trouillet J-L : Tissue Doppler imaging estimation of pulmonary artery occlusion pressure in ICU patients. *Intensive Care Med* 30 : 75-81, 2004.
49. Dubin J, Wallerson DC, Cody RJ, Devereux RB : Comparative accuracy of Doppler echocardiographic methods for clinical stroke volume determination. *Am Heart J* 120 : 116-123, 1990.
50. Feinberg M, Hopkins WE, Davila-Roman VG, et al : Multiplane transesophageal echocardiographic Doppler imaging accurately determines cardiac output measurement in critically ill patients. *Chest* 107 : 769-772, 1995.

Échographie transœsophagienne peropératoire en chirurgie non cardiaque

10

BRIAN O'BRIEN, MICHAEL GRIFFIN

L'échocardiographie transœsophagienne (ETO) est maintenant bien implantée dans la gestion périopératoire des patients de chirurgie cardiaque. Son importance dans la spécialité s'étend à mesure que les connaissances, l'expérience et la technologie continuent de progresser.

Plus récemment, les avantages de l'ETO en chirurgie non cardiaque ont commencé à émerger. Bien que ce rôle ne soit pas encore totalement établi, l'utilisation de l'échographie est encore susceptible d'évoluer, les anesthésistes étant de plus en plus familiers de cette technique et les appareils de plus en plus mobiles et économiques. Les facteurs démographiques, notamment le nombre croissant de patients âgés ayant des niveaux élevés de comorbidité, vont également contribuer à accroître la demande de monitoring par ETO pour différents types de chirurgie non cardiaque. Bien sûr, contrairement à la chirurgie cardiaque – où la pathologie observée en ETO peut être prise en charge directement par le chirurgien –, dans les cas de chirurgie non cardiaque, les résultats sont susceptibles d'être traités médicalement, par exemple par des changements dans l'administration de liquide ou de drogues. Ainsi, les avantages de l'ETO peuvent être moins facilement démontrables en cas de chirurgie non cardiaque. L'objectif de ce chapitre est de proposer une vue d'ensemble de la valeur potentielle de l'ETO en chirurgie non cardiaque et de présenter des illustrations soulignant l'intérêt diagnostique potentiel de l'ETO. Bien que la couverture totale de ce vaste sujet soit hors de la portée d'un seul chapitre, il peut servir d'introduction au sujet. L'ETO fournit des données dynamiques, en temps réel, qui ne sont pas représentées de façon optimale dans la plupart des images fixes accompagnant ce document écrit. Il est fortement conseillé au lecteur de regarder les images en mouvement sur le DVD joint et d'utiliser ces images comme aide-mémoire.

Indications à l'échographie transœsophagienne en chirurgie non cardiaque

Alors que les recommandations pour la pratique publiées par la Society of Cardiovascular Anesthesiologists et l'American Society of Anesthesiologists Task Force sur l'ETO en 1996 [1] sont évidemment pertinentes pour la

chirurgie cardiaque, elles ont également des implications pour la pratique de l'anesthésie en chirurgie non cardiaque. D'une façon générale, les avantages les plus évidents de l'ETO sont perçus lorsqu'il y a une instabilité hémodynamique prévisible ou déjà installée. Ceci peut être dû à des facteurs liés au patient, à la chirurgie ou aux deux. Dans de tels cas, une recommandation de niveau I peut être faite pour l'utilisation de l'ETO. Une autre utilisation, plus délicate à caractériser de l'ETO est qu'elle permet d'expliquer en temps réel la physiologie ou physiopathologique d'un patient donné. Cependant, parce qu'elle peut ne pas nécessairement déboucher sur un traitement (voir les exemples présentés plus bas), une recommandation claire et largement applicable ne peut être faite, même si les images acquises ne sont pas douteuses. Le clinicien prudent ne peut donc porter un jugement sur le rapport bénéfice/risque de l'ETO que pour un patient donné, sur la base de la situation clinique. Les résultats d'essais bien menés évaluant l'efficacité de l'ETO en chirurgie non cardiaque sont insuffisants et peu susceptibles d'être probants. Toutefois, cette absence de preuves supportant le rôle de l'ETO en chirurgie non cardiaque est plus en rapport avec la rareté des études pertinentes qu'avec l'absence d'efficacité. Les preuves disponibles sont présentées dans le [tableau 10.1](#).

Instabilité hémodynamique, aide au remplissage et recours aux catécholamines

L'instabilité hémodynamique aiguë, lorsque la fonction ventriculaire et ses facteurs déterminants sont inconnus ou réfractaires au traitement initial, constitue une application universelle de l'ETO, indépendamment de la chirurgie en cause. La pression artérielle dépend de la fréquence cardiaque, du volume systolique et des résistances vasculaires : tous trois sont touchés de manière imprévisible lors de l'anesthésie et du stress chirurgical. La distinction entre une hypovolémie et une vasodilatation peut être cliniquement difficile, en particulier avec un accès limité au patient, comme cela est courant dans un environnement opératoire. L'ETO, cependant, permet d'estimer la contractilité du myocarde et l'état du remplissage. En outre, des anomalies associées à ces perturbations hémodynamiques graves, comme une tamponnade péricardique, une contusion cardiaque

TABLEAU 10.1. Niveau de preuve de l'utilisation de l'échographie transœsophagienne au cours de la chirurgie non cardiaque.

Indication	Niveau de preuve
Instabilité hémodynamique	Niveau I
Haut risque chirurgical	Niveau II
Patient à haut risque (ischémie myocardique)	Niveau II
Détection d'une source embolique	Niveau II
Détection d'une embolie gazeuse	Niveau II
Détection d'un processus thromboembolique ou excision	Niveau II
Détection d'une embolie graisseuse	Niveau III
Traumatisme non cardiaque (traumatisme vasculaire majeur)	Niveau III
Positionnement des dispositifs intravasculaires	Niveau III

ou une lésion de l'aorte, peuvent être détectées. Les décisions concernant le remplissage vasculaire et la perfusion d'inotrope ou de vasopresseur peuvent être fondées sur des preuves visuelles plutôt que sur une stratégie d'essais et d'erreurs. En revanche, l'exploration des pressions par cathétérisme artériel pulmonaire n'évalue pas avec précision la précontrainte au cours de procédures cardiovasculaires majeures, lorsque la fonction ventriculaire gauche est altérée ou lorsqu'il y a une dysfonction de la valve mitrale [2].

Comme le délai d'obtention et d'insertion d'une sonde d'ETO peut être cliniquement significatif, il est raisonnable d'utiliser cette forme de monitoring dans les cas où de telles situations sont susceptibles de se produire ou chez les patients qui toléreraient mal de tels événements. En outre, l'absence d'une ETO de référence, réalisée avant l'apparition de l'instabilité hémodynamique, peut rendre des anomalies plus difficiles à interpréter. Les preuves disponibles justifient de garantir au moins la disponibilité immédiate de l'ETO pour tous les patients anesthésiés. Il a été récemment démontré, chez plus de 125 000 patients subissant une chirurgie non cardiaque, que l'ETO facilitait le diagnostic rapide et la gestion des arrêts cardiaques inopinés [3]. D'autres recherches ont montré que l'évaluation par une ETO avait un impact majeur dans la gestion de 15 % des patients hémodynamiquement instables [4]. Dans cette étude, un impact majeur était observé lorsque l'information acquise était utilisée pour traiter un événement menaçant le pronostic vital, lorsqu'elle changeait la prise en charge chirurgicale ou anesthésique ou si elle conduisait à une évaluation plus poussée au cours de la période postopératoire [4].

Patients à risque accru d'instabilité hémodynamique

Les patients peuvent avoir un risque accru d'événements cardiaques péri-opératoires, en raison de la nature de la chirurgie ou de la nature du profil de risque.

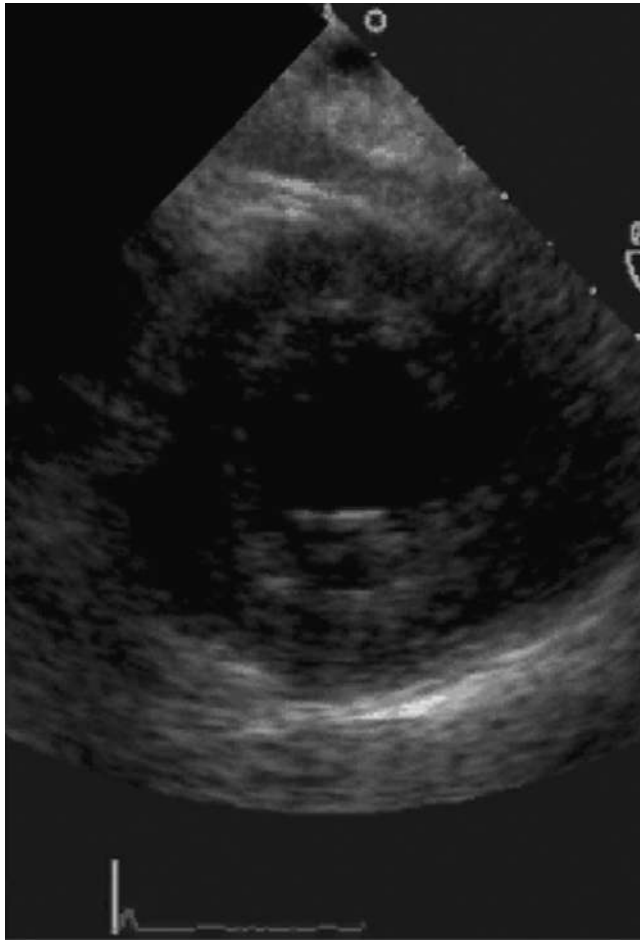
Les études récentes ont démontré qu'un remplissage vasculaire dont l'objectif était guidé par échocardiographie chez de tels patients pouvait améliorer les résultats d'une chirurgie non cardiaque majeure [5,6]. Il existe de nombreuses publications de cas cliniques et d'études observationnelles confirmant la valeur de l'échocardiographie dans la surveillance du remplissage et de la performance cardiovasculaire [7]. Ceci justifie probablement un statut de recommandation de niveau I, l'instabilité hémodynamique étant souvent observée en cas de chirurgie majeure. Au moins un tiers des patients non cardiaques en unité de soins intensifs (USI) bénéficient d'une prise en charge identique, indépendamment de la présence ou de l'absence d'un cathéter artériel pulmonaire [8,9].

Bien que la courbe de Frank-Starling puisse être utilisée pour un patient particulier, comme l'échocardiographie permet une évaluation facile du remplissage (en fin de diastole du ventricule gauche) et du volume d'éjection systolique (par des mesures Doppler), l'interprétation de ces données doit se faire avec prudence et en considérant le tableau clinique complet. Par exemple, même l'oblitération télésystolique de la cavité, généralement due à une hypovolémie, peut être causée ou aggravée par une réduction des résistances vasculaires ou une augmentation d'inotropisme (figure 10.1). En pratique, il est inhabituel de documenter la relation entre la précharge et la contractilité chez un patient donné, avec de tels critères ; néanmoins, l'observation d'un ventricule apparemment vide qui est alors perçu comme se remplissant lors de la perfusion de soluté, avec une amélioration hémodynamique concomitante, représente le même processus de pensée. Cependant, l'ETO permet une visualisation immédiate de la réponse au volume perfusé - au moins de documenter un « chaînon manquant » entre les essais de traitement et les résultats en termes de pression artérielle. Un système automatisé de détection des contours tel que la quantification acoustique permet la mesure, battement par battement, des surfaces télédiastolique et télésystolique du ventricule gauche ainsi que des modifications de surface du ventricule gauche - un substitut bidimensionnel à la mesure de la fraction d'éjection (figure 10.2). La quantification acoustique est une technique particulièrement précise lors d'une chirurgie non cardiaque, car le cœur est relativement fixe et n'est pas manipulé, comme il peut l'être lors d'une chirurgie cardiaque. Toutefois, avec l'expérience, une évaluation visuelle, plus qualitative, s'est avérée à la fois sensible et spécifique [10]. L'écran partagé en deux ou en quatre pour la comparaison des *cine-loops* enregistrés disponible sur les appareils actuels est particulièrement utile à cet effet.

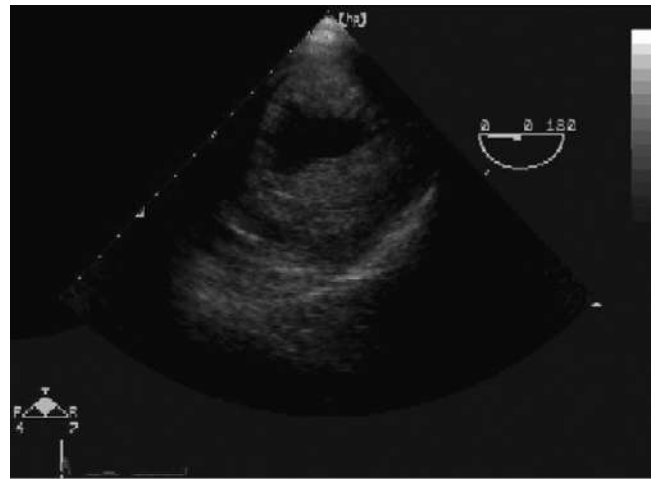
Scénarios cliniques : échographie transœsophagienne et procédures opératoires spécifiques

Chirurgie vasculaire majeure

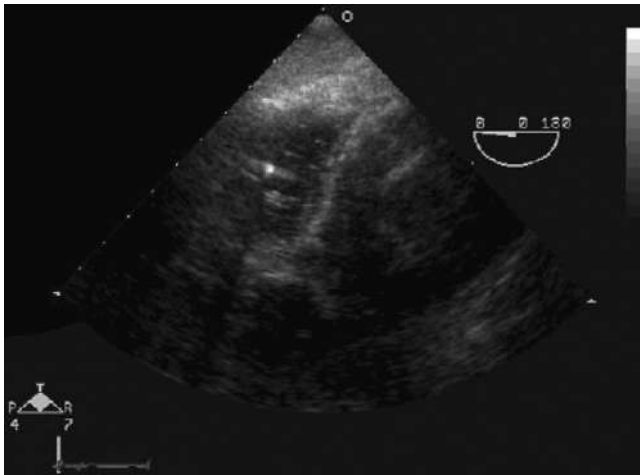
Les patients nécessitant une chirurgie vasculaire majeure ont généralement une comorbidité importante. L'ischémie du myocarde survient chez jusqu'à 15 % des patients subissant une chirurgie vasculaire ou une



A



B



C

Figure 10.1. Apparences d'euvolémie (A), hypovolémie (B) et hyperdynamie (C) du ventricule gauche. Distinguer les deux dernières peut nécessiter une corrélation avec la clinique, car leur apparence est similaire. [Voir aussi le clip vidéo correspondant sur le DVD joint.]

chirurgie de l'artère carotide et jusqu'à 25 % des patients subissant une chirurgie de l'aorte abdominale. Poldermans et al. [11], par exemple, ont trouvé dans leur groupe contrôle que 34 % de ces patients avaient présenté un infarctus du myocarde périopératoire ou une mort de cause cardiaque.

L'ETO fournit une méthode puissante pour une surveillance cardiaque précise, pour des patients qui

présentent un risque cardiovasculaire élevé soumis à une telle chirurgie [12]. L'apparition d'anomalies régionales de la cinétique segmentaire, détectées lors de la surveillance échocardiographique, constitue un marqueur précoce et fiable de l'ischémie du myocarde (figure 10.3). Le mouvement de la paroi est évalué en examinant le mouvement endocardique lors de la contraction et en mesurant l'épaississement pariétal en

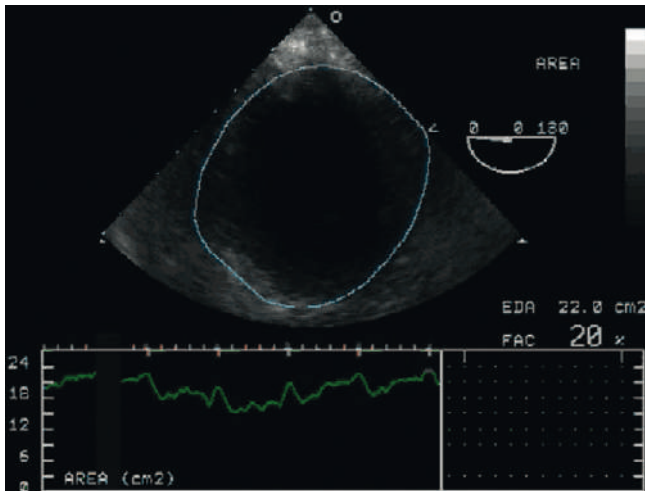
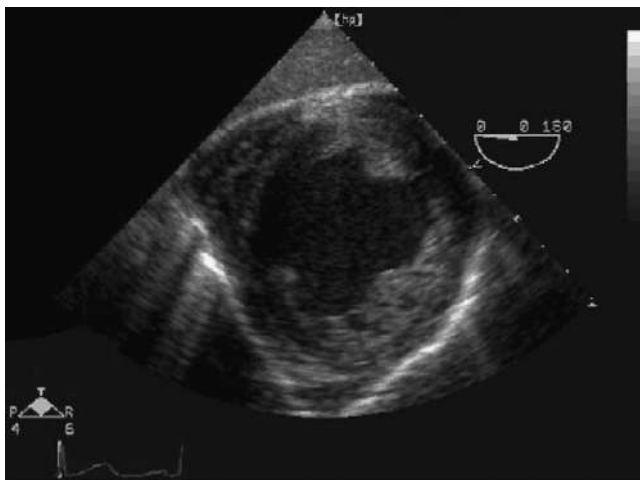


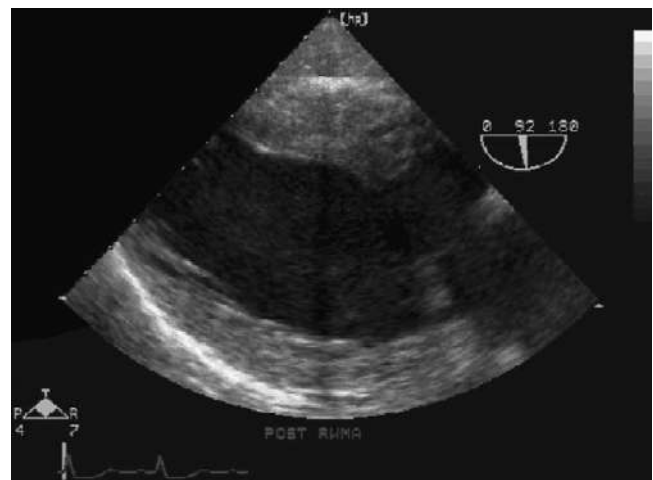
Figure 10.2. La modification de la surface entre la fin de la diastole (télédiastole) et la fin de la systole (téléstole) est utilisée comme équivalent bidimensionnel du volume d'éjection systolique. Ici, la modification de la surface est mesurée par la technique de quantification acoustique. [Voir aussi le clip vidéo correspondant sur le DVD joint.]

systole. Des anomalies de cinétique segmentaire de la paroi peuvent être classées comme une *hypokinésie* (mouvement endocardique et épaisseur pariétal réduits), *akinésie* (mouvement endocardique et épaisseur pariétal absents) ou *dyskinésie* (mouvement endocardique vers l'extérieur et amincissement des parois en systole), et sont facilement détectées par des praticiens expérimentés en ETO (figure 10.3).

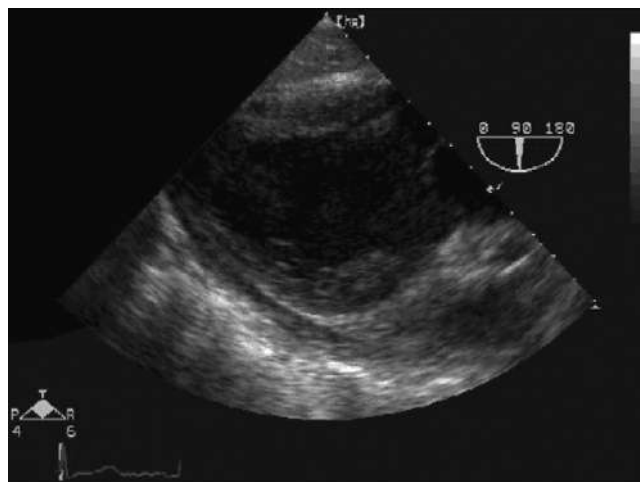
Bien que l'ETO soit très sensible dans la *détection* de l'ischémie du myocarde, il n'existe aucune preuve d'une relation avec l'évolution ni que la détection et le traitement des événements ischémiques détectés par échocardiographie améliore le pronostic [13-16]. De façon analogue au débat sur le cathétérisme artériel pulmonaire, il est peu probable qu'un dispositif de surveillance permette d'améliorer substantiellement les résultats avant que le meilleur traitement de la pathologie constatée soit établi. Malgré cela, l'ETO est certainement le meilleur outil de monitoring disponible pour l'évaluation et la gestion de l'état cardiovasculaire au cours de la chirurgie aortique majeure impliquant des clampages, des déclampages et des pertes de sang importantes, montrant des changements non décelables par le cathétérisme artériel pulmonaire, qui affectent la



A



B



C

Figure 10.3. Les anomalies segmentaires du mouvement de la paroi ventriculaire peuvent rapidement refléter des perturbations locales de perfusion myocardique. Elles sont caractérisées comme hypokinésie (A), akinésie (B) – dans ce cas, la vue de la paroi postérieure est dans la partie supérieure de l'écran – ou dyskinesis (C) du septum, dans la partie gauche de l'écran, dans un ordre croissant de gravité (voir texte). [Voir aussi le clip vidéo correspondant sur le DVD joint.]

gestion et la prise de décision [17,18]. Les études ont montré que lors d'une intervention chirurgicale majeure, l'ETO était à l'origine de changements dans le traitement médicamenteux ou le remplissage pour 32 % des patients et un nouveau diagnostic pour 9 % des patients [19]. Les indications émergentes de l'ETO dans ce domaine sont la confirmation du déploiement d'un stent endovasculaire, utilisé pour réparer des anévrismes de l'aorte, et l'évaluation des flux dans les artères viscérales pour l'aide à la prise de décision chirurgicale.

Chirurgie orthopédique et neurochirurgie

Le syndrome d'implantation du ciment osseux est causé par la migration de graisse médullaire, d'air ou de thrombus à partir des veines fémorales, ce qui accroît les résistances vasculaires pulmonaires et une insuffisance cardiaque droite. Une instabilité cardiovasculaire majeure, incluant les embolies pulmonaires mortelles et un arrêt cardiaque peropératoire, peut se produire dans 0,6 à 10 % de ces cas. La quantité de matériel embolique détermine les conséquences hémodynamiques. L'ETO permet de quantifier et de stratifier l'embolie [20]. Les patients avec une insuffisance cardiorespiratoire préexistante ont plus de chances d'être affectés par une charge embolique, même réduite [20,21], et donc le seuil d'utilisation de l'ETO en chirurgie de la hanche doit probablement être abaissé.

Une étude échographique transœsophagienne chez 110 patients ayant eu une chirurgie de la hanche, du fémur ou du tibia a montré des embolies d'importance variable dans 88 % des procédures [22]. Vingt-quatre des 25 cas d'embolie grave s'étaient produits lors de l'alésage de lésions pathologiques ou pendant la phase de pose de ciment de l'hémiarthroplastie de hanche. Une embolie paradoxale s'était produite chez 4 patients, tous avec des lésions pathologiques du fémur. Une lésion pulmonaire thrombo-embolique étendue avec un os alésé et un caillot immature a été trouvée à l'autopsie chez 2 patients ; il y avait une embolie systémique sévère de la graisse et de la moelle chez ces 2 patients. De façon intéressante, l'analyse séquentielle de sang provenant de l'oreillette droite chez 5 patients a montré une activation considérable de la cascade de la coagulation au cours de l'alésage [22]. Les embolies au cours de l'arthroplastie totale du genou sont moins fréquentes qu'au cours de l'arthroplastie de la hanche [23]. Toutefois, les thrombus sont plus susceptibles de se produire avec la chirurgie du genou en raison de la compression pneumatique de l'artère et de la veine fémorales, entraînant une stase, des lésions endothéliales et une acidose.

L'hypertension artérielle pulmonaire se produit avec une charge embolique significative due à une obstruction mécanique et/ou à la libération de sérotonine, de thromboxane A₂ et d'autres médiateurs plaquettaires. La vue de l'oreillette droite, au niveau de la coupe deux veines caves de la partie moyenne de l'œsophage (figures 8.4 et 8.11b), montrant à la fois la veine cave inférieure (VCI) et la veine cave supérieure (VCS), permet la visualisation d'embolies gazeuses et thrombotiques ainsi que l'évaluation de la source du matériel embolique. Les signes échocardiographiques de l'augmentation des

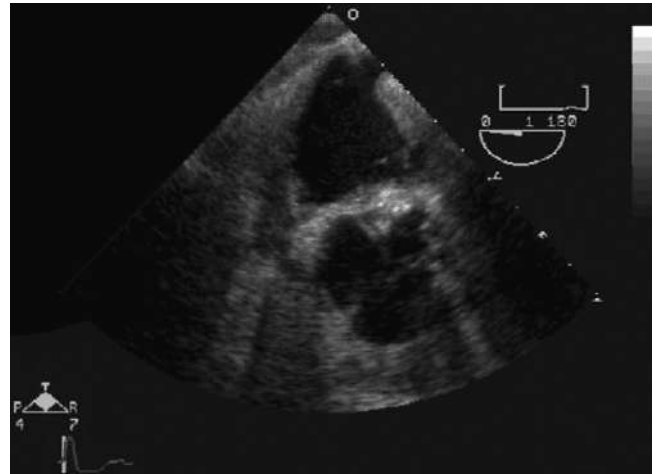
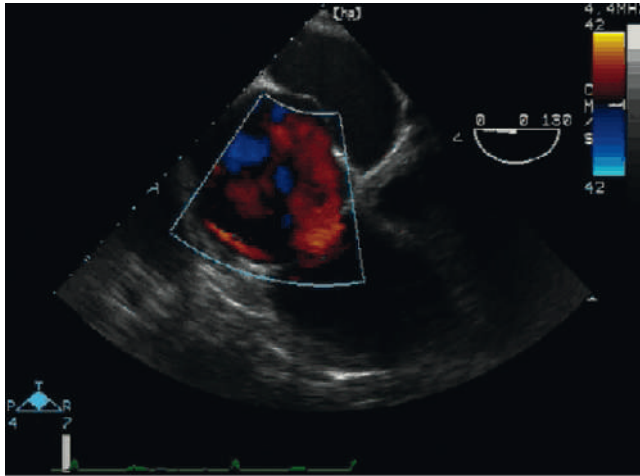


Figure 10.4. Mouvement du septum interauriculaire.

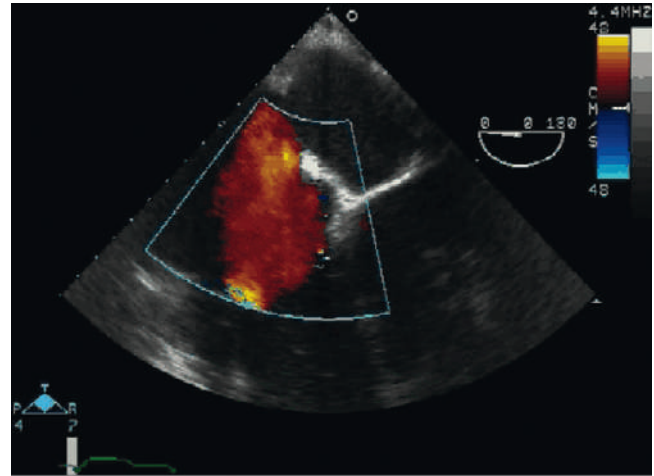
L'oreillette droite est pleine de contraste, dont une partie est passée au travers du foramen ovale perméable ou d'un défaut du septum auriculaire. [Voir aussi le clip vidéo correspondant sur le DVD joint.]

résistances vasculaires pulmonaires comprennent un déplacement vers la gauche du septum interauriculaire, une insuffisance tricuspide, une dilatation ventriculaire droite et une hypokinésie (figures 10.4 et 10.5). Une dilatation du ventricule droit et une hypokinésie, qui peuvent indiquer une embolie pulmonaire, sont au mieux évaluées en explorant les flux dans le ventricule droit sur les incidences réalisées au niveau de l'œsophage moyen (voir le chapitre 8).

L'air est facilement visible à l'ETO (figure 10.6). Il est communément observé après chirurgie cardiaque et circulation extracorporelle. Il peut également être observé en association avec une perfusion de soluté et/ou de médicaments. L'embolie gazeuse veineuse et l'embolie gazeuse paradoxale représentent des complications graves liées à la position assise utilisée en neurochirurgie. Bien que l'embolie gazeuse paradoxale soit le résultat d'une embolie gazeuse veineuse, l'incidence de l'embolie gazeuse paradoxale et de sa dépendance à la gravité de l'embolie gazeuse veineuse n'a pas été systématiquement étudiée chez l'homme. Dans une étude, l'embolie gazeuse veineuse détectée par l'ETO était apparue chez tous les patients subissant une neurochirurgie en position assise, et l'embolie gazeuse paradoxale ne s'est produite que suite aux formes les plus sévères d'embolie gazeuse veineuse [24]. D'autres études ont retrouvé une incidence plus faible de l'embolie gazeuse veineuse (jusqu'à 45 %) [25]. En tout état de cause, l'embolie gazeuse veineuse a un taux de mortalité de 93 % si elle n'est pas traitée ; le diagnostic précoce (en particulier la détection des petites embolies gazeuses comme signe d'alerte) a pour objectif de réduire considérablement la morbidité et la mortalité par la prévention de l'embolie gazeuse paradoxale [24,25]. L'aspiration d'air à travers un cathéter multiorifice dans le quadrant supérieur de l'oreillette droite permet une évacuation optimale des gaz [26,27]. L'ETO peut aider à la mise en place d'un cathéter au niveau de la jonction de la VCS et de l'oreillette droite. L'orientation électrocardiographique est problématique dans près de 10 % des cas [26]. L'ETO permet également la détection



A



B

Figure 10.5. Régurgitation tricuspide illustrée par des formes modérée (A) et sévère (B). [Voir aussi le clip vidéo correspondant sur le DVD joint.]

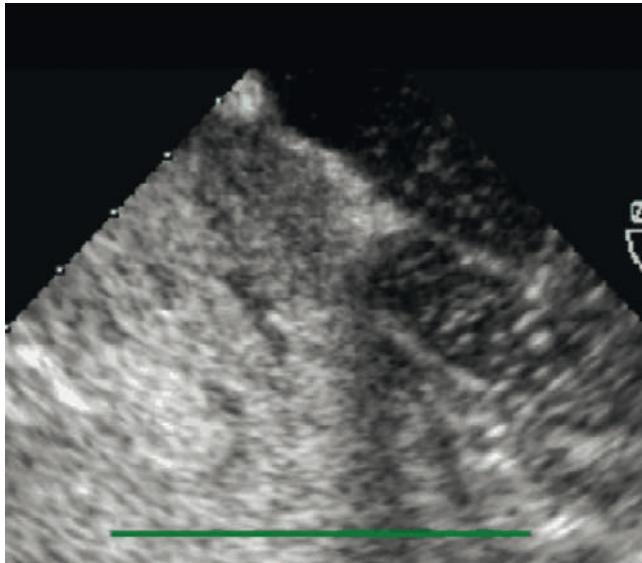


Figure 10.6. Cet aspect moucheté montre des bulles d'air entrant dans l'oreillette droite après une injection de liquide. Il peut être cliniquement significatif de la présence d'un foramen ovale perméable, où certaines bulles traversent la cloison interauriculaire vers l'oreillette gauche, comme indiqué. Une procédure comparable, mais avec un aspect normal en revanche, avec septum interauriculaire intact, est illustrée à la figure 8.11c. [Voir aussi le clip vidéo correspondant sur le DVD joint.]

d'une embolie gazeuse paradoxale à travers un foramen ovale perméable et offre l'opportunité d'une surveillance de la fonction cardiaque, qui peut être sévèrement altérée en cas d'embolie gazeuse (figure 10.6). D'une autre façon, le foramen ovale peut être identifié par l'imagerie Doppler couleur. La détection d'un foramen ovale perméable ou du défaut d'un septum interauriculaire peut être considérée comme une contre-indication à la neurochirurgie en position assise. Étant donné le niveau élevé de suspicion et la capacité à faire progresser un cathéter d'aspiration dans l'oreillette droite, ces complications

peuvent être détectées et traitées sans ETO, sauf cas particulier. Ainsi, si les indications pour procéder à l'ETO sont des recommandations de niveaux II et III, il est probable que l'utilisation ultérieure de l'ETO contribuera, à l'avenir, à élucider les divers aspects des effets hémodynamiques de la chirurgie.

Chirurgie laparoscopique, cœlioscopie

L'amplitude, la complexité et la durée des procédures réalisées par laparoscopie ne cessent d'augmenter. En outre, les patients qui subissent de telles opérations sont plus susceptibles d'être âgés et d'avoir des comorbidités significatives. La gestion peropératoire de la cœlioscopie chez les patients présentant des comorbidités peut être complexe. L'ETO peut aider dans le diagnostic et la prise en charge de l'instabilité hémodynamique. Un pneumopéritoine entraîne habituellement une augmentation de la précharge et de la post-charge associée à la préservation de la fonction cardiaque chez les patients normaux et une altération de la fonction cardiaque chez les patients présentant une pathologie cardiaque préexistante. Un certain nombre d'études ont documenté la distension ventriculaire et la réduction de la fraction d'éjection ventriculaire en présence d'une fréquence cardiaque et d'une pression sanguine normales [28,29]. Un pneumopéritoine, en association avec la position de Trendelenburg, peut se traduire par une augmentation très importante de la précharge, ce qui peut ne pas être toléré par des patients avec une pathologie cardiaque préexistante [28,29]. L'ETO permet une différenciation rapide entre hémorragie et embolie de CO₂ et la détection d'une augmentation de la pression auriculaire droite par rapport à la pression auriculaire gauche (avec un septum interauriculaire bombant vers la gauche) et un foramen ovale perméable, ce qui entraîne un risque d'embolie systémique (figure 10.6) [30]. Au contraire de l'ETO, l'interprétation des données enregistrées à partir du cathétérisme artériel pulmonaire pendant la laparoscopie est compliquée par le pneumopéritoine en raison de la transmission



Figure 10.7. La VCI peut être vue et suivie pour identifier les pathologies telles que du tissu tumoral (illustré), un thrombus ou un matériel embolique. [Voir aussi le clip vidéo correspondant sur le DVD joint.]

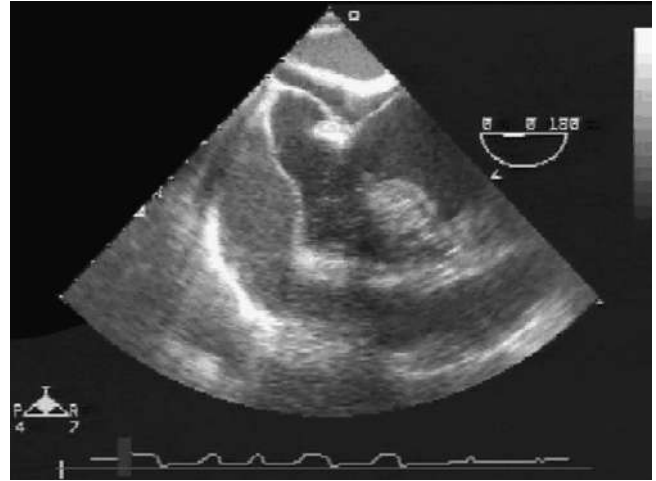


Figure 10.8. Le liquide péricardique peut conduire à une tamponnade, surtout s'il s'accumule rapidement. [Voir aussi le clip vidéo correspondant sur le DVD joint.]

des pressions à la cavité thoracique et, en plus, par les changements de position du patient.

Transplantation hépatique

Les patients souffrant d'insuffisance hépatique ont une physiologie extrêmement perturbée liée à une circulation à faible résistance, une diathèse hémorragique majeure, l'augmentation du volume circulant et, dans certains cas, une cardiomyopathie (par exemple, en raison d'une hémochromatose ou de dépôts amyloïdes). L'ETO permet la surveillance du remplissage et de la fonction ventriculaire durant la transplantation hépatique. Elle est particulièrement utile pendant la reperfusion, lorsqu'une hypotension est fréquente. L'ETO peut différencier une baisse de la précharge ventriculaire gauche et une embolie gazeuse ou thrombotique [31]. Les dysfonctions hépatiques secondaires à une transplantation hépatique peuvent être secondaires à une sténose de la VCI et/ou à un thrombus chez 2 à 5 % des patients [32]. Les veines hépatiques et la VCI sont examinées par ETO ; des processus pathologiques (par exemple, une tumeur ou un thrombus) sont parfois visualisés (figure 10.7) et le flux dans les veines hépatiques et la VCI est mesuré par Doppler pulsé, produisant des ondes de forme semblable à celle des veines pulmonaires (voir le chapitre 8). Il est important, cependant, d'envisager la présence de varices œsophagiennes, qui sont une contre-indication relative à l'examen par ETO, surtout en présence d'un récent saignement.

Procédures chirurgicales pour les traumatisés et les patients critiques de niveau III

Déplacer des patients critiques vers la salle d'opération pour des interventions chirurgicales est souvent nécessaire. Ces patients sont souvent difficiles à gérer, avec des réserves physiologiques limitées et de multiples facteurs de risque pour des pathologies comme la maladie

thrombo-embolique, les troubles hémodynamiques et l'hypoxémie. Dans une étude, l'utilisation de l'échocardiographie chez des patients ayant une intervention d'urgence pour des traumatismes et présentant une hypoxémie peropératoire inexplicée a conduit à la modification du plan chirurgical dans 23 % des cas [33]. L'instabilité hémodynamique inexplicée dans ce groupe de patients était associée à la découverte de nouvelles anomalies à l'ETO dans 80 % des cas [33].

Une tamponnade cardiaque suspectée peut être rapidement confirmée par une ETO. La quantité de liquide péricardique nécessaire pour produire une tamponnade varie avec la rapidité de son accumulation. Les résultats échographiques doivent être interprétés au regard du processus de la maladie produisant l'épanchement et le trouble hémodynamique. Quelques exemples d'épanchements péricardiques sont présentés dans la figure 10.8.

L'hypoxémie s'explique généralement par un œdème pulmonaire et la différenciation entre un œdème pulmonaire cardiogénique et non cardiogénique (qui peut produire un syndrome de détresse respiratoire de l'adulte) peut être difficile avec ou sans cathétérisation de l'artère pulmonaire (et de ses risques associés). L'ETO, quoi qu'il en soit, permet de différencier dysfonction systolique, diastolique et valvulaire et d'identifier, par exclusion, les causes non cardiogéniques d'un œdème pulmonaire aigu (figure 10.9). Cinquante pour cent des patients atteints d'un œdème pulmonaire aigu en réanimation ont une fonction systolique normale. Bon nombre d'entre eux ont une dysfonction diastolique qui est évaluée par examen des flux transmitraux et pulmonaires veineux. L'évaluation de la fonction diastolique est difficile, cependant, la « norme » varie avec l'âge. Une discussion détaillée sur la fonction diastolique sort du cadre de ce livre. En outre, il y a l'avantage supplémentaire de la capacité de l'ETO à détecter un épanchement pleural (figure 10.10). Dans l'environnement des soins intensifs, l'échographie du poumon est en train de devenir un outil remarquablement souple et utile dans le diagnostic des pathologies du parenchyme pulmonaire et de la plèvre [34].

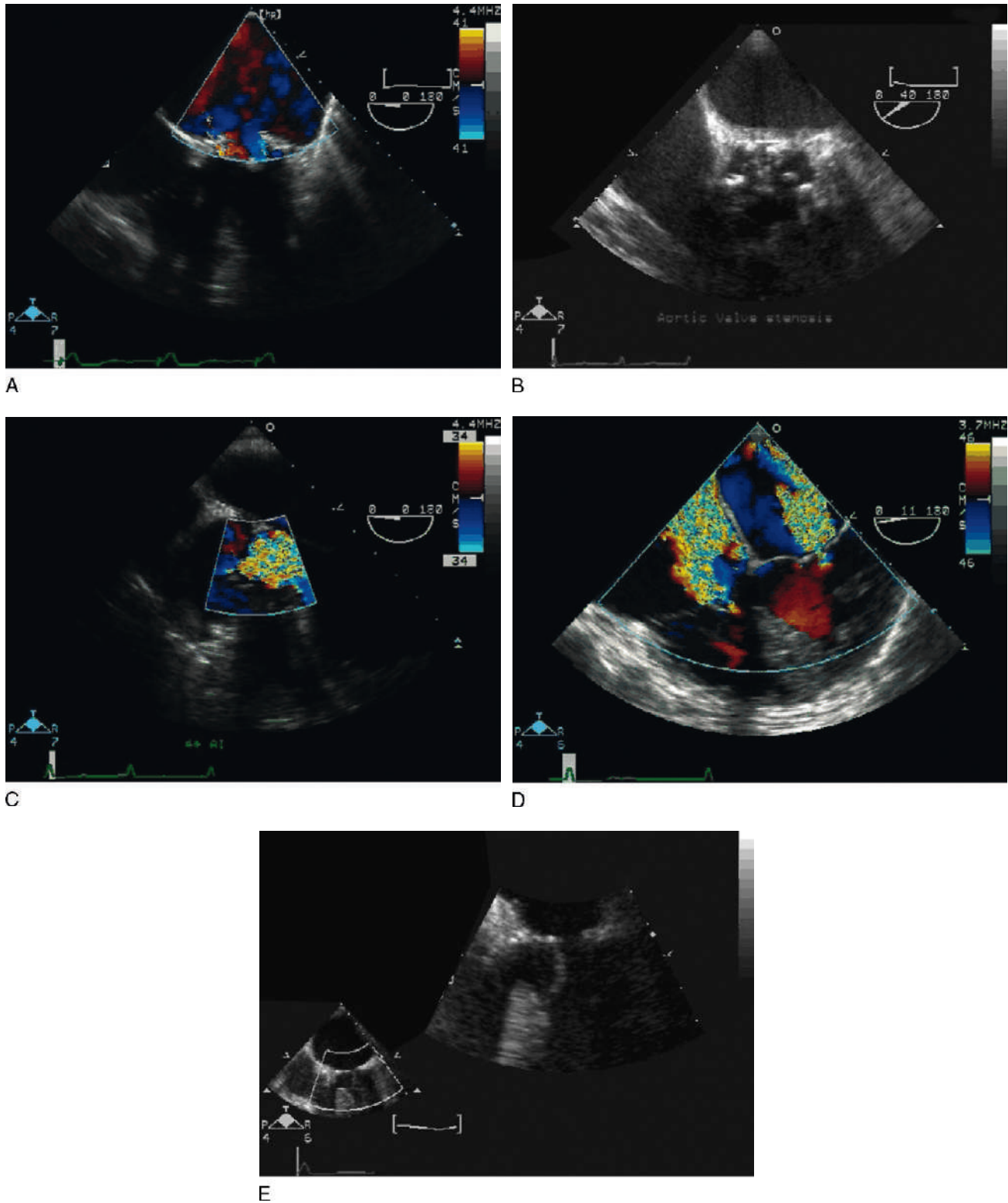


Figure 10.9. L'insuffisance cardiaque peut être attribuée à une dysfonction systolique significative, comme le montre la [figure 10.3](#), ou à une maladie valvulaire, qui est illustrée par divers exemples. **A.** Régurgitation mitrale sévère. **B.** Valve aortique sténotique. **C.** Fuite aortique. **D.** Fuites mitrale et tricuspide. **E.** Diagnostic échocardiographique classique : mouvement systolique antérieur du feuillet antérieur de la valve mitrale. Ceci produit un obstacle dynamique à l'éjection ventriculaire gauche, survenant au cours de la systole. Cela survient classiquement au cours d'une cardiomyopathie hypertrophique obstructive ou à la suite d'une réparation d'une valvule mitrale déficiente. [Voir aussi le clip vidéo correspondant sur le DVD joint.]

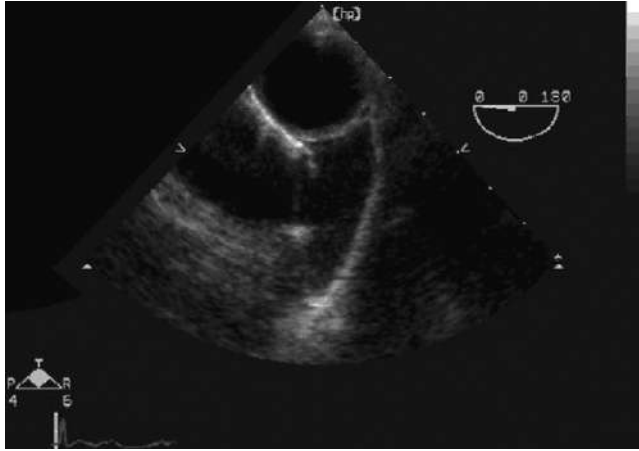


Figure 10.10. L'ETO peut montrer un épanchement pleural. La visualisation de l'aorte dans le champ d'examen l'identifie comme la cavité pleurale gauche. [Voir aussi le clip vidéo correspondant sur le DVD joint.]

Aperçus physiologiques et physiopathologiques de l'échographie transœsophagienne

Relation pression/volume dans le cœur

La courbe de Frank-Starling peut être interprétée en utilisant l'échocardiographie. La précharge est mesurée comme la surface télédiastolique du ventricule gauche (figure 10.1) et le volume systolique calculé à l'aide de la mesure Doppler de la vitesse et de la mesure de la section de la zone adéquate, généralement la chambre de chasse du ventricule gauche, et de la coupe petit axe basale des gros vaisseaux (voir le chapitre 8). D'une manière générale, les études sur l'aspect des flux entre les cavités cardiaques et les gros vaisseaux peuvent conduire à un aperçu intéressant des changements physiologiques (par exemple, de vieillissement) et de la physiopathologie. L'étude de la dégradation de la relaxation et la « diastologie » est un domaine controversé de la cardiologie moderne, comportant de nombreux aspects et observations faits par le biais de l'échocardiographie [35]. La distinction entre dysfonction systolique et diastolique ne peut être faite de façon fiable que par échocardiographie. À l'heure actuelle, les différences d'évolution et de réponse au traitement entre les deux n'ont pas été démontrées de façon fiable.

Embolie de thrombus, graisseuse, d'air et de gaz

Le syndrome d'implantation de ciment osseux, auquel il est fait allusion plus haut dans ce chapitre, est provoqué par la migration de la graisse de la moelle, de l'air ou d'un thrombus à partir de la veine fémorale au travers du cœur droit, ce qui augmente les résistances vasculaires pulmonaires et peut causer un travail

supplémentaire important pour le cœur droit. L'échocardiographie a montré l'association temporelle entre les phénomènes emboliques et le syndrome clinique et a donc aidé à élucider sa physiopathologie. Alésage, pose de prothèse et réduction de hanche sont les périodes à haut risque d'embolie pulmonaire. L'embolisation après une réduction de hanche est due à la coudure de la veine fémorale, ce qui permet au matériel obstructif de rejoindre la circulation centrale. La charge embolique, qui détermine les conséquences hémodynamiques, peut être quantifiée et stratifiée par l'ETO [20].

Deux types d'embolie sont visualisés sur l'échographie : un aspect de miliaire (sang froid et air) et des embolies plus importantes, davantage susceptibles de représenter un thrombus. Les thrombus sont plus susceptibles de se produire avec la chirurgie du genou en raison de la compression pneumatique de l'artère et la veine fémorales, entraînant une stase, des lésions endothéliales et une acidose. L'hypertension artérielle pulmonaire se produit avec une charge embolique importante, en raison d'une obstruction mécanique et de la libération de médiateurs vaso-actifs à partir des plaquettes et d'autres sources.

Ces aperçus sur le processus de formation de l'embolie et sa migration auraient été difficiles à obtenir sans une ETO peropératoire. Il est probable que l'expansion de l'ETO en chirurgie non cardiaque permettra d'accroître la compréhension d'autres aspects de la physiopathologie périopératoire. Alors que ces enseignements ont été obtenus grâce à l'utilisation de l'ETO dans différentes populations de patients, la justification à l'utilisation de l'ETO pour un patient donné ne peut être fondée que sur l'avis du praticien opérateur. Cette décision sera prise au cas par cas, en fonction de la balance bénéfique/risque. Il ne fait pas de doute que, de plus en plus de praticiens devenant plus habiles dans l'usage de l'ETO et l'utilisant en tant qu'outil de monitoring d'appoint, elle sera employée plus largement dans de nombreux scénarios opérationnels.

POINTS CLÉS

- Le rôle de l'échographie transœsophagienne (ETO) en chirurgie non cardiaque est en évolution et est susceptible de continuer à progresser.
- La présence ou la probabilité d'une instabilité hémodynamique reste l'indication générale la plus claire pour l'utilisation de l'ETO.
- L'ETO contribue à optimiser la prise en charge périopératoire des patients à haut risque chirurgical.
- Les patients devant subir une chirurgie vasculaire majeure, une chirurgie orthopédique majeure, une transplantation hépatique et des interventions associées à un risque majeur d'embolisation sont ceux qui tirent le plus de bénéfices de l'ETO.
- L'échocardiographie a contribué à la compréhension de la physiopathologie, entre autres du syndrome d'implantation du ciment osseux et d'embolie gazeuse.

RÉFÉRENCES

1. Thys DM, Abel M, Bollen BA, et al : Practice guidelines for perioperative transesophageal echocardiography. A report by the American Society of Anesthesiologists and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists Task Force on Transesophageal Echocardiography. *Anesthesiology* 84 : 986-1006, 1996.
2. Sutton DC, Cahalan MK : Intraoperative assessment of left ventricular function with transesophageal echocardiography. *Cardiol Clin* 11 : 389-398, 1993.
3. Lin T, Chen Y, Lu C, Wang M : Use of transesophageal echocardiography during cardiac arrest in patients undergoing elective noncardiac surgery. *Br J Anaesth* 96 : 161-170, 2006.
4. Suriani RJ, Neustein S, Shore-Lesserson L, Konstadt S : Intraoperative transesophageal echocardiography during noncardiac surgery. *J Cardiothor Vasc Anesth* 12 : 274-280, 1998.
5. Sinclair S, James S, Singer M : Intraoperative intravascular volume optimization and length of hospital stay after repair of proximal femoral fracture : Randomized controlled trial. *BMJ* 315 : 909-912, 1997.
6. Gan TJ, Soppitt A, Maroof M, et al : Goal-directed intraoperative fluid administration reduces length of hospital stay after major surgery. *Anesthesiology* 97 : 820-826, 2002.
7. Ashidagawa M, Ohara M, Koide Y : An intraoperative diagnosis of dynamic left ventricular outflow tract obstruction using TEE leads to treatment with intravenous disopyramide. *Anesth Analg* 94 : 310-312, 2002.
8. Poelaert JJ, Trouerbach J, DeBuyzere M, et al : Evaluation of transesophageal echocardiography as a diagnostic and therapeutic aid in a critical care setting. *Chest* 107 : 774-779, 1995.
9. Fontes ml, Bellow W, Ngo L, et al : Assessment of ventricular function in critically ill patients: Limitations of PAC. *J Cardiothor Vasc Anesth* 13 : 3521-3527, 1999.
10. Reich DL, Konstadt S, Neustein S, et al : Intraoperative transesophageal echocardiography for the detection of cardiac preload changes induced by transfusion and phlebotomy in paediatric patients. *Anesthesiology* 79 : 10-15, 1993.
11. Poldermans D, Boersma E, Bax JJ, et al : The effect of bisoprolol on perioperative mortality and myocardial infarction in high-risk patients undergoing vascular surgery. Dutch Echocardiographic Cardiac Risk Evaluation Applying Stress Echocardiography Study Group. *New Engl J Med* 341 : 1789-1794, 1999.
12. Eagle KA, Brundage BH, Chaitman BR, et al : Guidelines for perioperative cardiovascular evaluation for noncardiac surgery. Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee on Perioperative Cardiovascular Evaluation for Noncardiac Surgery). *J Am Coll Cardiol* 27 : 910-948, 1996.
13. Roizen MF, Beaupre PN, Alpert RA, et al : Monitoring with two-dimensional transesophageal echocardiography: Comparison of myocardial function in patients undergoing supraceliac, suprarenal-infraceliac or infrarenal aortic occlusion. *J Vasc Surg* 1 : 300-305, 1984.
14. Eisenberg MJ, London MJ, Leung JM, et al : Monitoring for myocardial ischemia during noncardiac surgery : A technology assessment of transesophageal echocardiography and 12-lead electrocardiography. *JAMA* 268 : 210-216, 1992.
15. Krupski WC, Layug EL, Reilly LM, et al : Comparison between cardiac morbidity between aortic and infrainguinal operations. *J Vasc Surg* 15 : 354-363, 1992.
16. Krupski WC, Layug EL, Reilly LM, et al : Comparison of cardiac morbidity rates between aortic and infrainguinal operations : Two-year follow up. *J Vasc Surg* 18 : 609-615, 1993.
17. Kolev N, Brase R, Swanevelder J, et al : The influence of transesophageal echocardiography on intra-operative decision making. A European multicentre study. European Perioperative TOE Research Group. *Anaesthesia* 53 : 767-773, 1998.
18. Gillespie DL, Connelly GP, Arkoff HM, et al : Left ventricular dysfunction during infrarenal abdominal aortic aneurysm repair. *Am J Surg* 168 : 144-147, 1994.
19. Schmidlin D, Bettex D, Bernard E, et al : Transoesophageal echocardiography in cardiac and vascular surgery: Implications and observer variability. *Br J Anaesth* 86 : 497-505, 2001.
20. Koessler MJ, Fabiani R, Hamer H, Pitto RP : The clinical relevance of embolic events detected by TOE during cemented total hip arthroplasty : A randomized clinical trial. *Anesth Analg* 92 : 49-55, 2001.
21. Johnson C, Lewis KD, Steen SN, et al : Transesophageal echocardiography in the anaesthetic management of total hip arthroplasty. *Acta Anaesth Scand* 39 : 135-138, 2001.
22. Christie J, Robinson CM, Pell AC, et al : Transcardiac echocardiography during invasive intramedullary procedures. *J Bone Joint Surg Br* 77 : 450-455, 1995.
23. Parmet JL, Horrow JC, Berman AT, et al : The incidence of large venous emboli during total knee arthroplasty without pneumatic tourniquet use. *Anesth Analg* 87 : 439-444, 1998.
24. Mammoto T, Hayashi Y, Ohnishi Y, Kuro M : Incidence of venous and paradoxical air embolism in neurosurgical patients in the sitting position : Detection by transesophageal echocardiography. *Acta Anaesth Scand* 42 : 643-647, 1998.
25. Gottlieb JD, Ericsson JA, Sweet RB : Venous air embolism : A review. *Anesth Analg* 44 : 773-779, 1965.
26. Reeves ST, Bevis LA, Bailey BN : Positioning of a right atrial air aspiration catheter using transesophageal echocardiography. *J Neurosurg Anesthesiol* 8 : 123-125, 1996.
27. Bunegin L, Albin MS, Helsel PE, et al : Positioning the right atrial catheter: A model for reappraisal. *Anesthesiology* 55 : 343-348, 1981.
28. Harris SN, Ballantyne GH, Luther MA, et al : Alterations of cardiovascular performance during laparoscopic colectomy: A combined hemodynamic and echocardiographic analysis. *Anesth Analg* 76 : 1067-1071, 1996.
29. Rist M, Hemmerling TM, Rauh R, et al : Influence of pneumoperitoneum and patient positioning on preload and splanchnic blood volume in laparoscopic surgery of the lower abdomen. *J Clin Anesth* 13 : 244-249, 2001.
30. Tupperainen T, Makinen J, Salonen M : Reducing the risk of systemic embolism during gynecological laparoscopy: Effect of volume preload. *Acta Anaesth Scand* 46 : 37-42, 2001.
31. Ellis JE, Lichtor JL, Feinstein SB, et al : Right heart dysfunction, pulmonary embolism and paradoxical embolization during liver transplantation : A transesophageal two-dimensional echocardiographic study. *Anesth Analg* 68 : 777-782, 1989.
32. Bjerke RJ, Miele LA, Borsky BJ, et al : The use of transesophageal echocardiography for the diagnosis of inferior vena caval outflow obstruction during liver transplantation. *Transplantation* 54 : 939-941, 1992.
33. Brandt RR, Oh JK, Abel MD, et al : Role of emergency intraoperative transesophageal echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 11 : 972-977, 1998.
34. Lichtenstein DA : Pleural effusion and introduction to the lung ultrasound technique. In *General Ultrasound in the Critically Ill*, Berlin, Springer-Verlag, 2005.
35. Gandhi SK, Powers JC, Nomeir AM, et al : The pathogenesis of acute pulmonary edema associated with hypertension. *New Engl J Med* 344 : 17-22, 2001.

Échographie Doppler transcrânienne en unité de soins intensifs et en salle d'opération

11

IAIN MOPPETT

L'échographie Doppler transcrânienne a été introduite en premier par Aaslid et al. [1] en 1982 comme une technique non invasive de surveillance du débit sanguin cérébral et son comportement dynamique. La détection d'embolies cérébrales au cours d'une endartériectomie carotidienne a été décrite en 1990 [2]. En dépit des preuves limitées d'avantages pour les patients [3], l'échographie Doppler transcrânienne est maintenant considérée comme une technique standard pour la surveillance cérébrale, à la fois périopératoire et en unité de réanimation [4].

Anatomie échographique

Les artères cérébrales basales sont des branches des artères carotides internes (ACI) et vertébrales et supportent pratiquement tout le débit sanguin cérébral. Elles sont enfermées dans la voûte crânienne, osseuse, et elles s'anastomosent à différents niveaux par l'intermédiaire du polygone de Willis (figure 11.1). Les veines cérébrales se rejoignent pour former la grande veine cérébrale et les sinus veineux, le flux se déversant finalement dans la veine jugulaire interne.

La structure osseuse du crâne restreint la possibilité de visualiser les structures intracrâniennes. Toutefois, trois fenêtres échographiques sont présentes. La partie antérieure de l'os temporal est fine et permet l'accès à l'artère cérébrale moyenne (ACM), aux artères cérébrale antérieure (ACA) et cérébrale postérieure (ACP) ; l'artère ophthalmique passe par le trou orbitaire ; les artères basilaire et vertébrale peuvent être visualisées via le foramen magnum (trou occipital). Environ les deux tiers du débit sanguin cérébral sont supportés par les deux ACM et la portion proximale de l'ACM qui cheminent presque perpendiculairement à la fenêtre temporelle. Ces éléments font des ACM les vaisseaux de choix pour la plupart des examens d'écho-Doppler transcrâniens.

Comment réaliser un écho-Doppler transcrânien

Équipement

Du matériel et des logiciels spécialisés sont nécessaires pour réaliser un écho-Doppler transcrânien. La plupart des examens sont effectués en utilisant une sonde de 2 MHz, même si les sondes de 1 MHz peuvent être utiles

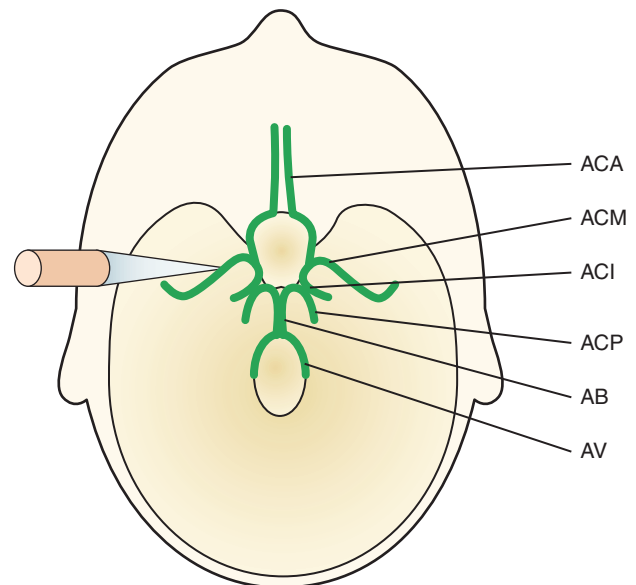


Figure 11.1. Anatomie échographique des artères cérébrales. Les artères cérébrales moyenne (ACM) et antérieure (ACA) sont des branches de l'artère carotide interne (ACI) et l'artère cérébrale postérieure (ACP) naît de l'artère basilaire (AB), qui est formée à partir des deux artères vertébrales (AV). L'anastomose entre les vaisseaux est réalisée, à des degrés divers, par les artères communicantes antérieures et postérieures. L'échographie par la fenêtre temporelle permet d'accéder à l'ACM, l'ACA et l'ACP.

lorsque la pénétration à travers l'os est problématique. Deux sondes capables d'enregistrements simultanés sont utiles, mais pas indispensables. La plupart des fabricants de matériel fournissent des sondes adaptées et des supports de sonde conçus pour faciliter l'utilisation de l'écho-Doppler transcrânien pendant la chirurgie et pour des périodes prolongées.

Bien que les logiciels varient selon le fabricant, les caractéristiques suivantes doivent être disponibles : temps réel, marquage couleur avec son du profil débit-temps-intensité, analyse des flux pulsatiles (transformation de Fourier rapide), pour donner des valeurs « battement par battement » ou des tendances sur les valeurs moyennes de vitesses de flux systolique, moyenne et diastolique (VFs, VFm, VFd) ; puissance du signal ; indices dérivés tels que l'index de résistance (IR) et l'indice de pulsatilité (IP) ;

détection manuelle et automatisée de l'embolie ; possibilités d'enregistrement hors ligne.

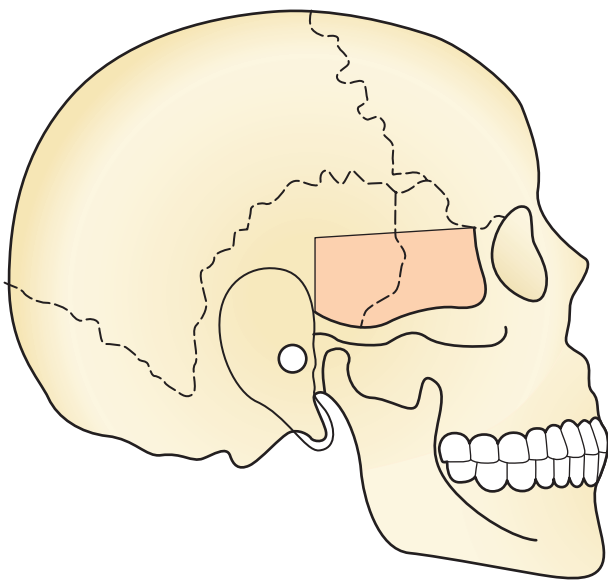
Technique

Les patients sont habituellement examinés dans la position allongé sur le dos pour la fenêtre temporelle, mais l'examen peut être effectué avec le patient dans n'importe quelle position confortable. La fenêtre temporelle est définie par la zone située 2 cm au-dessus d'une ligne tracée entre le tragus de l'oreille et le canthus externe de l'œil (figure 11.2).

Artère cérébrale moyenne

Après l'application de gel d'échographie, l'opérateur positionne la sonde fermement contre la peau du patient, perpendiculaire au crâne. La profondeur initiale doit être fixée à 50 mm et l'opérateur devrait systématiquement examiner toute la zone de la fenêtre acoustique. La plupart des opérateurs aboutissent sur le signal en utilisant une combinaison de repères visuels et auditifs. Si aucun signal n'est trouvé, alors le processus est répété à une profondeur différente, de 45 à 75 mm. Une fois un faible signal constaté, le signal optimal est obtenu par de petits ajustements de la position de la sonde et de l'angle d'insonation.

Le vaisseau devrait être suivi sur toute sa longueur, si possible, à partir de son origine à la bifurcation carotidienne interne (environ 60-65 mm). À ce point, les déflexions positives (ACM) et négatives (ACA) doivent être perçues, donnant une plus grande certitude que c'est bien l'ACM qui est examinée. La profondeur est ensuite modifiée jusqu'à ce que la déviation maximale positive soit vue. Une autre confirmation du positionnement correct est que la compression de l'artère carotide ipsilatérale provoque une diminution de la VF de l'ACM.



■ **Figure 11.2.** Fenêtre temporelle. La partie fine de l'os temporal, qui permet l'accès des ultrasons au cerveau, est représentée en rose.

La sonde doit ensuite être fixée à l'aide de dispositifs spécialement conçus pour maintenir une profondeur et un angle d'insonation constants. Avec la pratique, l'opérateur peut trouver l'ACM pour environ 90 % des patients [5].

Artère communicante antérieure

L'approche est la même que pour l'ACA, comme pour l'ACM, sauf que la sonde est orientée plus en avant et que le vaisseau se trouve à une profondeur plus grande (60-75 mm). La déflexion est négative (débit s'éloignant de la sonde).

Artère cérébrale postérieure

Pour l'ACP, l'approche est la même que pour l'ACM, mais avec une angulation postérieure de la sonde et une profondeur de 50-70 mm. Le débit est dirigé vers la sonde.

Artères vertébrale et basilaire

Pour accéder à la fenêtre du foramen magnum, le patient est assis avec le cou fléchi (menton sur la poitrine) et la sonde est appliquée sur la ligne médiane du cou, à environ 2 cm au-dessous de la limite des cheveux, avec une angulation céphalique modérée. Les artères vertébrales sont trouvées à environ 45-75 mm de là, légèrement en oblique par rapport au plan sagittal. L'artère basilaire est généralement située sur la ligne médiane autour de 100 mm. Le flux s'éloigne de la sonde. Les caractéristiques des vaisseaux qui peuvent être examinés par Doppler transcrânien sont indiquées au tableau 11.1.

Mesures

Vélocité du flux

Les vitesses d'écoulement varient chez un individu et entre les individus, pour les raisons techniques évoquées précédemment et en raison d'une variabilité physiologique normale. Les valeurs systolique et diastolique sont sujettes à une variabilité plus importante. Les vitesses de flux sont généralement exprimées comme la moyenne pondérée dans le temps de la vitesse du flux. Les valeurs normales pour la vitesse du flux ont été publiées ; plus de données sont disponibles sur les VF de l'ACM que pour les autres vaisseaux. Les valeurs normales pour la vitesse du flux et les facteurs affectant la vitesse du flux sont énumérées respectivement dans les tableaux 11.2 et 11.3.

Résistance vasculaire cérébrale

Différents indices ont été décrits comme marqueurs de substitution des résistances vasculaires cérébrales :

- index de résistance : $IR = (VF_s - VF_d)/VF_s$;
- indice de pulsativité : $IP = (VF_s - VF_d)/VF_m$.

Ces indices sont souvent cités dans la littérature, avec une normale d'IP de 0,6 à 1,1.

TABLEAU 11.1. Caractéristiques des vaisseaux

Artère	Fenêtre	Orientation de la sonde	Profondeur (mm)	Direction du flux	Effet de la compression de la carotide homolatérale
Cérébrale moyenne	Temporale	Perpendiculaire	35-60	Vers la sonde	Réduit, avec hyperhémie à la libération
Cérébrale antérieure	Temporale	Antérieure	60-75	S'éloigne	Possibilité d'un flux inversé
Cérébrale postérieure	Temporale	Postérieure	55-70	Vers la sonde	Possibilité de vitesses augmentées
Vertébrale	Foramen magnum (trou occipital)	Céphalique et latérale	45-75	S'éloigne	Peu d'effet
Basilaire	Foramen magnum (trou occipital)	Céphalique	70-120	S'éloigne	Peu d'effet

TABLEAU 11.2. Valeurs normales de vélocité de flux

Vaisseau	Âge	Vélocité de flux (cm/s) moyenne [DS]
Artère cérébrale moyenne	< 60	63 [10]
Artère cérébrale moyenne	> 60	50 [13]
Artère cérébrale antérieure	Tout	51 [13]
Artère cérébrale postérieure	Tout	38 [11]
Artère vertébrale	Tout	37 [10]
Artère basilaire	Tout	39 [9]

TABLEAU 11.3. Facteurs affectant la vélocité de flux

Facteur	Effet
Âge	Diminue avec l'âge : 0,51 % par an
Sexe	10-15 % plus élevé chez la femme
SaO ₂	Augmente avec l'hypoxie
PaCO ₂	Augmente avec l'hypercapnie, diminue avec l'hypocapnie
Hématocrite	Augmente avec un hémocrite bas
PAM	Changements minimes dans les limites de l'autorégulation

Estimation de la pression de perfusion

La perfusion cérébrale est supposée être proportionnelle à la différence entre la pression artérielle en amont et la pression effective en aval. Diverses méthodes ont été proposées pour estimer la pression en aval de la circulation cérébrale, qui est une interaction complexe (et inconnue) entre la pression intracrânienne, la pression veineuse centrale et le tonus artériolaire [6]. Toutes ces méthodes nécessitent une mesure précise, préférentiellement battement par battement, de la pression artérielle.

Autorégulation statique

Provoquer une augmentation et une baisse par paliers de la pression artérielle systémique permet de tracer une partie de la courbe d'autorégulation statique. Cela se fait habituellement en utilisant des agents pharmacologiques, dont on pense qu'ils n'ont aucun effet sur la circulation cérébrale. En supposant que la pression artérielle du patient reste dans la fourchette d'autorégulation, alors le gradient de plateau peut être calculé pour donner une indication de l'efficacité de l'autorégulation (figure 11.3).

Réactivité au dioxyde de carbone

Le dioxyde de carbone agit comme un vasodilatateur cérébral indirect. À environ 1 à 2 kPa au-dessus et en dessous de la normocapnie, l'effet sur la vitesse du flux de l'ACM est approximativement linéaire. En induisant une hypercapnie (par hypoventilation ou en inspirant du dioxyde de carbone) ou une hypocapnie (hyperventilation), les valeurs pour la réactivité au dioxyde de carbone (RCO₂) peuvent être obtenues (figure 11.4).

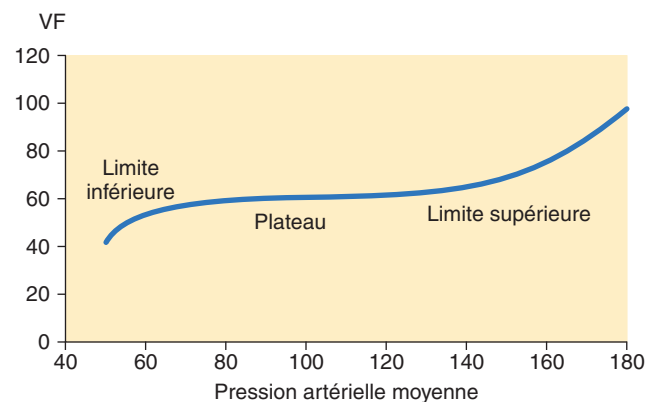


Figure 11.3. Autorégulation statique. En recourant à des variations pharmacologiques de la PAM, une courbe d'autorégulation statique peut être établie ; elle montre le plateau d'autorégulation (PA), situé entre les limites supérieure et inférieure de l'autorégulation.

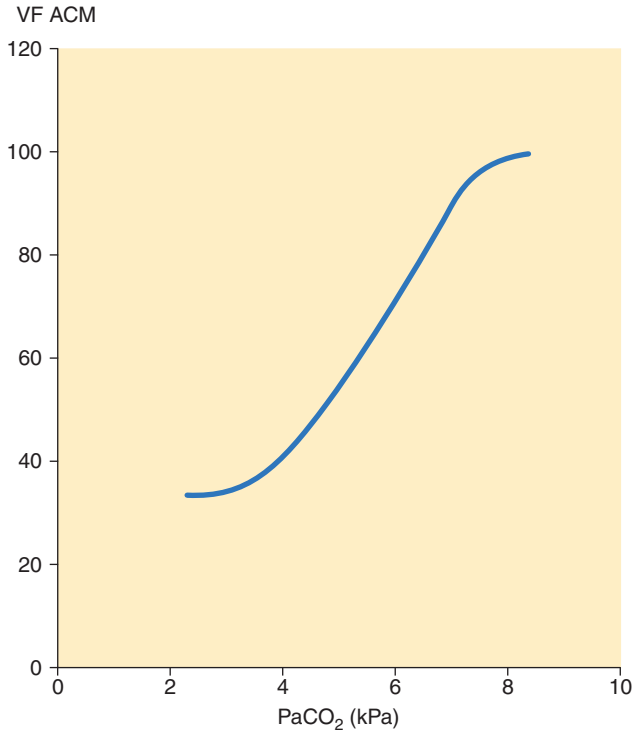


Figure 11.4. Réactivité au dioxyde de carbone. Les changements brutaux dans la concentration artérielle en dioxyde de carbone, dans certaines limites, entraînent une augmentation et une baisse proportionnelles de la vitesse du flux sanguin dans l'artère cérébrale moyenne (VF ACM).

$$RCO_2 = \left[\frac{(VF_{\text{hypercapnic}} - VF_{\text{normocapnic}}) / VF_{\text{normocapnic}}}{\text{incrément } CO_2} \right]$$

Les valeurs normales pour le changement de vitesse du flux de l'ACM sont de 20 à 30 % K.Pa⁻¹.

Comportement dynamique

L'étude du comportement d'autorégulation statique est consommatrice de temps, souvent impossible à réaliser et non physiologique. Diverses méthodes dynamiques ont été proposées pour évaluer la fonction d'autorégulation.

Test des brassards de cuisse (« thigh cuff test »). Une soudaine et brève hypotension est induite par la libération des garrots bilatéraux et l'évolution dans le temps de la pression artérielle moyenne (PAM) et de la vitesse de flux de l'ACM qui s'ensuit. Si l'autorégulation est intacte, alors le flux de l'ACM doit être récupéré plus vite que la PAM. Aaslid et al. [7] ont proposé un indice d'autorégulation basé sur la description mathématique de cette relation, 9 étant l'indice le plus rapide possible et 0 indiquant une autorégulation absente. La figure 11.5 illustre le test du brassard de cuisse.

Réponse au test d'hyperbémie transitoire. Une compression brève (environ 10 s) de l'artère carotide entraîne une diminution de la perfusion de l'hémisphère ipsilatéral, conduisant à une vasodilatation (par modification des résistances vasculaires). Dès la libération de la compression, il y a une augmentation du débit (hyperémie réactionnelle). Ce dépassement peut être soit

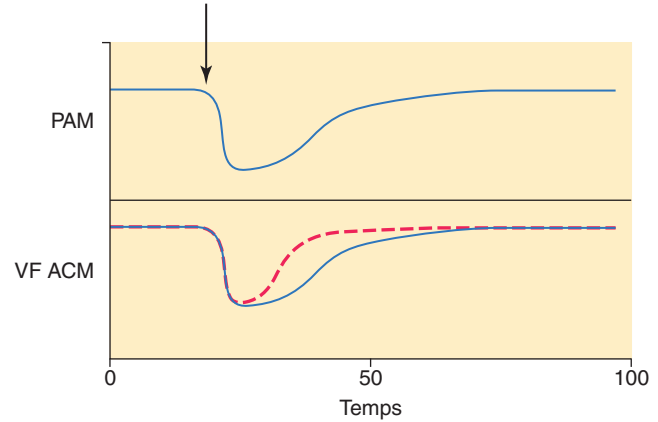


Figure 11.5. Test du brassard de cuisse. Quand les garrots bilatéraux de cuisse sont soudainement libérés (flèche), il y a une diminution brève de la PAM, qui se rétablit ensuite. Si l'autorégulation cérébrale est intacte, la vitesse d'écoulement de l'artère cérébrale moyenne (VF ACM) se rétablit plus rapidement que la PAM (ligne pointillée), alors que si l'autorégulation est altérée, les changements de la VF de l'ACM sont parallèles à ceux de la PAM (trait plein).

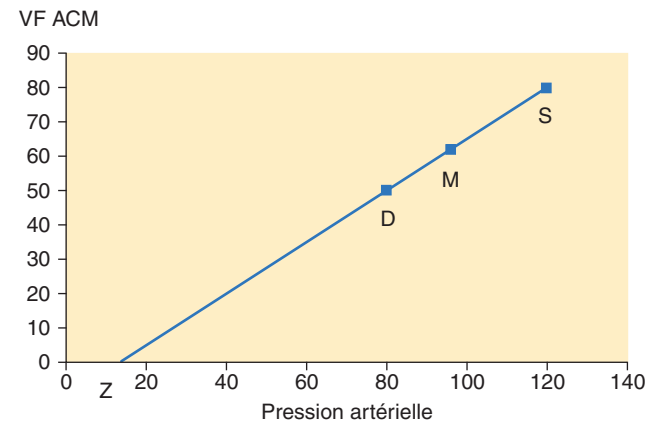


Figure 11.6. Mesure de la pression de perfusion cérébrale (PPC). Bien que les méthodes varient, le principe de base est le même. Une courbe de régression linéaire peut être établie entre deux points ou plus sur la relation de la vitesse d'écoulement et de la pression artérielle. Les pressions systolique (S), moyenne (M) et diastolique (D) sont présentées ici, mais tous les points peuvent être utilisés. L'intersection de cette ligne avec l'axe des x marque la pression théorique à partir de laquelle aucun débit sanguin cérébral ne survient (Z) et la différence entre ceci et la PAM est retenue pour représenter la PPC.

quantifié comme le rapport de l'augmentation sur le débit original (ratio THR), soit normalisé pour le degré de compression [8,9]. La figure 11.6 illustre la mesure de la pression de perfusion cérébrale (PPC).

Indice moyen d'autorégulation. La pression artérielle systémique varie de manière cyclique de quelques millimètres de mercure en quelques minutes. Si l'autorégulation est intacte, la corrélation entre la PPC et la vitesse du flux de l'ACM doit être négligeable. Avec des logiciels appropriés, la corrélation entre la vitesse du flux de l'ACM et la PPC au cours de quelques minutes peut être calculée et les effets des interventions observés presque en temps réel [10].

Embolies

Une microembolie peut provoquer une brève distorsion du signal de l'écho-Doppler transcrânien en raison d'une différence d'impédance acoustique des graisses, du gaz et des caillots par rapport au sang. Ces « signaux transitoires de haute intensité » sont apparents. Les caractéristiques de ces signaux sont indiquées dans le [tableau 11.4](#). Des systèmes de détection automatique d'embolies ont été conçus, avec une sensibilité et une spécificité proches de celle des panels de témoins humains experts [11]. La différenciation par rapport à des artefacts n'est pas toujours possible, ni par rapport à des gaz ou des embolies particulières [12].

Littérature et preuves

Les preuves en faveur de l'écho-Doppler transcrânien peuvent être divisées en deux domaines :

1. est-ce que l'écho-Doppler transcrânien mesure ce qu'il prétend mesurer ?
2. le fait d'utiliser l'écho-Doppler transcrânien modifie-t-il l'évolution ?

Validité de la technique

L'écho-Doppler transcrânien mesure la VF et fournit une preuve indirecte de l'adéquation de la perfusion cérébrale et de la qualité des mécanismes cérébraux de régulation. L'information est indirecte parce que le flux sanguin est le produit de la VF et de la surface de la section du vaisseau. Si la surface de la section change, alors la relation entre VF et débit sanguin cérébral change. En outre, si l'angle de la sonde n'est pas parallèle à l'axe de l'écoulement, alors la VF maximale enregistrée peut ne pas correspondre à la valeur réelle, ce qui entraîne une sous-estimation du flux. Toutefois, lorsque l'angle d'insonation est maintenu constant, les *changements* de VF de l'ACM sont bien corrélés avec des changements du débit sanguin cérébral [13,14]. Le diamètre du segment de l'ACM examinée est généralement considéré comme à peu près constant en présence de variations de la PaCO₂ et de la PAM. Une lésion cérébrale

aiguë, en particulier une hémorragie sous-arachnoïdienne, peut provoquer des spasmes conduisant à une VF de l'ACM très élevée, même en présence d'un débit sanguin cérébral faible. Il existe peu de données comparant l'écho-Doppler transcrânien directement à d'autres méthodes d'évaluation de l'autorégulation statique et de la réactivité au dioxyde de carbone. Toutefois, les résultats des évaluations de l'écho-Doppler transcrânien concordent avec ceux d'autres techniques.

Résistances vasculaires cérébrales. IR et IP sont des rapports et sont donc moins touchés que les VF de l'ACM par l'angle de l'insonation. Théoriquement, la réduction de la PPC devrait conduire à une réduction de résistance des artéριοles cérébrales et donc à une réduction de l'IP. Ainsi, au moins dans certains cas, la réduction de la PPC peut entraîner une augmentation des IP. Aussi, la PAM, la compliance vasculaire et la PaCO₂ peuvent affecter ces indices. Cela limite l'amplitude de l'interprétation des changements de l'IP et l'IR.

Estimation de la pression de perfusion cérébrale. Différentes études ont évalué la corrélation entre la PPC estimée (écho-Doppler transcrânien), mesurée (pression intracrânienne) et les résultats prédits (volontaires sains). En général, les changements dans les estimations de la PPC suivent les changements de la PPC mesurée, mais les valeurs individuelles peuvent considérablement varier. Différents groupes ont eu tendance à utiliser différentes formules pour estimer la PPC, ce qui rend difficiles les comparaisons entre les études. En outre, la pression intracrânienne est seulement un facteur influençant la pression efficace d'aval de la circulation cérébrale ; il peut y avoir des cas où une mauvaise corrélation entre PPC mesurée et estimée est à prévoir.

Les mesures dynamiques d'évaluation de la réponse de la VF de l'ACM aux manœuvres physiologiques ou pharmacologiques peuvent fournir des informations plus fiables sur le comportement vasculaire cérébral. Il existe une corrélation raisonnable entre les diverses méthodes d'évaluation de l'autorégulation lorsque des inhibiteurs de l'autorégulation (hypercapnie, agents anesthésiques volatils) sont utilisés.

Effet de l'écho-Doppler transcrânien sur le pronostic

Actuellement, la valeur de l'écho-Doppler transcrânien est peut-être plus pronostique et diagnostique qu'elle n'est thérapeutique.

Endartériectomie carotidienne

Une dégradation neurologique pendant et après une endartériectomie carotidienne peut être causée par plusieurs facteurs : une réduction du débit à travers le clampage ; l'embolie d'une plaque, en particulier au niveau d'une dissection ou d'une occlusion ; un débit hyperhémique après libération du clampage avec une autorégulation anormale. L'écho-Doppler transcrânien peut être utilisé pour détecter tous ces événements. La détection en temps réel des embolies survenant lors de la manipulation d'un vaisseau peut permettre une modification de la technique chirurgicale et certains chercheurs ont

TABEAU 11.4. Caractéristiques des embolies

Caractéristiques	Commentaires
Vie courte	Généralement 10-100 ms
Signal de haute intensité	Intensité moyenne augmentée par rapport à une rétrodiffusion normale (> 12 dB), mais chevauchement significatif
Unidirectionnel	Embolie gazeuse occasionnellement bidirectionnelle, artefacts, généralement bidirectionnels
Mouvements	<i>Multigated</i> (c'est-à-dire à plusieurs profondeurs) montre un signal survenant à différents moments, les artefacts surviennent à toutes les profondeurs au même moment

constaté une réduction des taux d'accident vasculaire cérébral (AVC) postopératoires lors d'administration de dextran guidée par écho-Doppler transcrânien 40 [15].

Les réductions marquées de débit (> 90 %) sont associées à des AVC périopératoires [16], mais l'utilisation de shunts guidés par écho-Doppler transcrânien n'a pas montré une réduction de la morbidité. Certains chercheurs ont utilisé une VF perclampage basse et un IP postclampage haut comme indication de traitement postopératoire d'une hyperémie avec une réduction des taux postopératoires d'AVC. Les patients avec un RCO₂ normal sont moins susceptibles d'avoir besoin d'un shunt ; le RCO₂ s'améliore après l'intervention, mais l'identification des patients à risque ne conduit pas à de meilleurs résultats. Globalement, le consensus actuel est que l'écho-Doppler transcrânien est en mesure de fournir la preuve d'une altération du débit ou d'une pathologie embolique, mais que son utilité clinique reste à déterminer [3].

Chirurgie de pontage coronaire

Bien que les réductions de VF et de RCO₂ puissent être démontrées au cours de la chirurgie cardiaque, il n'y a aucune corrélation avec le pronostic. L'écho-Doppler transcrânien montre la présence d'un embolo cérébral associé à la canulation aortique, au clampage total et à l'injection veineuse dans le circuit de pontage [17]. Bien qu'une telle preuve ait conduit à l'utilisation d'oxygénateurs à membrane plutôt que d'oxygénateurs à bulle, il y a peu de preuves que le monitoring de ces variables par l'écho-Doppler transcrânien soit corrélé au pronostic [3].

Soins Intensifs neurologiques

Hémorragie sous-arachnoïdienne spontanée

Le vasospasme qui suit le saignement initial est une cause majeure de mortalité et de morbidité après une hémorragie sous-arachnoïdienne spontanée. L'angiographie est considérée comme le gold standard pour sa détection, mais il y a un risque important d'AVC. Une VF élevée (> 140 cm/s⁻¹) est assez spécifique (85–100 %) de la présence de vasospasmes, mais relativement peu sensible (60–90 %) par rapport à l'angiographie. Le manque de sensibilité peut être dû à plusieurs causes. Les valeurs normales de la VF varient avec l'âge ; utiliser un seuil spécifique selon un âge peut améliorer la sensibilité. Le vasospasme peut se produire en aval du point d'insonation ou au niveau d'un autre vaisseau à proximité. Aussi, une oligémie cérébrale est relativement fréquente après une hémorragie sous-arachnoïdienne spontanée ; ainsi, des VF élevées peuvent ne pas être présentes. Des lésions de l'ACI peuvent cacher une pathologie plus distale, c'est pourquoi l'utilisation du ratio de Lindgaard (VF ACM/VF ACI) aide à surmonter ce problème. Des ratios de moins de 3 sont rares chez les patients sans spasmes, tandis que les valeurs supérieures à 6 peuvent indiquer un vasospasme sévère. L'écho-Doppler transcrânien se prête à des tests répétés, ce qui améliore la sensibilité et peut permettre une détection plus précoce du vasospasme. Une correction des autres facteurs affectant la VF

(hématocrite, PaCO₂) peut être nécessaire si une ventilation contrôlée ou une hémodilution sont en cours. Une augmentation rapide de la VF (> 65 cm/s/j) est associée à un mauvais pronostic et peut constituer une indication pour une thérapie « triple H » (hémodilution, hypertension, hypervolémie) [18].

Actuellement, bien que l'écho-Doppler transcrânien fournisse des informations pertinentes sur la présence et la progression du spasme, il est difficile de dire si cela se traduit par un bénéfice significatif pour les patients [3].

Lésion cérébrale traumatique

L'écho-Doppler transcrânien a été largement utilisé pour la recherche dans le domaine du traumatisme crânien en raison de son caractère non invasif et de sa réalisation en temps réel. Une réponse triphasique du débit de perfusion cérébrale a été démontrée : le jour de la lésion (un débit de perfusion cérébrale bas, une extraction de l'oxygène et une VF de l'ACM normales) ; les jours 1 et 2 (une hyperémie, avec un fort débit de perfusion cérébrale, une VF de l'ACM élevée et une extraction d'oxygène faible) ; les jours 3 à 15 (un vasospasme avec un faible débit de perfusion cérébrale, une VF de l'ACM et une extraction d'oxygène élevées). Une réactivité vasculaire (évaluée avec le RCO₂, avec un brassard de cuisse, avec des indices de surveillance continue ou au test d'hyperhémie transitoire) a été rapportée par certains chercheurs comme étant perturbée après des traumatismes crâniens modérés ou sévères. Certains chercheurs ont rapporté une corrélation entre la perte de la réactivité vasculaire et le pronostic, tandis que d'autres ne l'ont pas observée. L'écho-Doppler transcrânien peut être utilisé pour évaluer l'effet des interventions cliniques telles que l'hyperventilation, l'hypertension et le traitement par mannitol, mais il y a certaines réserves liées au fait que les mesures d'écho-Doppler transcrânien (qui sont essentiellement globales) peuvent ne pas refléter réellement les modifications locales.

Une récente analyse d'experts n'a pas trouvé de preuves suffisantes pour recommander l'utilisation de l'écho-Doppler transcrânien dans les lésions cérébrales traumatiques, sauf si un vasospasme secondaire à une hémorragie sous-arachnoïdienne est présent [3]. Toutefois, de nombreux cliniciens considèrent l'utilisation de l'écho-Doppler transcrânien comme un élément essentiel de la surveillance multimodale en unité de soins intensifs neurologiques.

Mort cérébrale

L'évaluation du diagnostic de mort cérébrale par écho-Doppler transcrânien n'est pas une exigence formelle aux États-Unis, au Royaume-Uni ou en France. Elle peut fournir un appui supplémentaire en faveur du diagnostic chez des patients pour lesquels les tests formels ne peuvent pas encore être effectués. Finalement, le diagnostic est fait sur la base de la clinique, des critères d'inclusion et des critères d'exclusion. Différents aspects de flux ont été décrits, mais ceux-ci peuvent également se produire pendant une courte période après l'administration de sédatifs : flux diastolique réduit, absent ou inversé et courtes pointes systoliques [19].

Conclusion

L'écho-Doppler transcrânien est un outil en temps réel pour évaluer la vitesse d'écoulement du sang dans les artères cérébrales et a considérablement contribué à la compréhension de la physiologie vasculaire cérébrale. Il fournit des informations pronostiques et diagnostiques et de nombreux cliniciens devraient le considérer comme un outil de monitoring essentiel lors d'une endartériectomie carotidienne et en unité de soins intensifs neurologiques. Cependant, il existe peu de preuves sur le fait que l'utilisation de l'écho-Doppler transcrânien ait un impact sur le devenir du patient.

RÉFÉRENCES

1. Aaslid R, Markwalder TM, Nornes H : Noninvasive transcranial Doppler ultrasound recording of flow velocity in basal cerebral arteries. *J Neurosurg* 57 (6) :769-774, 1982.
2. Spencer MP, Thomas GI, Nicholls SC, Sauvage LR : Detection of middle cerebral artery emboli during carotid endarterectomy using transcranial Doppler ultrasonography. *Stroke* 21 (3) : 415-423, 1990.
3. Sloan MA, Alexandrov AV, Tegeler DH : Assessment: Transcranial Doppler ultrasonography. *Neurology* 62 : 1468-1481, 2004.
4. Moppett IK, Mahajan RP : Transcranial Doppler ultrasonography in anaesthesia and intensive care. *Br J Anaesth* 9 : 710-724, 2004.
5. Itoh T, Matsumoto M, Handa N, et al : Rate of successful recording of blood flow signals in the middle cerebral artery using transcranial Doppler sonography. *Stroke* 24 : 1192-1195, 1993.
6. Buhre W, Heinzl FR, Grund S, et al : Extrapolation to zero-flow pressure in cerebral arteries to estimate intracranial pressure. *Br J Anaesth* 90 : 291-295, 2003.
7. Aaslid R, Lindegaard KF, Sorteberg W, Nornes H : Cerebral autoregulation dynamics in humans. *Stroke* 20 : 45-52, 1989.
8. Giller CA : A bedside test for cerebral autoregulation using transcranial Doppler ultrasound. *Acta Neurochir* 108 (1-2) : 7-14, 1991.
9. Cavill G, Simpson EJ, Mahajan RP : Factors affecting assessment of cerebral autoregulation using the transient hyperaemic response test. *Br J Anaesth* 81 : 317-321, 1998.
10. Czosnyka M, Smielewski P, Kirkpatrick P, et al : Continuous assessment of the cerebral vasomotor reactivity in head injury. *Neurosurgery* 41 : 11-17, 1997.
11. Cullinane M, Reid G, Dittrich R, et al : Evaluation of new online automated embolic signal detection algorithm, including comparison with panel of international experts. *Stroke* 31 : 1335-1341, 2003.
12. Ringelstein EB, Droste DW, Babikian VL, et al : Consensus on microembolus detection by TCD. International Consensus Group on Microembolus Detection. *Stroke* 29 (3) :725-729, 1998.
13. Clark JM, Skolnick BE, Gelfand R, et al : Relationship of ¹³³Xe cerebral blood flow to middle cerebral arterial flow velocity in men at rest. *J Cerebr Blood Flow Metabol* 16 : 1255-1262, 1996.
14. ter Minassian A, Melon E, Leguerinel C, et al : Changes in cerebral blood flow during PaCO₂ variations in patients with severe closed head injury : Comparison between the Fick and transcranial Doppler methods. *J Neurosurg* 88 : 996-1001, 1998.
15. Dunne VG, Besser M, Ma WJ : Transcranial Doppler in carotid endarterectomy. *J Clin Neurosci* 8 : 140-145, 2001.
16. Ackerstaff RG, Moons KG, van de Vlasakker CJ, et al : Association of intraoperative transcranial Doppler monitoring variables with stroke from carotid endarterectomy. *Stroke* 31 : 1817-1823, 2000.
17. Pugsley W, Klinger L, Paschalis C, et al : The impact of microemboli during cardiopulmonary bypass on neuropsychological functioning. *Stroke* 25 : 1393-1399, 1994.
18. Sloan MA, Wozniak MA, Macko RF : Monitoring of vasospasm after subarachnoid hemorrhage. Babikian V, Wechsler LR, (eds): *Transcranial Doppler Ultrasonography*. 2nd ed, Boston, Butterworth-Heinemann, 1999, pp 109-127.
19. Ducrocq X, Hassler W, Moritake K, et al : Consensus opinion on diagnosis of cerebral circulatory arrest using Doppler-sonography : Task Force Group on cerebral death of the Neurosonology Research Group of the World Federation of Neurology. *J Neurol Sci* 159 : 145-150, 1998.

Principes des blocs nerveux périphériques échoguidés

12

PHILIP HU, DOMINIC HARMON

L'échographie haute résolution peut fournir une imagerie des nerfs en temps réel et permettre d'observer la diffusion de l'anesthésique local [1]. Les progrès technologiques des sondes échographiques ainsi que l'amélioration de la portabilité des échographes ont facilité le développement des blocs nerveux périphériques échoguidés (figure 12.1). Différents modèles de sondes échographiques peuvent convenir pour la réalisation des blocs nerveux (figures 12.2 à 12.4). Le succès d'un bloc nerveux périphérique échoguidé nécessite une connaissance approfondie des coupes anatomiques ainsi qu'une bonne coordination entre les yeux, la sonde échographique et l'aiguille. Une amélioration du taux de succès des techniques de cathétérisme périmerveux est aussi possible [2,3].

Physique des ultrasons

Une sonde échographique a deux fonctions. Elle émet et reçoit des ondes de pression mécanique (ondes sonores), fonctionnant de ce fait aussi comme une enceinte et un microphone. Les ondes ultrasonores sont des ondes de haute fréquence ($> 20\,000$ cycles/s, 20 kHz), au-dessus du seuil d'audition de l'espèce humaine. Les fréquences ultrasonores utilisées en médecine se situent dans le champ des mégahertz (MHz). Lorsqu'un courant est appliqué à un cristal piézo-électrique (quartz) situé à l'intérieur de la sonde



■ **Figure 12.1.** Échographe portable avec sonde échographique linéaire HFL 38/13-6 MHz (MicroMaxx®, SonoSite).



■ **Figure 12.2.** Vue latérale d'une sonde échographique (type « club de golf ») SLA/13-6 MHz (MicroMaxx®, SonoSite).

d'échographie, une énergie mécanique est générée, créant des ondes ultrasonores. En traversant des tissus d'impédances acoustiques différentes, les ondes ultrasonores sont atténuées (perte d'amplitude avec la profondeur), réfléchies et/ou dispersées. Les ondes sonores réfléchies vers la sonde échographique sont alors transformées à leur tour en signal électrique utilisé par l'échographe pour générer une image à l'écran.



Figure 12.3. Sonde échographique linéaire HFL 38/13-6 MHz (MicroMaxx[®], SonoSite).



Figure 12.4. Sonde échographique convexe C60e (MicroMaxx[®], SonoSite).

Apparence échographique des structures anatomiques pertinentes

En fonction de la quantité d'ondes captées par la sonde, les structures anatomiques prennent un degré d'écho-génicité différent. Les os et les tendons bloquent la transmission des ondes ultrasonores, créant un fort signal réfléchi vers la sonde échographique, donnant à ces structures une apparence hyperéchogène (blanche, brillante) à l'écran. La [figure 12.5](#) montre les propriétés hyperéchogènes des structures avoisinant les nerfs. Les structures avec un fort contenu en eau telles que les vaisseaux sanguins et les kystes apparaissent hypo-échogènes (noire ou sombre), car les ondes ultrasonores sont facilement transmises à travers ces structures et sont peu réfléchies. Les interfaces liquidiennes ont une apparence sombre (hypo-échogène), comme le montre la [figure 12.6](#). Les structures de densité et d'impédance acoustique intermédiaire comme le parenchyme hépatique ou la glande thyroïde apparaissent en grisé. Le tissu nerveux est plus dense que les muscles et apparaît plus brillant (hyperéchogène). Les nerfs cheminent le long des bords d'autres structures, en particulier entre les différents groupes musculaires. Un fond brillant peut gêner la visualisation de structures plus discrètes dans le

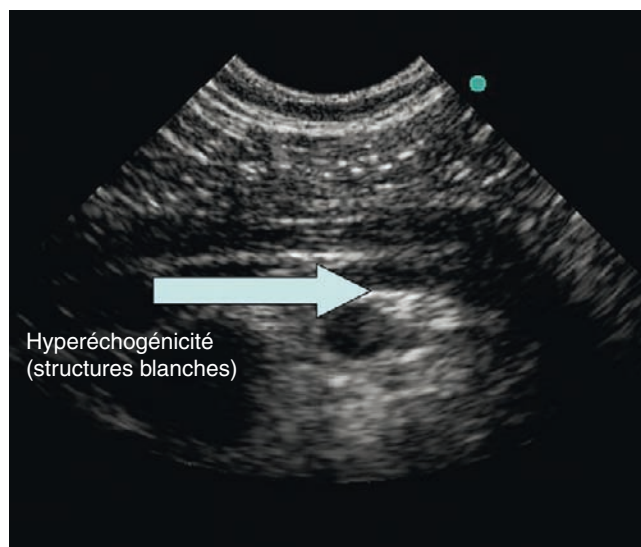
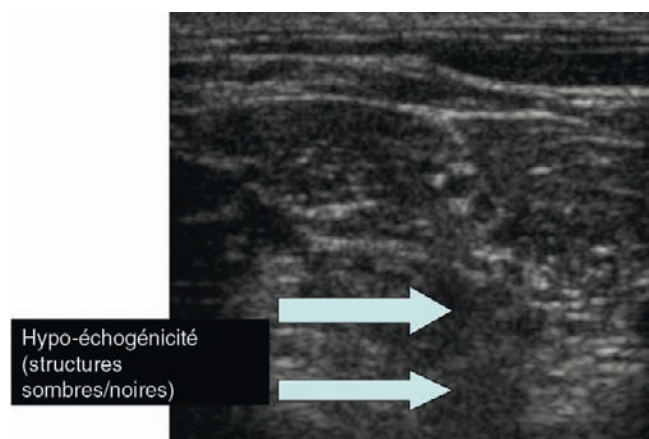
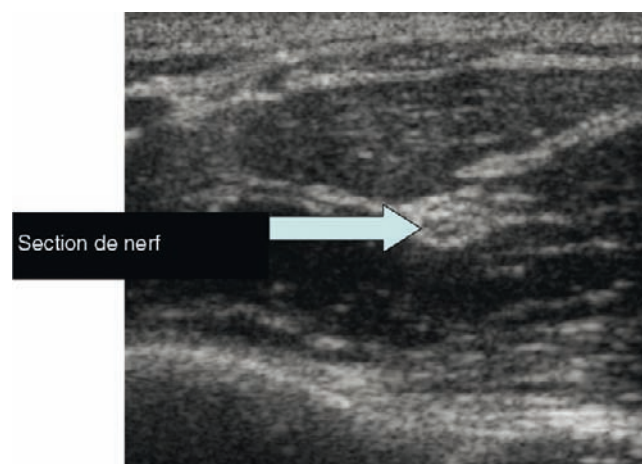


Figure 12.5. Échographie mettant en évidence l'apparence de structures hyperéchogènes (blanches, brillantes).

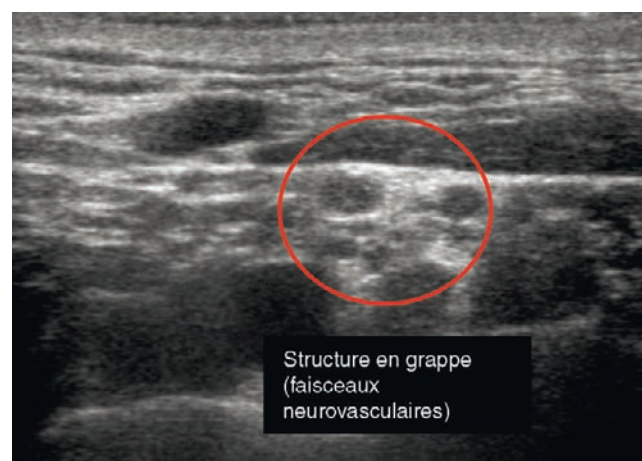


■ **Figure 12.6.** Échographie mettant en évidence l'apparence de structures hypo-échogènes (noires, sombres).



■ **Figure 12.7.** Échographie petit axe d'un nerf périphérique.

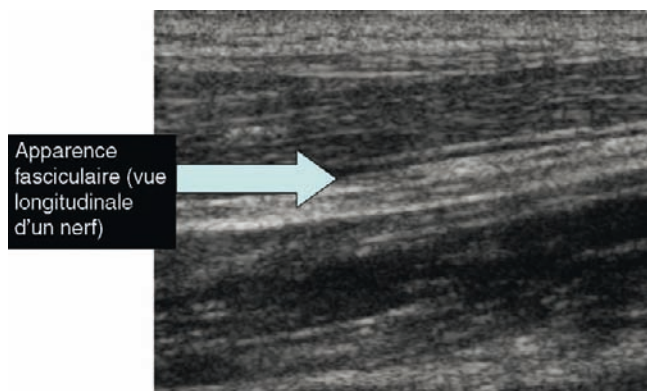
champ échographique. Les troncs du plexus brachial apparaissent creux à l'échographie (comme les vaisseaux sans débit) au niveau de l'espace interscalénique. Ces nerfs prennent un aspect en nid d'abeille lors de leur trajet plus périphérique. Ceci s'explique par la quantité de tissu conjonctif présent. Au niveau de la racine nerveuse, le tissu conjonctif est minimale. Alors que le nerf devient plus périphérique, la quantité de tissu conjonctif augmente. Ceci est particulièrement vrai lorsque le nerf traverse une articulation. L'apparence caractéristique d'un nerf périphérique en section transversale est celle d'un paquet de pailles vu à son extrémité (figure 12.7). Les nerfs peuvent avoir une forme arrondie, ovale ou triangulaire et peuvent présenter ces trois formes au cours de leur cheminement. Les paquets neurovasculaires en section transversale peuvent avoir un aspect en grappe de raisin avec les artères et veines à la périphérie (figure 12.8). Les nerfs sont des structures dynamiques et peuvent être déplacés par l'avancée de l'aiguille ou la diffusion de l'anesthésique local. Un exemple d'une vue transversale du nerf musculocutané est représenté sur la figure 12.9, mettant en évidence des structures arrondies, ovales et triangulaires. En vue longitudinale, les nerfs apparaissent comme une structure rectangulaire allongée aux bords blancs brillants avec des stries au centre (aspect fasciculaire) (figure 12.10). Les racines cervicales (rameau ventral) ont une apparence monofasciculaire à l'échographie alors que les nerfs plus périphériques présentent un aspect fasciculaire interne caractérisé par des fascicules hypo-échogènes (sombres) entourés par du tissu conjonctif hyperéchogène (clair). En vue transversale, cela donne un aspect échographique en nid d'abeille [4]. L'identification du nerf peut être confirmée en balayant le trajet connu du nerf avec la sonde d'échographie. Le plan transversal (petit axe) est préféré pour le suivi du nerf le long de son trajet (« technique de l'ascenseur »). Bien que la vascularisation nerveuse puisse être mise en évidence par Doppler couleur chez les patients sains, l'imagerie Doppler est utile pour distinguer les petits nerfs des vaisseaux. De façon spécifique, un signal Doppler clair permet de faire la distinction entre un vaisseau et un nerf de petite



■ **Figure 12.8.** Échographie petit axe d'un nerf périphérique avec une image en grappe de raisin au centre entourée par des veines et artères.



■ **Figure 12.9.** Échographie mettant en évidence le nerf musculocutané en orientation transversale. Le nerf apparaît comme une petite structure sombre circulaire avec un contour hyperéchogène (blanc).



■ **Figure 12.10.** Vue échographique longitudinale d'un nerf périphérique. Le nerf apparaît comme une structure rectangulaire allongée aux bords clairs avec des stries blanches au centre.

taille. À la différence des vaisseaux, les nerfs ne sont pas des structures compressibles. Les structures vasculaires sont facilement distinguables des autres cibles. Le Doppler couleur peut être utilisé pour détecter un flux. Alternativement, maintenir la sonde échographique immobile et rechercher l'aspect pulsatile des artères ; la pression avec la sonde échographique a pour effet de comprimer les veines. Les tendons ont une structure échographique similaire à celle des nerfs périphériques. La texture échographique des tendons consiste en un aspect fibrillaire : de fins échos linéaires ressemblant à des fibrilles avec des zones hypo-échogènes non prédominantes. Une sonde de 10 MHz peut permettre de différencier les aspects fasciculaires des aspects fibrillaires. De plus, les tendons se forment aux extrémités des muscles alors que les zones nerveuses sont uniformes le long du trajet des nerfs. Les tendons sont plus anisotropiques que les nerfs, avec l'intensité de l'écho variant substantiellement en fonction de l'angle d'insonation. Les ligaments peuvent ressembler aux nerfs à l'échographie, mais ils apparaissent plus denses que les nerfs, et ceci sur plusieurs angles de vue. Les tendons et les ligaments ont tendance à être plus proches des os. À l'échographie, les mouvements d'un membre peuvent produire des mouvements du tendon plus facilement observables que pour un nerf. L'utilisation de manœuvres dynamiques telles que la manœuvre de Valsalva, faire renifler ou avaler le patient peut aider à identifier les structures. Les mouvements musculaires tels que la contraction du biceps peuvent fournir des points de repères concernant les tissus mous. Le fait de déterminer des plans tissulaires en identifiant les muscles aide à l'identification des ligaments. Les sondes linéaires haute fréquence donnent la meilleure imagerie des nerfs [5]. L'affichage échographique des nerfs est réalisé par traitement des différents niveaux de gris ; cependant, l'encodage couleur des échos pourrait améliorer l'imagerie musculosquelettique [6].

Si trop de cibles potentielles se trouvent dans le champ échographique, le balayage échographique du trajet nerveux attendu peut être utile. L'observation de ce balayage peut aider à se faire une représentation en trois dimensions de la structure en question. Les caractéristiques de la cible telles qu'une structure

disparaissant après une courte distance (peu probable que celle-ci soit un nerf), bifurquant (en faveur d'un nerf) ou continuant de façon apparemment inchangée (haute probabilité que la structure cible soit un nerf) peuvent aider à l'identification. Les structures vasculaires ou osseuses sont les plus facilement reconnaissables et doivent être recherchées en premier comme point de repère. Au niveau du cou et du creux inguinal, il peut y avoir des ganglions lymphatiques. Les ganglions lymphatiques sont hypo-échogènes en leur centre et peuvent être confondus avec un repère vasculaire (tel que l'artère fémorale ou l'artère carotide). De par leur caractère sphérique et non tubulaire, le centre hypo-échogène disparaît lorsque la sonde est déplacée. Le Doppler couleur ne met pas en évidence de flux.

Équipement échographique

L'échographie a bien des applications en anesthésie. L'imagerie vasculaire, nerveuse, l'échocardiographie peuvent être réalisées par la même machine si les sondes échographiques appropriées sont utilisées. La résolution des images nerveuses est améliorée lorsque de multiples lignes de cristaux à la surface de la sonde (à l'opposé d'une seule ligne de cristaux) émettent et reçoivent les ultrasons dans de multiples plans avant l'affichage final de l'image électroniquement reconstruite. Le Doppler couleur est un autre accessoire utile qui permet de différencier les structures vasculaires des structures non vasculaires (les nerfs, par exemple). Les unités compactes actuellement disponibles ne sont pas plus grandes qu'un ordinateur portable (figures 12.11 et 12.12). L'équipement nécessaire à la réalisation de blocs nerveux échoguidés (figures 12.13 et 12.14) comprend différents types d'aiguille (stimulantes et non stimulantes), des compresses, des OpSite® (Smith & Nephew, Largo, États-Unis) et un gel à base d'eau afin de maintenir le contact échographique. L'utilisation de films stériles ou d'OpSite® sur la sonde échographique permet la réalisation de bloc en condition aseptique (figures 12.15 et 12.16). L'agencement de la pièce où est réalisée l'anesthésie locorégionale doit permettre que les appareils de surveillance et l'écran de l'échographe soient dans le même champ de vision (figure 12.17).



■ **Figure 12.11.** Neurostimulateur et échographe.



■ **Figure 12.12.** Échographe portable avec sonde linéaire HFL 38/13–6 MHz (MicroMaxx®).



■ **Figure 12.15.** Sonde échographique dans sa housse stérile.



■ **Figure 12.13.** Matériel nécessaire à la réalisation d'un bloc nerveux périphérique échoguidé.



■ **Figure 12.16.** Sonde échographique dans sa housse stérile avec gel et OpSite®.



■ **Figure 12.14.** Sélection d'aiguilles pour la réalisation de blocs nerveux échoguidés. De gauche à droite : aiguille pour rachianesthésie de 22 gauges, aiguille Contiplex® de 23 gauges (B. Braun), aiguille Stimuplex® A25 23 gauges (B. Braun), aiguille hypodermique de 23 gauges.



■ **Figure 12.17.** Vue globale de l'installation montrant le monitoring et l'échographe.

Sondes échographiques

L'examen échographique des organes abdominaux profonds tels que le foie, la vésicule biliaire et les reins nécessite des sondes échographiques basse fréquence (3-5 MHz). À l'inverse, l'examen des structures superficielles telles que le plexus brachial nécessite des sondes échographiques haute fréquence (10-15 MHz) procurant une haute résolution axiale ; cependant, la pénétration du faisceau d'ultrasons est limitée à l'inverse à 3 ou 4 cm. Une sonde de plus basse fréquence (5-12 MHz) convient pour l'exploration des structures plus profondes telles que le plexus brachial au niveau de la région infraclaviculaire ou le nerf sciatique chez l'adulte [1].

Une variété de sondes échographiques aux caractéristiques et au design différents conviennent à l'anesthésie locorégionale. Des sondes échographiques, de différentes caractéristiques et empreintes cutanées, linéaires (figures 12.3 et 12.18) ou convexes (figure 12.4), sont disponibles pour convenir à des procédures particulières. Les sondes en « club de golf » (figure 12.2), possédant une empreinte cutanée réduite, sont utilisées pour l'anesthésie locorégionale en pédiatrie et les accès vasculaires. L'empreinte cutanée réduite permet une exploration plus aisée des structures de petite taille et une visualisation plus facile des petites aiguilles.



■ **Figure 12.18.** Sonde linéaire P10/8 MHz (MicroMaxx[®], SonoSite).

Imagerie des nerfs périphériques

Positionnement des patients

Le positionnement des patients pour chaque bloc est essentiellement le même que celui utilisé pour la réalisation des blocs nerveux périphériques non échoguidés. Agencer l'équipement et positionner les aides de façon à permettre une visualisation permanente de l'écran lors du positionnement de l'aiguille.

Asepsie

Une technique aseptique doit être utilisée, en particulier lorsqu'un cathéter périnerveux est mis en place. Dans ce cas, il est recommandé d'utiliser une housse stérile englobant la sonde et son cordon ainsi que du gel échographique stérile.

Orientation de la sonde échographique

Le repère placé sur la sonde (figure 12.19) doit être orienté vers la tête du patient lors d'un balayage dans le plan sagittal ou parasagittal et orienté vers la droite du patient lors d'un balayage dans le plan axial, de façon à ce que les images archivées puissent être interprétées a posteriori. L'écran de l'échographe affiche un point ou un sigle constituant une aide à l'orientation et à



■ **Figure 12.19.** Sonde échographique présentant un repère sur sa face latérale pour l'orientation.

l'identification du côté (figure 12.20). La position de ce repère est modifiable manuellement ; par conséquent, il n'est pas possible d'être certain de l'orientation de la sonde. L'orientation de la sonde est cruciale et doit toujours être vérifiée avant toute exploration échographique et identification des structures.

La sonde échographique possède aussi un repère sur sa face latérale. L'opérateur doit toujours vérifier que le repère situé sur l'écran correspond au repère situé sur la sonde. Ceci peut être réalisé en soulevant un côté de la sonde, ce qui permet de définir l'orientation de la sonde en provoquant une perte de l'image du côté soulevé. L'orientation peut aussi être vérifiée en tapotant avec un doigt d'un côté de la sonde et en observant la réponse à l'écran. Noter l'aspect des repères anatomiques en fonction de l'orientation de la sonde échographique et mémoriser. En cas de doute ou de perte d'orientation, recommencer l'exploration depuis le début.

Technique d'exploration échographique

Une méthode d'exploration systématisée pour chaque nerf utilisant des repères et des limites est essentielle à l'obtention du succès. Il est conseillé d'avoir plus d'une seule technique d'exploration pour la réalisation d'un type de bloc, étant donné qu'une technique unique peut ne pas convenir à l'anatomie d'un patient, en particulier pour les nerfs les plus profonds comme le nerf sciatique. Les nerfs peuvent être visualisés en petit axe (transversal) ou en grand axe (longitudinal). Lorsque la sonde est perpendiculaire au grand axe du nerf, la vue transverse (petit axe, section transversale) montre les nerfs comme une structure de forme arrondie ou ovale avec des fascicules nerveux hypo-échogènes au centre entourés par un épinevère hyperéchogène. Lors du balayage transversal à la recherche de nerfs, de faibles variations d'angulation de la sonde d'échographie le long de chacun des axes peuvent résulter en une bien meilleure qualité d'image du nerf. De faibles variations d'angulation de la sonde peuvent être à l'origine d'un angle de réflexion des ultrasons sur le nerf bien plus avantageux. Les blocs échoguidés sont généralement réalisés avec une vue des nerfs en petit

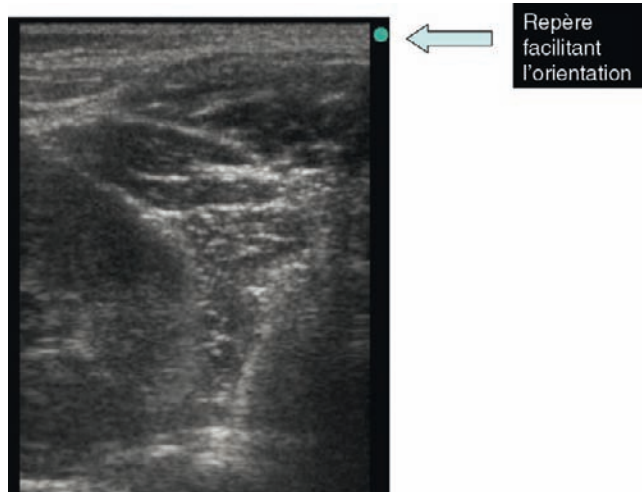


Figure 12.20. Copie d'écran d'un échographe avec affichage d'un point pour l'orientation.

axe, et ceci pour plusieurs raisons. Premièrement, l'identification des nerfs périphériques est relativement facile. Deuxièmement, il existe une bonne résolution des barrières aponévrotiques entourant les nerfs. Troisièmement, l'évaluation dynamique et la vérification de la distribution circumférentielle de l'anesthésique local lors de l'injection sont possibles. Enfin, si la sonde est légèrement déplacée, l'image du nerf est toujours exploitable (vue oblique du nerf). Pour ces raisons, la visualisation en petit axe des nerfs périphériques lors de la réalisation des blocs est la technique retenue dans bon nombre de centres.

Interactions aiguille-sonde échographique

Approche avec l'aiguille en dehors du plan

L'approche en dehors du plan implique une insertion de l'aiguille de façon à ce que celle-ci traverse le plan des ultrasons à proximité de la cible. L'aiguille est insérée perpendiculairement au faisceau d'émission des ultrasons (figure 12.21). La cible est centrée sur l'écran de l'échographe et, pour cette technique, il faut relever la profondeur de la cible. La pointe de l'aiguille est visualisée comme un point sur l'écran de l'échographe. Si la pointe de l'aiguille n'est pas visualisée, alors le site d'injection n'est pas clairement défini. Des injections répétées de petits volumes (hydrolocalisation) peuvent être nécessaires pour visualiser la distribution adéquate de l'anesthésique local. Ceci est un processus dynamique. La technique « en dehors du plan » peut être rendue similaire à la technique « dans le plan » en faisant glisser et en inclinant la sonde de façon à suivre le bout de l'aiguille.

Approche avec l'aiguille dans le plan

Pour l'approche dans le plan, l'aiguille est introduite dans le plan des ultrasons de façon à visualiser le corps de l'aiguille et son extrémité (figure 12.22) [7]. La visualisation du trajet de l'aiguille doit être optimisée en plaçant la cible sur le côté de l'écran. La sonde peut être manipulée de façon à amener l'aiguille dans le champ des ultrasons. Ne pas avancer l'aiguille à moins que l'extrémité de celle-ci ne soit clairement identifiée à l'écran. Lorsque l'aiguille est dans le plan (balayage



Figure 12.21. Approche en dehors du plan et petit axe avec aiguille perpendiculaire au plan des ultrasons.



■ **Figure 12.22.** Approche dans le plan et grand axe avec l'aiguille parallèle au plan des ultrasons.

échographique longitudinal), l'aiguille apparaît de façon hyperéchogène avec des artéfacts parallèles en profondeur. Ces échos sont la conséquence de la réverbération des ultrasons. Les approches dans le plan et en dehors du plan sont utilisées en clinique, chacune d'elle avec ses propres avantages. Les opposants à la technique « en dehors du plan » sont préoccupés par l'absence de visualisation de l'extrémité de l'aiguille au cours de la procédure, ce qui peut être à l'origine de complications. D'un point de vue technique, la visualisation d'un point échogène dans un environnement plutôt hyperéchogène lors d'une approche en dehors du plan peut être plus ardue que la visualisation du corps de l'aiguille lors d'une approche dans le plan. Les détecteurs de l'approche « dans le plan » sont préoccupés par la perte de temps engendrée et par le faux sentiment de sécurité généré par une visualisation partielle du corps de l'aiguille lorsque le plan des ultrasons ne croise qu'une partie de l'aiguille. Si l'inclinaison de la sonde est cruciale pour la visualisation des nerfs, il peut être difficile de visualiser l'aiguille et le nerf en même temps lors d'une approche dans le plan, de par la nécessité habituelle de manipuler la sonde. L'approche « dans le plan » nécessite aussi un trajet d'insertion de l'aiguille plus long que pour l'approche en dehors du plan, et peut de ce fait occasionner un désagrément plus important pour le patient, ou des lésions tissulaires potentielles. Que ce soit pour l'approche en dehors ou dans le plan, une technique entièrement manuelle doit être préférée à l'utilisation d'un guide pour l'aiguille. Un angle d'approche plus tangentiel permet d'obtenir une meilleure visualisation de l'aiguille. L'utilisation d'un point de ponction à distance de la sonde échographique permet une approche plus tangentielle et moins de problèmes de contact entre la sonde et l'aiguille. La visualisation optimale de l'aiguille a lieu lorsque celle-ci est parallèle à la sonde d'échographie. L'aiguille doit être insérée avec le biseau orienté vers la sonde d'échographie de façon à améliorer sa visualisation [8].

L'utilisation d'une approche dans le plan avec une visualisation longitudinale des nerfs est techniquement plus difficile et convient mieux aux accès vasculaires afin de suivre la progression du guide métallique [9]. La visualisation longitudinale des nerfs peut être difficile en raison de leur trajet pas forcément rectiligne, ainsi que par

le fait que tout mouvement de la sonde échographique peut entraîner une perte de visualisation. Avec cette approche, l'aiguille doit venir au contact du nerf et cela peut augmenter le risque d'injection intraneurale [10].

Coordination psychomotrice

Les praticiens doivent être conscients que leur attention peut être exagérément accaparée par l'écran d'échographie et qu'ils peuvent, de ce fait, ne pas être conscients de la position de la main et de l'aiguille. Une pression adéquate doit être appliquée de façon à maintenir le contact du gel avec la peau ; une pression excessive peut déformer les structures anatomiques sous-jacentes et altérer la qualité de l'image. De petits mouvements de l'aiguille peuvent aider à déterminer la trajectoire à adopter pour avancer l'aiguille vers sa cible. Une communication permanente avec le patient permet de diminuer le risque de lésion ainsi que la pénibilité du geste. La répétition de ce geste est la clé du succès de cette technique. La pratique sur des volontaires ou des fantômes en gel ainsi que l'observation des techniques échographiques d'autres praticiens peuvent améliorer la performance.

Rapports aiguille-sonde échographique : visualisation de l'aiguille

Le facteur principal déterminant la visualisation échographique de l'aiguille est l'expérience de l'opérateur. Les autres facteurs incluent l'angle d'introduction et la taille (gauges) de l'aiguille [8] (figure 12.23). À angle aigu, les signaux reçus par la sonde correspondent plus à des artéfacts postérieurs à l'aiguille [11]. Cela est à l'origine d'une diminution de la visualisation de l'extrémité de l'aiguille. L'importance cruciale d'établir une visualisation de l'extrémité de l'aiguille avant toute progression de celle-ci lors d'une approche dans le plan doit être soulignée. Cependant, la visualisation de l'extrémité de l'aiguille est par nature diminuée à angles aigus, et cela peut poser des problèmes. Pénétrer la peau à proximité de la sonde d'échographie perturbe le contact entre la sonde et la peau et oblige à adopter un angle d'approche aigu pour atteindre la cible. Les aiguilles de gros calibre sont plus faciles à visualiser compte tenu du fait que leur surface de section plus importante les rend plus faciles à localiser. Les aiguilles de plus gros calibre sont moins flexibles et risquent moins de se courber et donc de sortir du plan de l'image. Pour les blocs plus profonds, des aiguilles de gros calibre (17 gauges) ont été utilisées afin d'améliorer la visualisation de l'extrémité de l'aiguille [12].

L'extrémité de l'aiguille est au mieux visualisée à l'intérieur des vaisseaux (anéchoïques) ou au sein d'une solution d'anesthésique local. Un arrière-plan sombre, qui peut être créé en diminuant le gain, peut améliorer la visualisation de l'extrémité de l'aiguille. Des modifications commerciales des aiguilles d'anesthésie loco-régionale (enduit ou éraillure) afin d'améliorer leur échogénicité sont techniquement possibles, mais n'ont pas été spécifiquement développées.

Des ponctions vasculaires ont été rapportées malgré l'utilisation de l'échographie, soulignant l'importance de la visualisation de l'extrémité de l'aiguille en pratique

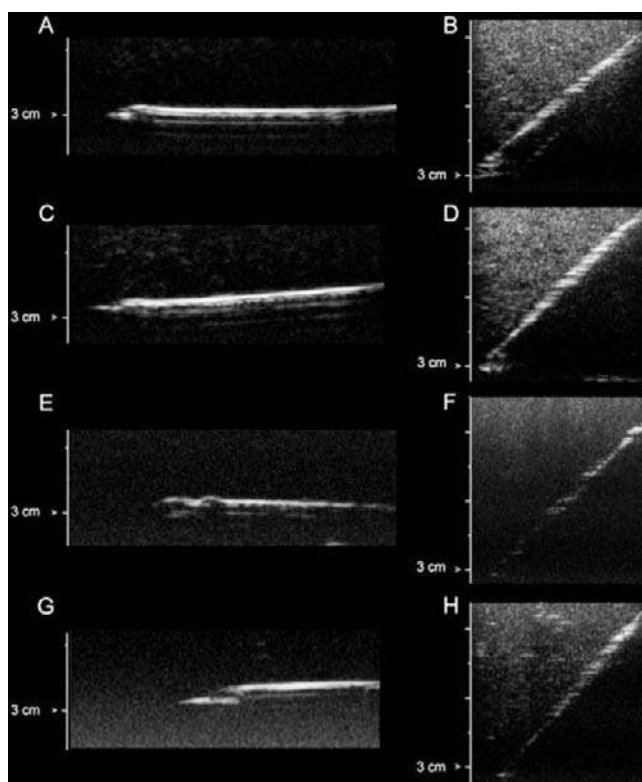


Figure 12.23. Vues échographiques de différents types d'aiguille insérées dans un fantôme en gélatine en variant l'angle de ponction (0 et 45° par rapport à la surface du fantôme). **A.** Aiguille à péridurale 18 gauges de type Hustead avec un angle de 0°. **B.** Aiguille à péridurale 18 gauges de type Hustead avec un angle de 45°. **C.** Aiguille 18 gauges de type Tuohy avec un angle de 0°. **D.** Aiguille 18 gauges de type Tuohy avec un angle de 45°. **E.** Aiguille standard 18 gauges de type Sprotte (pointe crayon) avec un angle de 0°. **F.** Aiguille standard 18 gauges de type Sprotte (pointe crayon) avec un angle de 45°. **G.** Aiguille pour rachianesthésie 18 gauges de type Quincke avec un angle de 0°. **H.** Aiguille pour rachianesthésie 18 gauges de type Quincke avec un angle de 45°. Les extrémités des aiguilles sont positionnées 3 cm sous la surface du fantôme indépendamment de l'angle d'insertion. L'artéfact échographique créé par l'aiguille passe d'une ligne continue (0°) à une ombre discontinue (45°). Les repères de profondeur sont espacés de 5 mm. D'après Schafhalter-Zoppoth I, Mc Culloch CE, Gray AT. *Ultrasound visibility of needles used for regional nerve block : an in vitro study.* *Reg Anesth Pain Med* 2004 ; 29 : 480-8.

clinique [11]. Ces ponctions vasculaires sont survenues alors même que les vaisseaux sont les structures anatomiques les plus facilement identifiables à l'échographie.

Utilisation concomitante de neurostimulateurs

Dans le cadre de l'anesthésie locorégionale, les neurostimulateurs sont utilisés pour éviter l'injection intraneurale. Les réglages du neurostimulateur ne fournissent cependant pas d'indications fiables de la distance entre l'aiguille et le nerf, ce qui peut être trompeur [13]. Certaines pathologies telles que les neuropathies diabétiques, les neuropathies toxiques dues aux chimiothérapies ou radiothérapies, les maladies démyélinisantes, la sclérose en plaques, les atteintes vasculaires périphériques ou l'âge

avancé peuvent altérer la réponse à la neurostimulation. Ne pouvant donner de résultats constants et prédictibles sur l'ensemble d'une population, les neurostimulateurs ne constituent pas l'instrument idéal pour placer des aiguilles à proximité des nerfs. Ils peuvent avoir un rôle dans le processus d'apprentissage des praticiens en tant qu'outil de confirmation de l'identification des structures nerveuses. L'utilisation concomitante du neurostimulateur avec l'échographie constitue une aide utile pour la reconnaissance échographique des structures nerveuses (figure 12.11).

Diffusion de l'anesthésique local

L'injection d'une solution d'anesthésique local peut servir de « produit de contraste » en traçant les contours du nerf anesthésié. Les nerfs sont souvent plus faciles à identifier après injection d'anesthésique local et peuvent parfois être vus en train de flotter librement au sein de la solution d'anesthésique local. L'injection d'un petit volume d'air à travers l'aiguille (0,3–0,5 ml) au sein du tissu peut être utilisée pour localiser l'extrémité de l'aiguille. Bien que les bulles soient faciles à identifier échographiquement et qu'elles puissent servir de marqueur de localisation de l'extrémité de l'aiguille, les bulles peuvent aussi diffuser au sein des tissus et créer distalement des ombres acoustiques qui deviennent problématiques. Il est recommandé d'éliminer toutes les bulles d'air de la solution d'anesthésique local avant injection. L'utilisation de solution d'anesthésique local contenant des bicarbonates génère du dioxyde de carbone qui peut obscurcir les images. L'anesthésie locorégionale par échographie procure le très considérable avantage de pouvoir repositionner l'aiguille après l'injection initiale d'anesthésique local. La dose-test servant à visualiser la diffusion de l'anesthésique local doit être de faible volume (1–2 ml) (figure 12.24). Si la diffusion de l'anesthésique local n'est pas visualisée à l'écran, stopper immédiatement l'injection, aspirer et mobiliser la sonde d'échographie ou l'aiguille (ne continuer pas à injecter, car l'injection intravasculaire accidentelle est un des résultats possibles). Si la diffusion de l'anesthésique local n'entoure pas correctement le nerf (mise en évidence du signe du beignet, signe du « doughnut » en anglais, encore appelé signe du halo (figure 12.25)), l'aiguille est repositionnée et le processus de

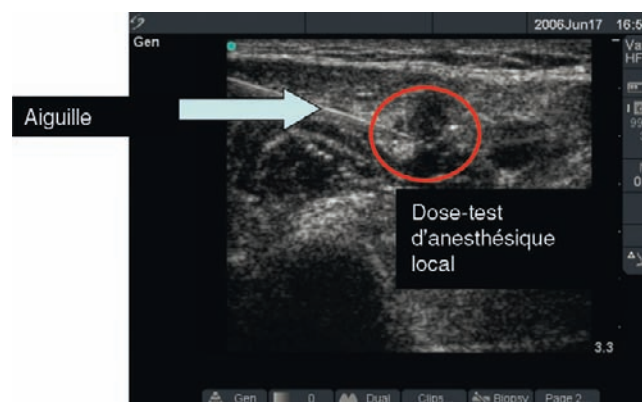


Figure 12.24. Faible dose-test (1–2 ml) d'anesthésique local, mettant en évidence une diffusion optimale avant injection d'un volume plus important.



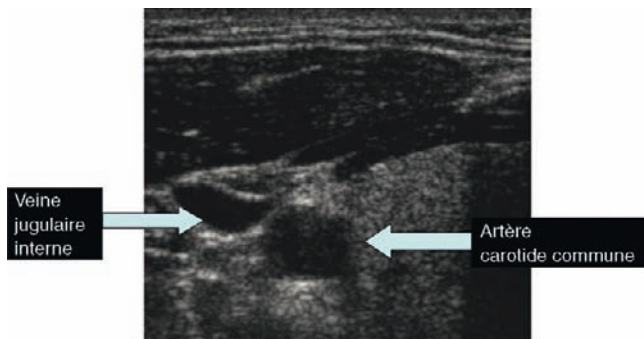
■ **Figure 12.25.** Anesthésique local entourant le nerf cible, mettant en évidence le signe du beignet/halo (« doughnut sign »).

la dose-test peut être reprise. Si les plans des fascias sont correctement identifiés, il n'est pas nécessaire que l'aiguille entre en contact avec le nerf afin que celui-ci soit entouré d'anesthésique local. Après l'injection, la diffusion de l'anesthésique local peut être évaluée en faisant glisser la sonde d'échographie le long du trajet nerveux avec une visualisation du nerf en petit axe.

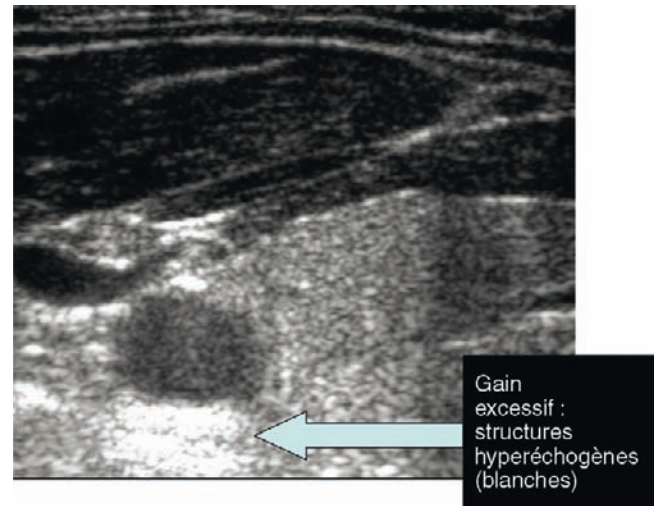
Optimisation de l'image échographique

Gain

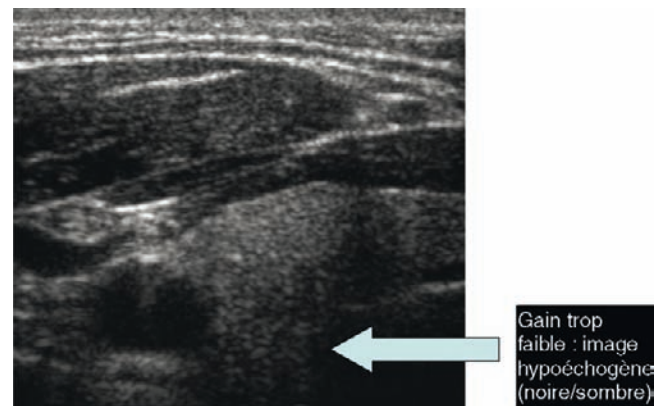
Le réglage adéquat du gain est essentiel pour l'interprétation des images. En examinant l'effet du réglage de gain sur les vaisseaux et leur entourage, le gain optimal peut être obtenu dans le but de réaliser une anesthésie des nerfs périphériques. Les vaisseaux doivent être visualisés comme des structures tubulaires avec une lumière anéchogène. Le réglage du gain comprend le réglage du gain d'ensemble, du gain proximal et distal. L'ajustement du gain en routine, de façon à améliorer la qualité de l'image après un balayage échographique, participe au succès de la procédure. Les images suivantes montrent le même champ d'exploration, mais avec des gains différents.



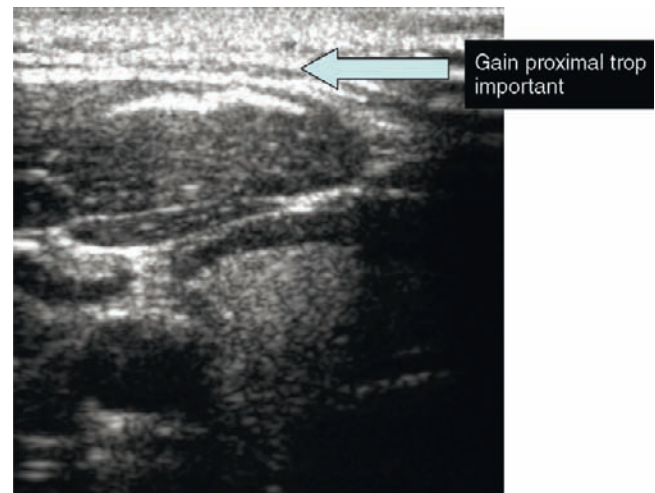
■ **Figure 12.26.** Réglage adéquat du gain avec visualisation de l'artère carotide commune et de la veine jugulaire interne (structures tubulaires à la lumière anéchogène).



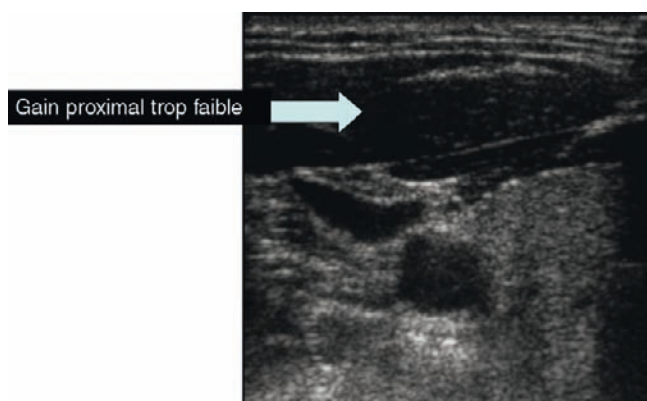
■ **Figure 12.27.** Réglage trop important du gain distal entraînant une apparence hyperéchogène (blanche) des structures distales.



■ **Figure 12.28.** Réglage trop faible du gain distal entraînant une apparence hypo-échogène (noire) des structures distales.



■ **Figure 12.29.** Réglage trop important du gain proximal entraînant une apparence hyperéchogène (blanche) des structures proximales.

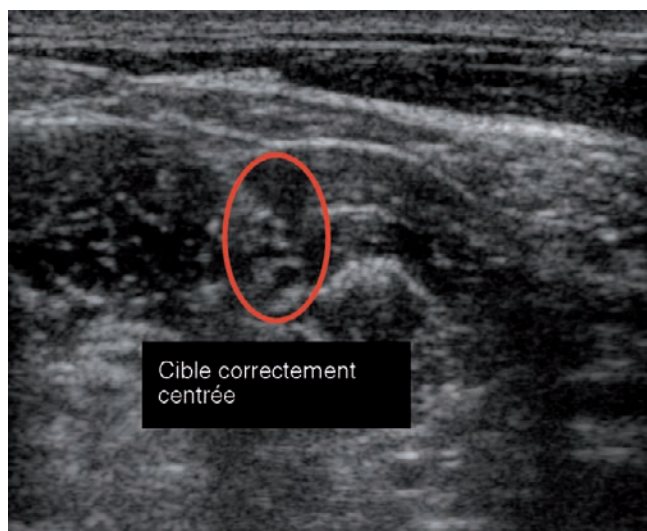


■ **Figure 12.30.** Réglage trop important du gain proximal entraînant une apparence hyperéchogène (noire) des structures proximales.

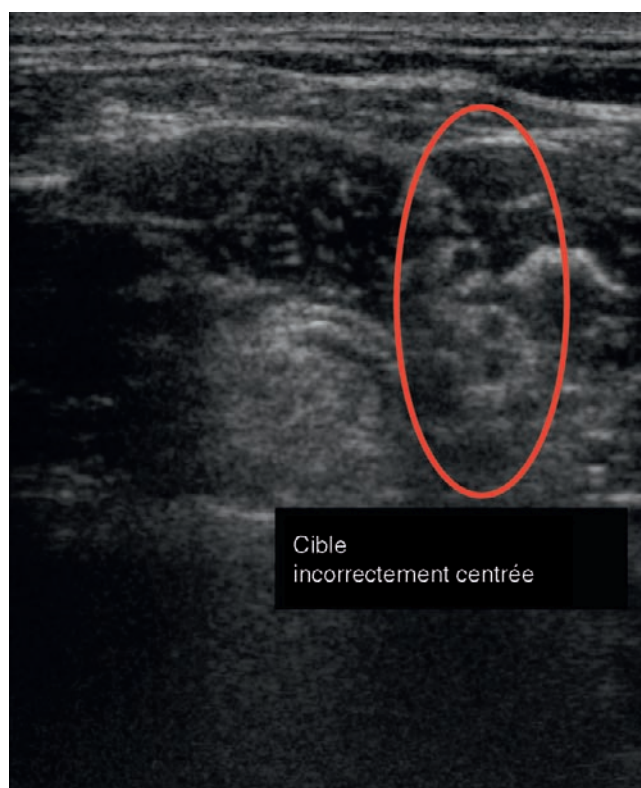
La **figure 12.26** montre un gain adéquat, comme l'atteste l'apparence de l'artère carotide commune et de la veine jugulaire interne en tant que structures tubulaires à lumière anéchogène. Si le gain distal est trop important, les structures apparaissent hyperéchogènes (blanches) (**figure 12.27**). À l'inverse, si le gain distal est trop faible, les structures apparaissent noires (hypoéchogènes) (**figure 12.28**). Ce type de résultats peut aussi survenir avec le gain proximal (**figures 12.29 et 12.30**).

Focale

La structure cible doit être placée au centre de l'image échographique. Cela représente la zone de focalisation (meilleure résolution) de l'image échographique. Ajuster la profondeur permet d'arriver à cela. La **figure 12.31** montre une image correctement centrée des racines nerveuses cervicales. Sur la **figure 12.32**, les racines cervicales sont incorrectement placées sur le côté de l'image échographique.



■ **Figure 12.31.** Localisation correcte des structures cibles (racines nerveuses cervicales/bloc interscalénique) au centre de l'image.



■ **Figure 12.32.** Localisation incorrecte des structures cibles (racines nerveuses cervicales/bloc interscalénique) au niveau de l'image.

Réglage de l'échographe

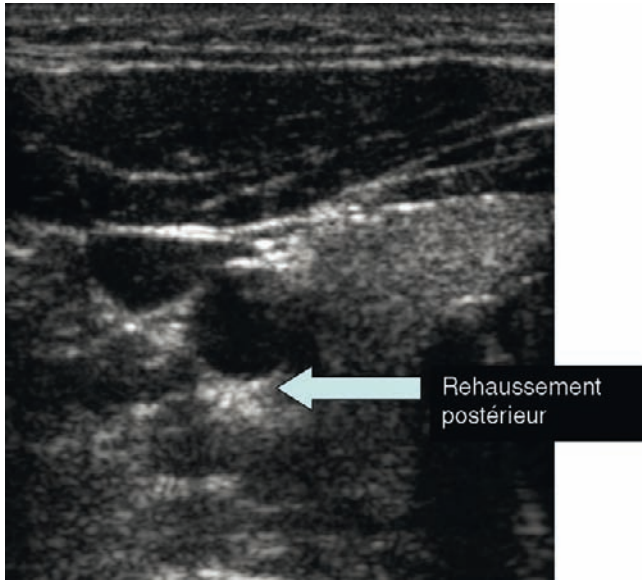
Différents réglages peuvent être choisis sur l'échographe en fonction de la machine et de la sonde utilisées. Les réglages courants utilisés pour les blocs nerveux périphériques comprennent le réglage de l'échographe et le réglage de la résolution pour des structures de petite taille (sonde échographique SonoSite HFL38/13-6 MHz). Un choix de réglage de la résolution, de la pénétration ou un compromis peut être sélectionné. Un mode spécifique « nerf » est disponible avec la sonde échographique HFL/13-6 MHz (MicroMaxx[®], SonoSite, Bothwell, États-Unis).

Pièges

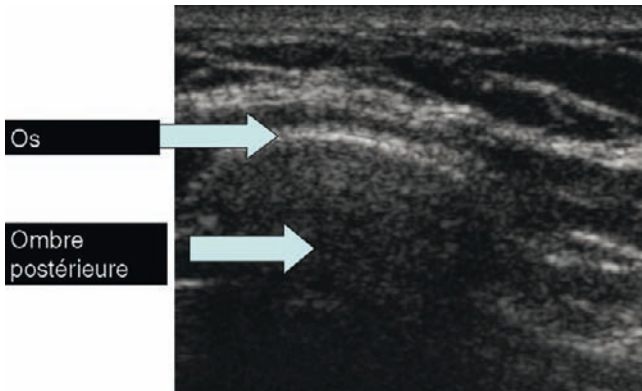
L'échec d'identification des artéfacts échographiques est une source potentielle d'échec du bloc. Un artéfact est une apparence échographique de l'image ou d'une partie de l'image qui ne correspond pas à l'image réelle de l'organe ou de la structure examinée. Dans certains cas, les artéfacts peuvent être à l'origine d'erreurs diagnostiques, mais ils peuvent faciliter le diagnostic dans d'autres cas. Trois types d'artéfacts différents sont discutés ici.

Artéfact de renforcement postérieur

Les structures kystiques produisent un renforcement postérieur. Une fausse augmentation de l'échogénicité d'une partie d'un organe est observée derrière le kyste.



■ **Figure 12.33.** Renforcement postérieur des structures situées sous le kyste, entraînant une augmentation d'échogénicité.

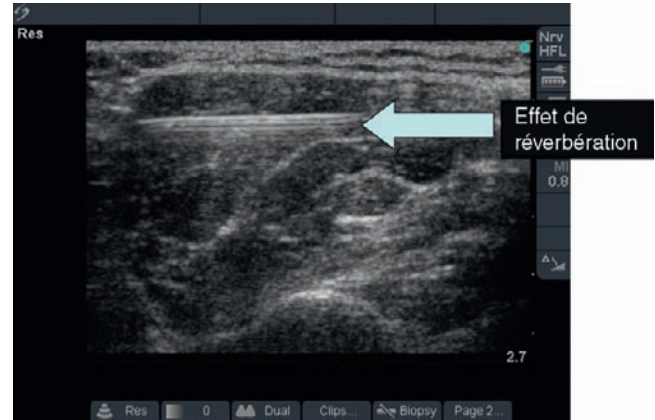


■ **Figure 12.34.** Cône d'ombre provoqué par l'os et les structures calcifiées.

Ceci peut s'observer en arrière d'un grand vaisseau ou d'un kyste (figure 12.33).

Artéfact par cône d'ombre postérieur

Les cônes d'ombre sont observés lorsque le faisceau ultrasonore rencontre un os, un calcul, une calcification, du gaz ou une cicatrice superficielle. La figure 12.34 montre un cône d'ombre postérieur dû à l'os et à d'autres structures calcifiées. Le cône d'ombre dû aux gaz intra-abdominaux est un obstacle sérieux à la visualisation des structures postérieures. Le cône d'ombre apparaît particulièrement à la face postérieure des côtés de la structure kystique.



■ **Figure 12.35.** Artéfact de réverbération.

Artéfact de réverbération

Les artéfacts de réverbération se manifestent par des bandes d'échos linéaires parallèles. Ils sont dus aux réflexions multiples des ultrasons par deux interfaces d'impédance acoustique différentes. Les échos multiples ainsi créés atteignent la sonde avant la genèse de la prochaine onde ultrasonore et produisent ainsi des copies multiples de l'anatomie au niveau de l'interface. Ces copies sont représentées plus en profondeur au niveau de l'image en fonction du nombre d'allers-retours des échos. Les échos provenant des copies les plus profondes ont parcouru la distance la plus longue et ont l'amplitude la plus faible (figure 12.35). En raison de son apparence, cet artéfact est aussi appelé artéfact « en queue de comète » ou artéfact « en rideau ». Les artéfacts de réverbération peuvent s'observer lors de l'utilisation de grosses aiguilles.

Une cause possible d'échec de bloc interscalénique échoguidé est due à l'injection dans le corps des muscles scalènes antérieur ou moyen. Lors du positionnement de l'aiguille entre les deux chefs du muscle scalène, la pointe de l'aiguille peut embrocher le fascia recouvrant le muscle et toute avancée de l'aiguille place le biseau de l'aiguille dans le corps musculaire. Puis, au cours de l'injection, la solution repousse de chaque côté les faisceaux musculaires, mimant la diffusion de l'injection autour des troncs du plexus brachial. L'injection dans l'espace interscalénique doit clairement montrer l'écartement des bords des muscles scalènes et les troncs du plexus brachial inondés au sein de l'espace créé par la solution d'anesthésique local. L'injection dans le muscle scalène à l'origine d'images de fibres musculaires flottantes peut être identifiée, car il s'agit de structures échodenses flottantes multiples organisées de façon grossièrement arrondie, et aussi par le fait que les bords des muscles scalènes n'ont pas été repoussés à distance de l'espace interscalénique par l'injection. Dans ce cas, le muscle scalène est repoussé dans l'espace interscalénique par l'injection.

Les blocs nerveux non optimaux peuvent être évités en réglant la zone de focalisation sur la cible et en repositionnant l'aiguille au moins une fois lors de l'injection de façon à obtenir la diffusion d'anesthésique local la plus avantageuse possible.

RÉFÉRENCES

1. Marhofer P, Greher M, Kapral S : Ultrasound guidance in regional anaesthesia. *Br J Anaesth* 94 : 7-17, 2005.
2. Willschke H, Marhofer P, Bosenberg A, et al : Epidural catheter placement in children : Comparing a novel approach using ultrasound guidance and a standard loss-of-resistance technique. *Br J Anaesth* 97 : 200-207, 2006.
3. van Geffen GJ, Gielen M : Ultrasound-guided subgluteal sciatic nerve blocks with stimulating catheters in children: A descriptive study. *Anesth Analg* 103 : 328-333, 2006.
4. Martinoli C, Bianchi S, Santacroce E, et al : Brachial plexus sonography: A technique for assessing the root level. *AJR Am J Roentgenol* 179 : 699-702, 2002.
5. Martinoli C, Bianchi S, Derchi LE : Tendon and nerve sonography. *Radiol Clin North Am* 37 : 691-711, 1999.
6. Sofka CM, Lin D, Adler RS : Advantages of color B-mode imaging with contrast optimization in sonography of low-contrast musculoskeletal lesions and structures in the foot and ankle. *J Ultrasound Med* 24 : 215-218, 2005.
7. Perlas A, Chan VWS, Simons M : Brachial plexus examination and localization using ultrasound and electrical stimulation: A volunteer study. *Anesthesiology* 99 : 429-435, 2003.
8. Schafhalter-Zoppoth I, McCulloch CE, Gray AT : Ultrasound visibility of needles used for regional nerve block : An in vitro study. *Reg Anesth Pain Med* 5 : 480-488, 2004.
9. Yeow KM, Toh CH, Wu CH, et al : Sonographically guided antegrade common femoral artery access. *J Ultrasound Med* 21 : 1413-1416, 2002.
10. Adler RS, Sofka CM : Percutaneous ultrasound-guided injections in the musculoskeletal system. *Ultrasound Q* 19 : 3-12, 2003.
11. Chan VW, Perlas A, Rawson R, Odukoya O : Ultrasound-guided supraclavicular brachial plexus block. *Anesth Analg* 97 : 1514-1517, 2003.
12. Sandhu NS, Capan LM : Ultrasound-guided infraclavicular brachial plexus block. *Br J Anaesth* 89 : 254-259, 2002.
13. Barrett J, Harmon D, Loughnane F, et al : Peripheral nerve block materials. In: *Peripheral Nerve Blocks and Perioperative Pain Relief*, London, 43-48, 2005.

13

Anesthésie locorégionale ophtalmologique échoguidée

STEVEN GAYER, CHANDRA M. KUMAR



L'anesthésie locorégionale de l'œil peut être effectuée de différentes façons, comprenant le bloc rétrobulbaire (BRB), le bloc péribulbaire (BPB), le bloc sous-ténonien (BST) et l'anesthésie topique avec ou sans injection dans la chambre antérieure. Le choix de la technique dépend du souhait du patient, de l'étendue et de la durée de la chirurgie, des préférences et de l'expérience de l'anesthésiste et de l'ophtalmologiste.

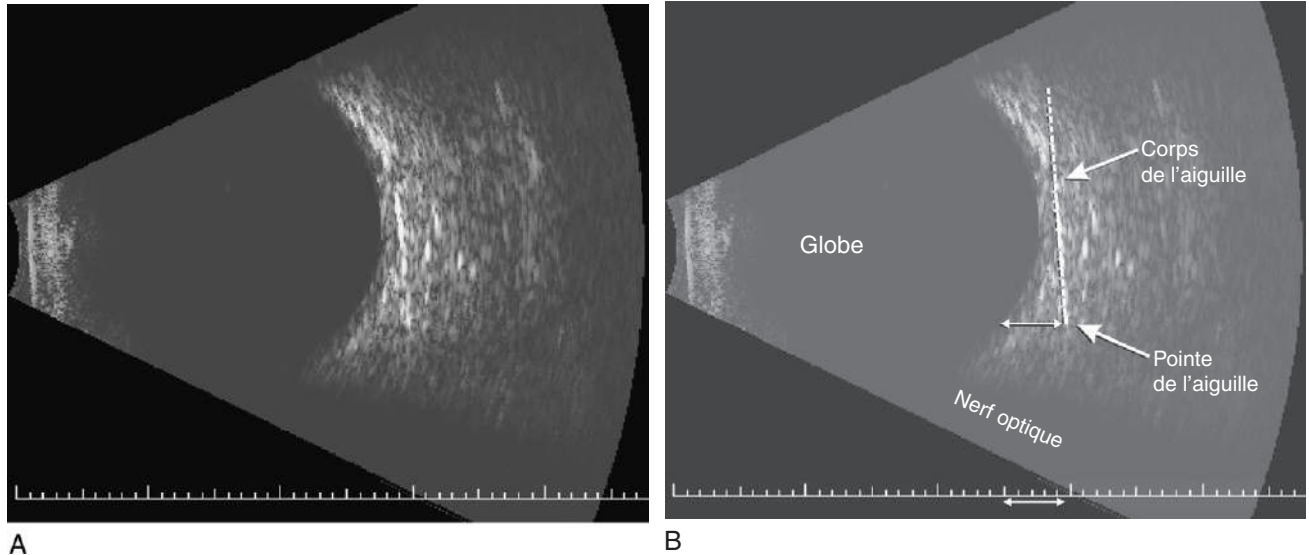
Depuis la fin des années 1800 et sa description officielle par Atkinson au début du xx^e siècle, le BRB est resté la technique d'anesthésie locorégionale préférée pour la chirurgie ophtalmologique [1,2]. Ses avantages incluent la survenue rapide d'une akinésie profonde et une analgésie avec de faibles volumes d'anesthésique local. Cependant, dans l'espoir d'éviter des complications graves, telles que les ponctions du globe, les hémorragies et l'anesthésie du tronc cérébral, le BRB a été largement supplanté par d'autres méthodes. Les BPB peuvent présenter un profil plus sécuritaire, car les aiguilles sont placées dans l'orbite en dehors du cône musculaire avec moins de profondeur et d'angulation [3]. On observe un délai d'installation du bloc complet plus long et un volume d'anesthésique local nécessaire plus important ; cependant, le risque de séquelles graves existe quand même [4]. Les BST se veulent moins dangereux étant donné qu'ils sont réalisés avec des canules au lieu d'aiguilles. De petits saignements conjonctivaux et un chémosis sont souvent observés. La réinjection peropératoire d'anesthésique local peut être nécessaire. Compte tenu de l'augmentation du nombre de BST réalisés, on observe parallèlement une augmentation du nombre de complications graves décrites dans la littérature comprenant les effractions du globe, les hémorragies sévères et l'anesthésie du tronc cérébral [5,6].

L'œil est facilement accessible, sa géométrie et les éléments qui l'entourent sont relativement simples. Les tissus de l'orbite ne contiennent pas de gaz ou de structures osseuses, ce qui rend cette région idéale pour la réalisation de l'échographie. De ce fait, l'échographie peut avoir un rôle à jouer dans l'amélioration du profil de sécurité des blocs ophtalmologiques, particulièrement au regard du risque de perforation ou de pénétration du globe associé aux techniques utilisant des aiguilles.

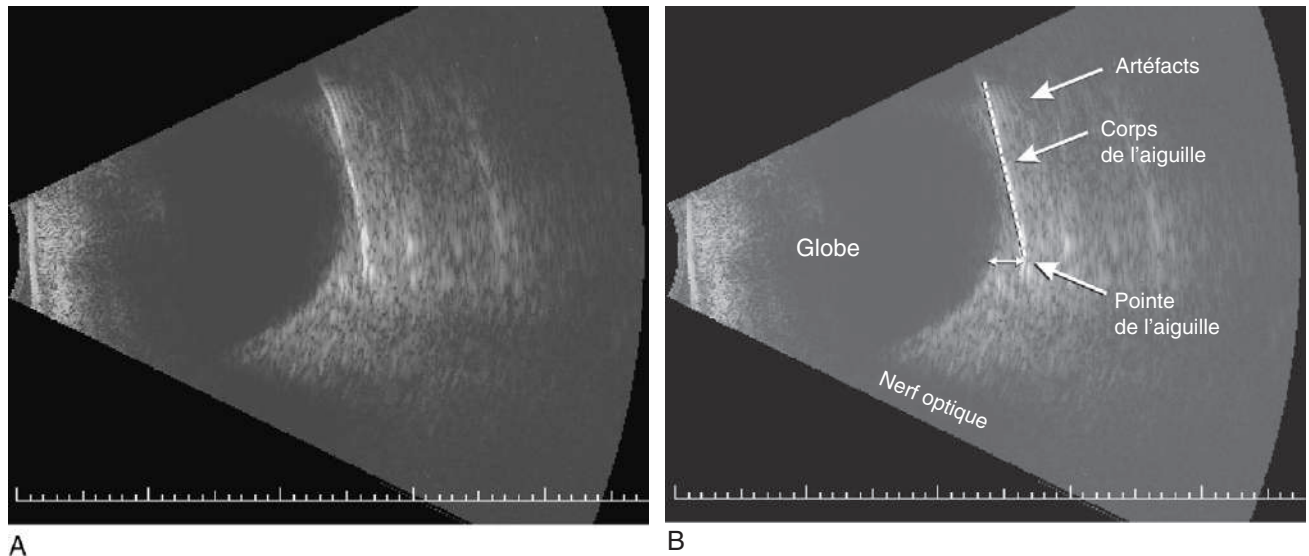
Anatomie ophtalmique et anatomie échographique

L'orbite est de forme pyramidale, s'étendant de son apex au niveau postérieur à sa base au niveau antérieur

[7]. L'orbite représente un volume de 30 ml. Le globe, les artères, les veines, les nerfs, les muscles, les glandes lacrymales, les tissus conjonctifs et la graisse sont logés dans ce petit espace. Le nerf optique entrant dans l'orbite par le canal optique est en forme de S et est relâché lorsque le globe regarde devant lui, en position neutre. Cette configuration relâchée permet d'éviter que le nerf ne soit excessivement tendu lors du regard latéral ou médial. L'artère et la veine ophtalmiques ainsi que leurs branches et subdivisions pénètrent l'orbite faisant saillie, principalement dans la moitié supérieure. Les muscles droits prennent leur origine au niveau de l'anneau tendineux de Zinn, se dirigent en avant et s'insèrent sur le globe formant la base du cône musculaire. Les muscles droit supérieur, inférieur, petit oblique et droit interne sont innervés par les branches du nerf oculomoteur. Le nerf abducens (nerf moteur oculaire externe) fournit l'innervation motrice du muscle droit externe et le nerf trochléaire innerve le muscle oblique supérieur. Le nerf trochléaire repose à l'origine en dehors du cône musculaire, pénétrant dans celui-ci au niveau distal. L'innervation sensitive provient du nerf ophtalmique, la première branche du nerf trijumeau. L'anesthésie locorégionale ophtalmologique échoguidée est réalisée avec une insertion de l'aiguille juste au-dessus du bord orbitaire inférolatéral et la sonde d'échographie positionnée au-dessus de l'œil de façon à ce que le faisceau d'ultrasons puisse être orienté en transoculaire. Une sonde échographique de 6 à 13 MHz peut faciliter l'identification des structures orbitaires et de l'aiguille et offrir le compromis optimal entre les priorités de pénétration et de résolution. L'espace nécessaire au trajet de l'aiguille peut être diminué en raison du déplacement caudal du globe oculaire par la sonde d'échographie, le risque de traumatisme dû à l'aiguille étant alors augmenté. En conséquence, la sonde doit être positionnée avec précautions en appliquant une pression minimale. La frontière entre le globe et l'orbite est facilement visualisée compte tenu du fait que ces tissus ont une impédance acoustique nettement différente (figure 13.1). Le vitré, qui constitue la majorité du contenu du globe, apparaît de façon anéchogène, alors que le contenu orbitaire externe à l'œil est plus échogène. Des artéfacts de réflexion et de réverbération créés par l'aiguille ne sont pas rares en intra-orbitaire (figure 13.2). Le nerf optique est moins échogène que la graisse orbitaire, qui tend à créer une ombre acoustique, le nerf n'étant souvent pas distinctement délimité. Le bord osseux infra-orbitaire peut devenir apparent après



■ **Figure 13.1.** A,B. Repères échographiques pour anesthésie locorégionale à l'aiguille.



■ **Figure 13.2.** A,B. Artéfacts : réflexions et réverbérations dues à l'aiguille et à la graisse périorbitaire.

rotation de la sonde échographique. Les repères vasculaires ne sont pas utilisés en anesthésie locorégionale ophtalmologique ; de ce fait, le mode Doppler couleur n'est pas employé en routine ; cependant, il arrive que des pulsations de l'artère ophtalmique soient notées occasionnellement.

Technique de bloc échoguidé à l'aiguille

Par rapport aux autres techniques d'anesthésie locorégionale utilisant l'échoguidage pour faciliter le positionnement de l'extrémité de l'aiguille à proximité des troncs nerveux tout en évitant les structures vasculaires, l'utilité principale de l'échographie pour l'anesthésie locorégionale ophtalmologique est d'éviter les traumatismes du globe et du nerf optique par l'aiguille. Les

anesthésistes et les ophtalmologistes utilisent régulièrement l'histoire de la maladie, l'examen des repères cutanés, la longueur axiale prédéterminée et la connaissance de l'anatomie de l'orbite afin de réaliser une injection à l'aveugle d'anesthésique local [8]. Idéalement, en utilisant la visualisation en temps réel de l'aiguille et sa progression au niveau de l'orbite, les praticiens peuvent s'assurer d'éviter les mésaventures liées aux techniques de bloc à l'aiguille.

Après obtention de l'accord éclairé du patient et mise en place du monitoring standard, il faut reconfirmer quel œil doit être opéré avant le début de l'anesthésie. On demande au patient, en décubitus dorsal, les bras sur les côtés, de regarder devant lui de façon à ce que le globe reste dans une position neutre et que le nerf optique soit relâché. L'anesthésiste se place

habituellement du côté de l'œil à bloquer avec le monitoring dans le champ de vision du côté opposé à la tête du patient. La sonde est recouverte d'un film protecteur transparent (Bioclusive Select, Johnson & Johnson Medical Limited, Skipton, Royaume-Uni) et du gel échographique hydrosoluble (Aquasonic[®] 100, Parker Laboratories, Fairfield, États-Unis). La sonde est appliquée sur la paupière supérieure. La sonde échographique est positionnée sur le bord supra-orbitaire et une image transoculaire du globe et de l'espace intra-orbitaire environnant est obtenue. L'orientation correcte de la sonde est confirmée en inclinant doucement un côté de la sonde sur la paupière. Une vue de la totalité du globe est obtenue après ajustement de la profondeur et de la fréquence. Dans notre expérience (University of Miami Miller School of Medicine's Bascom Palmer Eye Institute), deux appareils sont utilisés : le MicroMaxx[®] (SonoSite, Bothell, États-Unis) et le I3 BDv2[®] (I3 Innovative Imaging, Sacramento, États-Unis). Le MicroMaxx[®] est équipé d'une sonde linéaire de 26 mm de type « club de golf » (SLA/13-6 MHz, référence P05174-10) avec une surface rectangulaire d'interface de 35 × 10 mm (figure 13.3). L'architecture géométrique de cette sonde limite son utilité à l'imagerie des structures orbitaires, étant donné que sa taille et sa configuration rectangulaire restreignent ses possibilités de positionnement au-dessus du globe. Il y a une tendance à empêcher l'alignement longitudinal de la sonde avec l'aiguille et par conséquent une plus grande facilité à adopter une orientation transverse (perpendiculaire) à l'origine d'une difficulté de visualisation du corps de l'aiguille (figure 13.4). À l'inverse, la petite taille de la sonde I3[®] et son profil circulaire (rayon de 9 mm) permettent un positionnement et une rotation des plans de vue plus faciles (figures 13.5 et 13.6). À la différence de la sonde du MicroMaxx[®] qui permet d'obtenir une distribution de la gamme de fréquence, la sonde I3[®] est fixée à 10 MHz.

L'aiguille est introduite sur le bord latéral du rebord orbitaire inférieur. L'injection au niveau du rebord orbitaire supérieur entre le globe et le toit orbitaire est évitée compte tenu de la diminution de l'espace dans cette zone, de la présence plus particulière des artères



■ **Figure 13.3.** Sonde linéaire large fréquence de 26 mm en « club de golf » SonoSite MicroMaxx[®] (SLA/13-6 MHz, référence P05174-10).



■ **Figure 13.4.** Sonde « club de golf » SonoSite MicroMaxx[®] in situ.



■ **Figure 13.5.** Sonde Innovative Imaging I3[®] 10 MHz (BDv2).

et veines ophtalmiques et de la fragilité de l'appareil trochléaire du muscle oblique supérieur, qui peut être facilement traumatisé [7]. Le point de ponction conventionnel, à la jonction des deux tiers internes et du tiers externe du bord orbitaire inférieur, est déplacé latéralement de façon à diminuer le risque de strabisme provoqué par le bloc, qui serait induit par l'injection d'anesthésique local dans les muscles inférieurs [9]. L'aiguille est positionnée à une profondeur et un angle adéquats en fonction de la cible (BRB ou BPB). La sonde d'échographie est positionnée à 180° à l'opposé de l'aiguille. La mobilisation prudente de l'aiguille a deux buts : elle peut confirmer que l'aiguille n'est pas en contact avec le globe et elle peut améliorer la visualisation de l'aiguille en la rendant plus visible [10]. La visualisation de l'aiguille peut aussi être améliorée par des variations d'angulation de la sonde d'échographie. La réalisation d'une anesthésie locorégionale ophtalmologique échoguidée en temps réel présente cependant quelques limites potentielles. Il peut être difficile de visualiser la totalité de l'aiguille lors de son cheminement, en particulier avec une sonde de type « club de golf » qui ne permet pas l'alignement longitudinal de la



■ **Figure 13.6.** Sonde Innovative Imaging I3[®] 10 MHz (BDv2). Sonde compacte, avec interface circulaire permettant une rotation aisée.

sonde et de l'aiguille. Le déplacement inféropostérieur du globe oculaire par la sonde peut être à l'origine d'un empiètement du globe sur le trajet de l'aiguille responsable d'une augmentation du risque de lésions iatrogènes. La majorité des praticiens préfèrent garder une visualisation directe de l'œil lors de la réalisation du bloc de façon à rechercher des signes d'hémorragie ou d'augmentation de la pression intra-oculaire. Cependant, la pression exercée par la sonde sur la paupière supérieure ainsi que le passage involontaire de gel échographique au niveau de l'œil peuvent rendre la procédure désagréable pour le patient. Pour ces raisons, certains praticiens préfèrent administrer l'anesthésique en premier lieu puis, ensuite, appliquer le gel échographique sur la paupière close du patient et utiliser l'échographie pour s'assurer de la bonne position de l'aiguille avant l'injection d'anesthésique local. De cette façon, l'échographie n'est pas utilisée pour guider l'aiguille, mais plutôt pour confirmer l'absence de pénétration ou de perforation des structures clés. La pression exercée par la sonde sur le globe peut déformer ce dernier et pousser celui-ci au contact du corps de l'aiguille (figure 13.7). Le fait de relâcher la pression exercée par la sonde permet au globe de retrouver sa position initiale. Après confirmation que l'aiguille n'est pas dans les structures clés, l'anesthésique local (qui apparaît anéchogène comparé à la graisse périorbitaire, plus échogène) est injecté et l'aiguille retirée (figure 13.8).

Pratique basée sur les preuves

L'ophtalmologie possède un riche passé d'utilisation de l'échographie orbitaire en tant qu'outil diagnostique.

La première publication relative à l'échographie ophtalmologique date de 1956 [11]. Depuis lors, l'échographie a été utilisée pour détecter des pathologies telles que des décollements de rétine, des mélanomes choroidiens, des rétinoblastomes, des corps étrangers ou autres [12]. De plus, les mesures biométriques obtenues par échographie sont utilisées pour calculer la taille de la lentille à employer dans la chirurgie de la cataracte [13]. Une des complications les plus redoutées de l'anesthésie ophtalmologique est la pénétration accidentelle du globe par l'aiguille. Mises à part les conséquences potentiellement dévastatrices d'une cécité, il s'agit de la complication anesthésique orbitaire pour laquelle nous autres, anesthésistes, pouvons dépendre des ophtalmologistes pour le diagnostic et la prise en charge. Edge et Navon ont rapporté une incidence globale de 7 cas pour 50 000 procédures [14]. Le recours aux seuls repères anatomiques de surface pour guider le positionnement correct de l'aiguille n'est pas suffisant. Si disponibles, les mesures biométriques échographiques de la longueur axiale et de la forme du globe doivent être consultées avant réalisation d'une anesthésie locorégionale, de façon à dépister une forme atypique ou une longueur trop importante du globe [15]. Un staphylome est une déformation anormale de l'œil. Alors que certains sont situés au niveau antérieur, la majorité sont situés à la partie postérieure du globe, à la jonction entre l'œil et le nerf optique [16]. Fondamentalement, un BRB est réalisé en orientant l'aiguille plus verticalement et plus profondément au niveau de l'orbite, en arrière du globe. Si le globe est plus long qu'initialement prévu ou qu'un staphylome fait saillie, alors il existe un plus grand risque de lésion du pôle postérieur de l'œil par l'aiguille [14-16]. Les globes plus longs ont tendance à

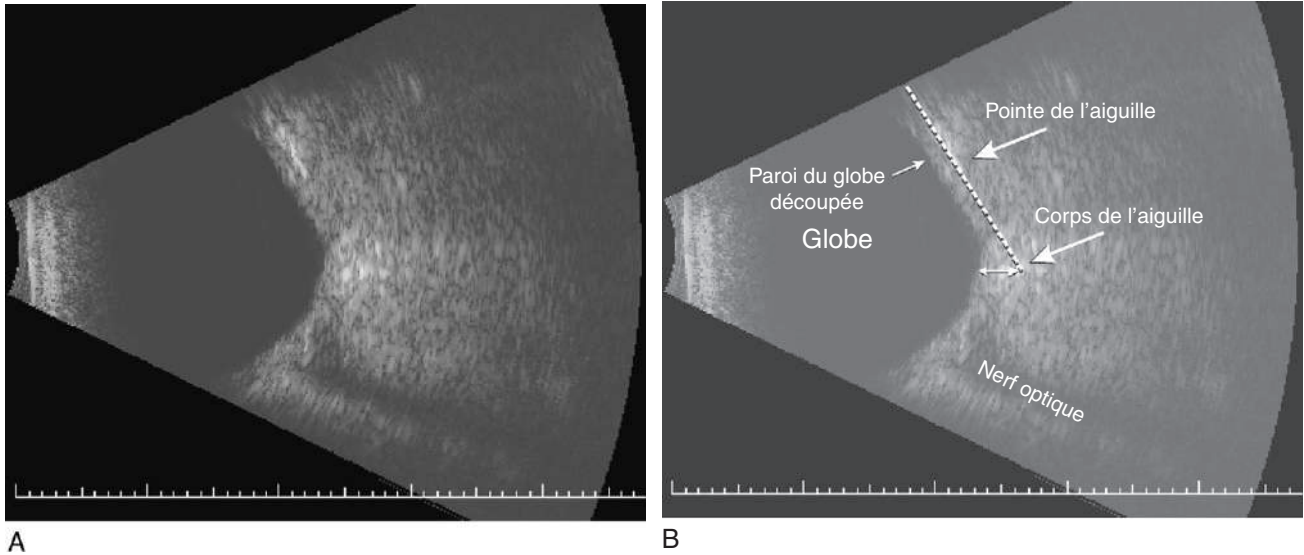


Figure 13.7. A,B. Globe oculaire ballotté contre le corps de l'aiguille.

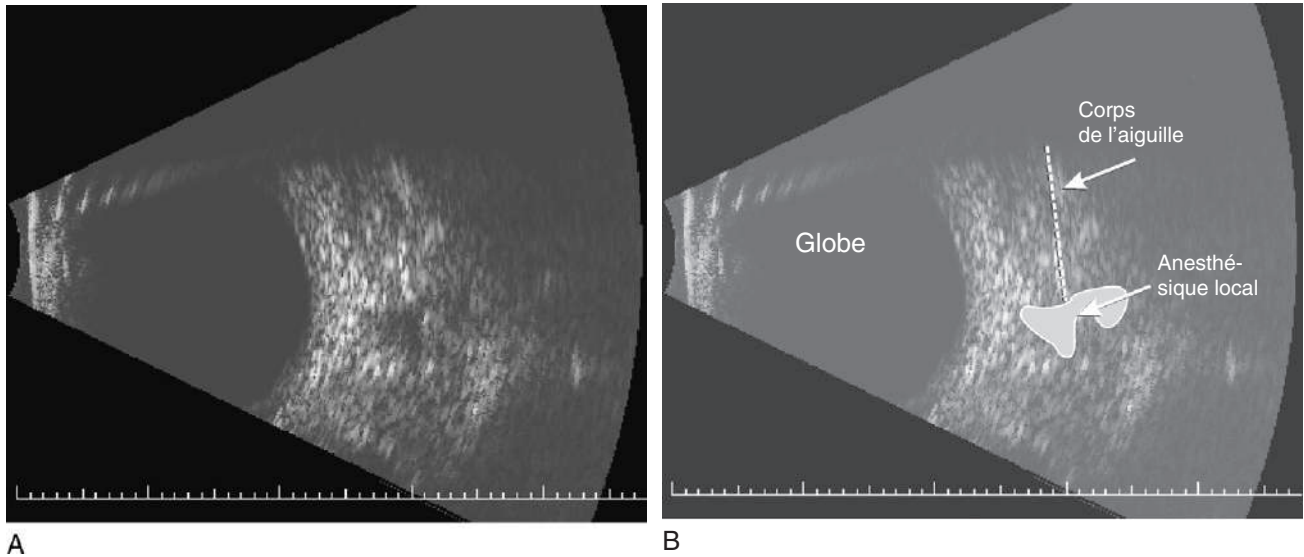


Figure 13.8. A,B. Injection et visualisation de la plage anéchogène d'anesthésique local.

être plus volumineux, exposant ainsi leur pôle inférieur au risque de lésion par l'aiguille lors de la réalisation d'un BPB [16].

En 1995, Birch et al. [17] ont décrit la réalisation de BRB assistés par échographie pour localiser des aiguilles de 25 gauges de 38 mm. Les images échographiques ont été obtenues avant introduction de l'aiguille, avec l'aiguille in situ et lors de l'injection d'anesthésique local. Lors de chaque bloc, il était noté que l'extrémité de l'aiguille était plus proche du globe que ce qui était attendu. La distance variait de 0,2 à 3,3 mm en arrière du pôle postérieur. Bien qu'aucune perforation n'ait été rencontrée, il a été observé dans leur série que le corps de l'aiguille était à l'origine d'une déformation du globe dans 50 % des cas. D'autres auteurs n'ont pas retrouvé ces constatations [18]. Birch et al. ont conclu que le recours aux seuls repères anatomiques de surface pouvait être insuffisant.

Les BPB impliquent une mise en place de l'aiguille moins profonde avec moins d'inclinaison vers l'apex de l'orbite ; de ce fait, il devrait y avoir moins de risque de ponction du pôle postérieur. Cependant, il est toujours possible d'entrer en contact avec le globe à sa partie équatoriale [14-16].

Winder et al. [18] ont retrouvé des points communs aux différents blocs échoguidés, sans tenir compte du fait qu'il s'agissait d'une approche péri- ou rétrobulbaire. Les échographies étaient réalisées avant le début de la procédure, pendant l'injection et 10 min après la réalisation du bloc. La plage anéchogène d'anesthésique local était visualisée au sein du cône musculaire pour le BRB et en dehors du cône pour le BPB. Dix minutes après réalisation du BPB, les constatations échographiques mettaient en évidence une diffusion de l'anesthésique local aux espaces rétrobulbaire ou intraconal (autour du nerf optique), confirmant le mécanisme

d'action anesthésique avec l'injection extraconale péri-bulbaire. À l'inverse de Birch et al., il n'y avait aucune observation de contact entre l'aiguille et la sclère. Winder et al. [18] ont rencontré des difficultés à obtenir une délimitation échographique claire des aiguilles 25 gauges d'anesthésie locorégionale. Comme prévu, étant donné que l'angle d'introduction de l'aiguille est un facteur déterminant dans la visualisation échographique de celle-ci, les aiguilles étaient plus difficiles à voir lors des BPB que lors des BRB [19]. Il existe une controverse quant à la taille idéale des aiguilles d'anesthésie locorégionale ophtalmologique. Typiquement, ce sont les aiguilles de 23 à 27 gauges qui sont employées. Les aiguilles plus fines sont moins douloureuses lors de leur insertion pour les patients et pourraient occasionner moins de lésions en cas de ponction accidentelle du globe. Cependant, le dépistage des lésions oculaires pourrait être moins facile [20-21]. De plus, des aiguilles plus fines peuvent générer moins d'artéfacts ultrasonores [10-19]. Les aiguilles à biseau court de plus gros calibre, plus facilement visualisables en échographie, permettent d'obtenir de meilleures sensations tactiles et requièrent une force plus importante pour pénétrer le globe ; cependant, elles peuvent occasionner plus de lésions dans les rares cas de lésions traumatiques de l'œil [19-21].

Les cathéters mis en place dans l'espace péri- ou rétrobulbaire ont été utilisés pour des anesthésies prolongées, pour l'analgésie postopératoire ou l'administration d'une antibiothérapie ou d'une chimiothérapie [22-23]. Il peut être difficile de positionner l'extrémité du cathéter au bon endroit. Pour s'affranchir de cet obstacle, Gombos et al. [24] ont mis en place des cathéters flexibles de petit calibre sous échoguidage, de façon à faciliter l'administration continue d'anesthésiques locaux lors des chirurgies vitrorétiniennes de longue durée. L'anesthésie ophtalmologique peut être réalisée en administrant des anesthésiques locaux via une canule placée entre la sclère et la capsule de Tenon. La technique originale, décrite vers la fin des années 1800, a été revisitée par Stevens et al. au début des années 1990 [25-26]. Au début, le mode de diffusion de l'anesthésique local et l'anesthésie en découlant n'étaient pas clairs. Stevens et Restori [27] ont utilisé l'échographie pour résoudre l'énigme. Peu après, Fukasaku [28] a comparé les images échographiques des solutions d'anesthésique local après BRB contre BST. Il observait que l'anesthésique local injecté dans l'espace sous-ténonien tendait à diffuser en arrière et à rester concentré à la partie postérieure du globe. Winder et al. [18] ont décrit le « signe en T » correspondant à l'apparence échographique de la solution d'anesthésique local lorsqu'elle pénètre dans l'espace sous-ténonien au niveau du pôle postérieur du globe et qu'elle croise et souligne le nerf optique (figure 13.9). Des études en imagerie par résonance magnétique (IRM) et sur cadavre ont par la suite confirmé ces constatations échographiques [29-30].

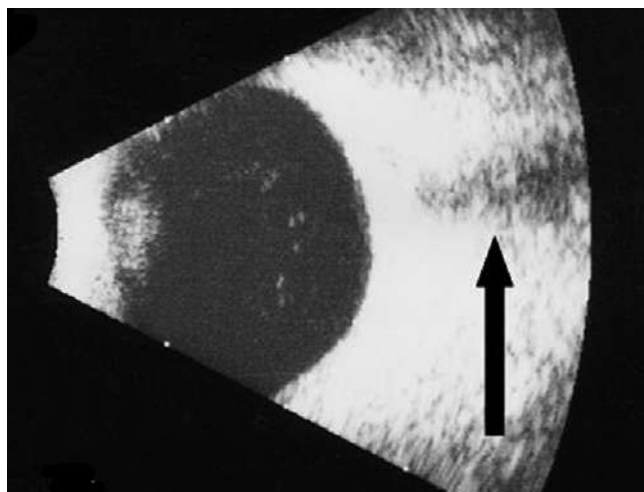
Les BST ont été présentés comme un moyen plus sûr de réaliser une anesthésie locorégionale en raison de l'utilisation d'une canule à la place d'une aiguille [31].

Les longues canules en métal sont devenues en vogue parmi les praticiens, mais elles ont été associées à différentes complications graves incluant des effractions du globe oculaire, des hémorragies, des lésions des muscles extraoculaires et des anesthésies du tronc cérébral [5,6]. Des canules plus courtes ont été développées [32,33]. Kumar et McNeela [34] ont utilisé l'échographie en mode B avant, pendant et après administration d'anesthésiques locaux et ils n'ont pas retrouvé pas de différence de distribution des anesthésiques locaux lorsque le BST était réalisé avec une canule courte, intermédiaire ou longue.

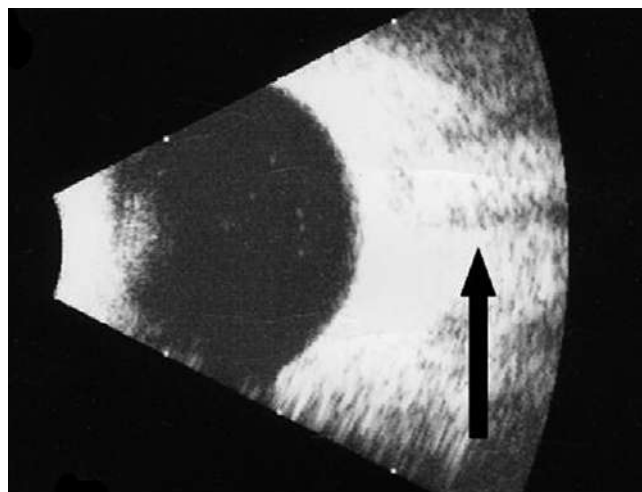
L'anesthésie ophtalmique peut être obtenue par différentes méthodes. Les anesthésistes et les ophtalmologistes utilisent une combinaison de données historiques, physiques et biologiques pour guider la mise en place des aiguilles et canules. Par essence, ces blocs sont réalisés à l'aveugle, sans aucun mode de guidage lors de la procédure. De rares complications dévastatrices pour la vue des patients peuvent survenir. L'échographie est un outil indolore, non invasif, qui peut être bénéfique, en particulier pour les techniques reposant sur l'utilisation d'aiguilles, étant donné qu'elle permet de confirmer que l'aiguille est positionnée à distance du globe ou du nerf optique et qu'elle permet aussi de visualiser l'injection d'anesthésiques locaux. Les limites de cette technique incluent le coût et la disponibilité de cet équipement au sein du bloc opératoire, le design encombrant des sondes échographiques par rapport à la taille de la zone concernée, la difficulté à discerner les différentes structures clés et l'embrochage du globe par l'aiguille secondaire au déplacement du globe par la sonde d'échographie.

POINTS CLÉS

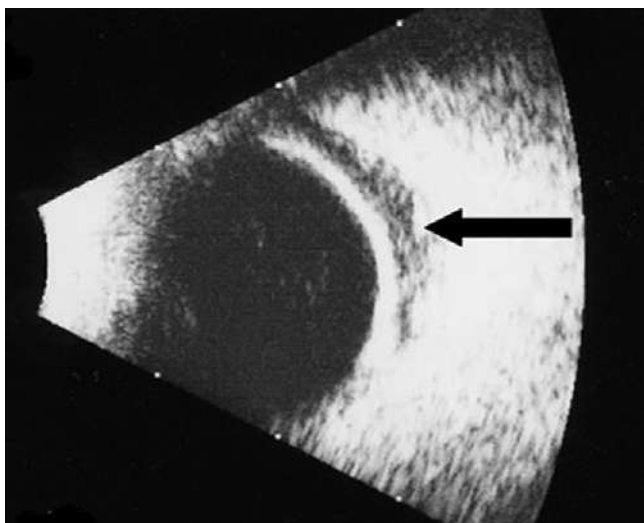
- L'anesthésie en ophtalmologie peut être obtenue par différentes techniques incluant des blocs basés sur l'utilisation d'aiguilles ou de canules.
- L'œil est facilement accessible ; sa géométrie et les éléments l'entourant sont relativement simples, ce qui fait de cette zone un endroit idéal pour la réalisation de l'échographie.
- Les complications consécutives à une anesthésie locorégionale ophtalmologique sont rares, mais peuvent avoir des conséquences dévastatrices pour la vue du patient.
- L'échographie peut avoir une utilité dans l'amélioration des conditions de sécurité lors de la réalisation des blocs en ophtalmologie, en particulier les complications de type pénétration ou perforation liées à l'utilisation d'aiguilles.
- Les limites de cette technique incluent les coûts et la disponibilité de cet équipement au bloc opératoire, le design encombrant des sondes échographiques par rapport à la taille de la zone concernée, la difficulté à discerner les différentes structures clés et les difficultés associées au positionnement de la sonde et de l'aiguille dans une zone restreinte.



A



B



C

Figure 13.9. A. Échographie avant anesthésie sous-ténonienne, flèche pointant le nerf optique. B. Échographie lors du BST. L'espace sous-ténonien s'ouvre avec mise en évidence du caractère « signe en T ». L'aiguille n'est pas visible. C. Échographie 2 min après réalisation du BST. Flèche pointant le nerf optique avec un espace non visible suggérant la diffusion de l'anesthésique local aux régions avoisinantes.

Remerciements

Nous souhaitons remercier les docteurs Don Hoa et Howard Palte, M. Rick Stratton (photographie) et Mme Fiona J. Ehliès (échographie) pour leur aide précieuse.

RÉFÉRENCES

- Knapp H : On cocaine and its use in ophthalmic and general surgery. *Arch Ophthalmol* 13 : 402, 1884.
- Atkinson WS : Retrobulbar injection of anesthetic within the muscular cone. *Arch Ophthalmol* 16 : 494, 1936.
- Davis DB Jr, Mandel MR : Efficacy and complication rate of 16,224 consecutive peribulbar blocks : A prospective multicenter study. *J Cataract Refract Surg* 20 : 327-337, 1994.
- Ripart J, Nouvellon E : Chaumeron : Regional anesthesia for eye surgery. *Reg Anesth Pain Med* 30 : 72-82, 2005.
- Ruschen H, Bremner FD, Carr C : Complications after sub-Tenon's eye block. *Anesth Analg* 96 : 273-277, 2003.
- Frieman BJ, Friedberg MA : Globe perforation associated with sub-Tenon's anesthesia. *Am J Ophthalmol* 131 : 520-521, 2001.
- Dutton JJ : *Clinical and Surgical Orbital Anatomy*, Philadelphia, WB Saunders, 1994.
- Kumar C, Fanning F : *Orbital regional anesthesia*. Kumar C, Dodds C, Fanning G, (eds) : *Ophthalmic Anesthesia*. Lisse, Netherlands, Swets & Zeitlinger, 2002, pp 62-88.
- Brown SM, Coats DK, Collins MLZ, Underdahl JP : Second cluster of strabismus cases after periorbital anesthesia without hyaluronidase. *J Cataract Refract Surg* 27 : 1872-1875, 2001.
- Chapman GA, Johnson D, Bodenham AR : Visualisation of needle position using ultrasonography. *Anesthesia* 61 : 148-158, 2006.
- Mundt G, Hughes W : Ultrasonics in ocular diagnosis. *Am J Ophthalmol* 41 : 488-498, 1956.
- Lizzi FL, Coleman DJ : History of ophthalmic ultrasound. *J Ultrasound Med* 23 : 1255-1266, 2004.
- Fledelius HC : Ultrasound in ophthalmology. *Ultrasound Med Biol* 23 : 365-375, 1997.
- Edge R, Navon S : Scleral perforation during retrobulbar and peribulbar anesthesia : Risk factor and outcome in 50,000 consecutive injections. *J Cataract Refract Surg* 25 : 1237-1244, 1999.
- Duker JS, Belmont JB, Benson WE, et al : Inadvertent globe perforation during retrobulbar and peribulbar anesthesia. Patient characteristics, surgical management, and visual outcome. *Ophthalmology* 98 : 519-526, 1991.
- Vohra SB, Good PA : Altered globe dimensions of axial myopia as risk factors for penetrating ocular injury during peribulbar anesthesia. *Br J Anaesth* 85 : 242-245, 2000.

17. Birch A, Evans M, Redembo E : The ultrasonic localization of retrobulbar needles during retrobulbar block. *Ophthalmology* 102 : 824-826, 1995.
18. Winder S, Walker SB, Atta HR : Ultrasonic localization of anesthetic fluid in sub-Tenon's, peribulbar, and retrobulbar techniques. *J Cataract Refract Surg* 25 : 56-59, 1999.
19. Schafhalter-Zoppoth I, McCulloch CE, Gray AT : Ultrasound visibility of needles used for regional nerve block : An in vitro study. *Reg Anesth Pain Med* 29 : 480-488, 2004.
20. Waller SG, Taboada J, O'Connor P : Retrobulbar anesthesia risk : Do sharp needles really perforate the eye more easily than blunt needles ? *Ophthalmology* 100 : 506-510, 1993.
21. Vivian AJ, Canning CR : Scleral perforation with retrobulbar needles. *Eur J Implant Ref Surg* 5 : 39-41, 1993.
22. Tamai M : A retained retrobulbar catheter for repetitive injection of anesthetics during ophthalmic surgery. *Ophthalmic Surg* 14 : 579-581, 1983.
23. Jonas JB, Hemmerling TM, Budde WM, Dinkel M : Postoperative analgesia by reinjections of local anesthetic through an indwelling retrobulbar catheter. *Am J Ophthalmol* 129 : 54-58, 2000.
24. Gombos K, László CJ, Hatvani I, et al : A catheter technique in ophthalmic regional anesthesia. *Acta Anesthesiol Scand* 44 : 453-456, 2000.
25. Stevens JD : A new local anesthetic technique for cataract extraction by one quadrant sub-Tenon's infiltration. *Br J Ophthalmol* 76 : 670-674, 1992.
26. Hansen EA, Mein CE, Mazzoli R : Ocular anesthesia for cataract surgery : A direct sub-Tenon's approach. *Ophthalmic Surg* 21 : 696-699, 1990.
27. Stevens JD, Restori M : Ultrasound imaging of no-needle 1-quadrant sub-Tenon local anesthesia for cataract surgery. *Eur J Implant Ref Surg* 5 : 35-38, 1993.
28. Fukasaku H : Sub-Tenon's pinpoint anesthesia. *Ophthalmol Clin North Am* 11 : 127-129, 1998.
29. Niemi-Murola L, Krootila K, Kivisaari R, et al : Localization of local anesthetic solution by magnetic resonance imaging. *Ophthalmology* 111 : 342-347, 2004.
30. Ripart J, Prat-Pradal D, Charavel P, Eledjam JJ : Medial canthus single injection episcleral (sub-Tenon) anesthesia anatomic imaging. *Clin Anat* 11 : 390-395, 1998.
31. Guise PA : Sub-Tenon anesthesia : A prospective study of 6000 blocks. *Anesthesiology* 98 : 964, 2003.
32. McNeela BJ, Kumar CM : Sub-Tenon's block with an ultrashort cannula. *J Cataract Refract Surg* 30 : 858-862, 2004.
33. Kumar CM, Dodds C : Evaluation of the Greenbaum sub-Tenon's block. *Br J Anaesth* 87 : 631-633, 2001.
34. Kumar CM, McNeela BJ : Ultrasonic localization of anesthetic fluid using sub-Tenon's cannulae of three different lengths. *Eye* 17 : 1003-1007, 2003.



Alon Winnie a, le premier, décrit, dans les années 1970, l'approche interscalénique du plexus brachial [1]. Le bloc interscalénique du plexus brachial assure l'anesthésie et l'analgésie de l'épaule ainsi que de la partie latérale du bras et de l'avant-bras. Ce bloc est aisé à apprendre et à enseigner. C'est le deuxième bloc pratiqué en ambulatoire [2]. Il est réalisé au niveau des racines et des troncs du plexus brachial. L'extension de l'anesthésie comprend de façon fiable les troncs supérieur et moyen du plexus brachial ; de ce fait, le nerf ulnaire n'est pas concerné par ce bloc dans 50 % des cas, rendant le bloc interscalénique non indiqué pour la chirurgie de la face latérale du coude, la chirurgie de l'avant-bras et de la main [3]. Les indications chirurgicales de ce bloc incluent la chirurgie de la clavicule, de l'épaule, de la partie supérieure du bras et la partie latérale de l'avant-bras. Ses indications non chirurgicales incluent la douleur de l'épaule et de la partie supérieure du bras (épaule « gelée »), la périarthrite scapulo-humérale, les douleurs post-AVC (accident vasculaire cérébral), la névralgie postherpétique, le lymphœdème après chirurgie de cancer du sein, les lésions et pathologies vasculaires, le syndrome régional douloureux complexe, les douleurs postamputations et les douleurs tumorales. Le bloc interscalénique continu du plexus brachial est indiqué pour la physiothérapie pour rééducation de l'épaule et pour l'analgésie postopératoire.

Anatomie échographique

Le plexus brachial naît des racines cervicales de la cinquième (rameau ventral de C5) à la première racine thoracique (rameau ventral de T1). La quatrième racine cervicale et la deuxième racine thoracique participent parfois aussi à la formation de ce plexus. Les racines nerveuses formant le plexus brachial sont situées dans l'espace entre les muscles scalène antérieur et scalène moyen. Cet espace est dénommé *défilé interscalénique*. Le feuillet prévertébral du fascia cervical se divise pour entourer les muscles scalènes antérieur et moyen et se prolonge vers leurs terminaisons, créant ainsi une véritable gaine tubulaire dans laquelle cheminent les racines du plexus brachial. Cette gaine, appelée *gaine du plexus brachial*, s'insère le long des processus transverses des vertèbres cervicales et s'étend latéralement, se terminant en dessous de la fosse axillaire. Le bloc interscalénique est réalisé au niveau du cartilage cricoïde (C6), à l'endroit où les racines nerveuses émergent, entre les muscles scalènes antérieur et moyen, à la face latérale du cou

(figure 14.1). Le défilé interscalénique est une légère dépression qui peut se palper en faisant rouler ses doigts d'avant en arrière à partir du bord latéral du chef claviculaire du muscle sterno-cléido-mastoïdien (figure 14.2). Les rapports anatomiques importants sont : la veine jugulaire externe qui croise à ce niveau le bord postérieur du muscle sterno-cléido-mastoïdien, le nerf phrénique sur la face ventrale du muscle scalène antérieur et l'artère vertébrale qui chemine, au niveau C6, profonde et médiale au plexus brachial.

La technique du bloc interscalénique échoguidée est réalisée au bord latéral du chef claviculaire du muscle sterno-cléido-mastoïdien, à la hauteur du cartilage cricoïde. Le plexus brachial est très superficiel à ce niveau. Une sonde d'échographie de haute fréquence (10–15 MHz) est utilisée. Ce type de sonde de haute fréquence permet de visualiser des structures jusqu'à une profondeur de 4 à 5 cm. La sonde est placée dans un plan axial oblique (figure 14.3). La structure la plus superficielle est le muscle sterno-cléido-mastoïdien. Il apparaît comme une structure triangulaire avec son apex qui pointe latéralement. En profondeur immédiate de ce muscle se trouvent les muscles scalènes antérieur et moyen. Ces structures musculaires peuvent être visualisées plus aisément en demandant au patient d'inspirer profondément.



■ **Figure 14.1.** Dissection anatomique de la région cervicale illustrant le plexus brachial. **1.** Clavicule. **2.** Cartilage cricoïde. **3.** Muscle sterno-cléido-mastoïdien récliné. **4.** Muscle scalène antérieur. **5.** Muscle scalène moyen. **6.** Plexus brachial. **7.** Nerf phrénique. **8.** Veine jugulaire interne. D'après Barrett J, Harmon D, Loughnane F, et al. *Peripheral nerve blocks and perioperative pain relief*. Londres : Elsevier, 2005.

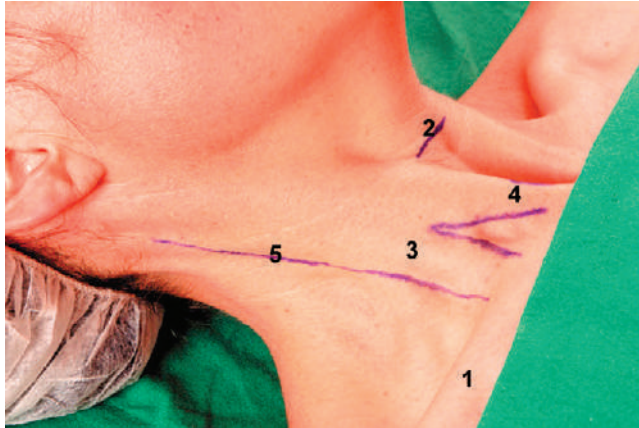


Figure 14.2. Repères du bloc interscalénique. Pour accentuer les repères cutanés, il faut demander au patient de lever la tête du plan du lit contre résistance (tête tournée sur le côté). De plus, la palpation du défilé interscalénique est facilitée par une manœuvre d'inspiration forcée du patient. **1.** Clavicule. **2.** Cartilage cricoïde. **3.** Chef claviculaire du muscle sterno-cléido-mastoïdien. **4.** Chef sternal du muscle sterno-cléido-mastoïdien. **5.** Bord postérieur du muscle sterno-cléido-mastoïdien. D'après Barrett J, Harmon D, Loughnane F, et al. *Peripheral nerve blocks and perioperative pain relief.* Londres : Elsevier, 2005.

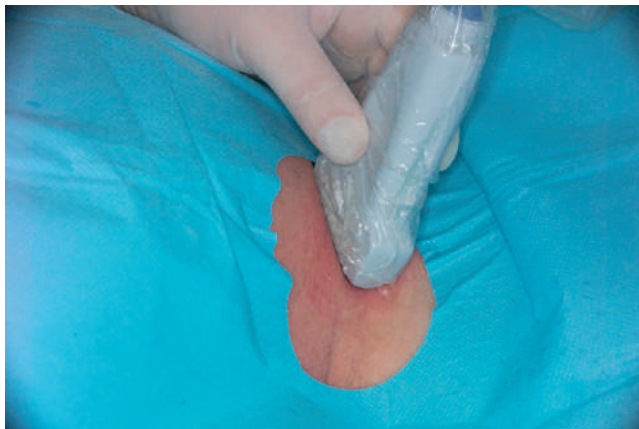


Figure 14.3. Le patient est en décubitus dorsal, tête tournée de 45° vers le côté opposé à la ponction du bloc interscalénique. La sonde d'échographie est positionnée dans le triangle postérieur du cou, au niveau du cartilage cricoïde, avec une orientation axiale oblique.

Les racines du plexus brachial apparaissent entre les deux muscles scalènes, dans le défilé interscalénique. À ce niveau, il est fréquent de distinguer une à cinq structures nerveuses, hypo-échogènes (racines ou troncs du plexus), et, selon la position de la sonde, elles apparaissent ovales ou rondes. Le plexus brachial, à ce niveau, se situe à une profondeur de 1 cm de la peau (figure 14.4).

Technique du bloc interscalénique échoguidé

Une surveillance de l'électrocardiogramme (ECG), de l'oxymétrie de pouls et de la pression artérielle est mise en place, un accès veineux est systématique.

L'installation du patient a pour but d'optimiser le confort du médecin et du patient. Ce dernier est placé en décubitus dorsal, tête tournée vers le côté opposé au bloc à réaliser. L'opérateur se tient du côté du bloc à réaliser (assis ou debout). L'écran de l'échographe, la sonde, l'aiguille et l'image ultrasonographique doivent tous se situer dans le champ visuel de l'opérateur. Pour le bloc interscalénique échoguidé, l'écran est placé en dessous de l'épaule, du côté à opérer (figure 14.5). Les lumières de la salle doivent être réduites afin d'optimiser la visualisation de l'image. Les scialytiques peuvent améliorer cette dernière et permettent de maintenir une lumière d'arrière-plan. Si l'opérateur désire identifier le défilé interscalénique, il demande au patient de soulever la tête du plan du lit.

La peau est désinfectée avec une solution antiseptique et protégée par un champ stérile. Une housse stérile (CIVCO Medical Instruments, Kalona, États-Unis) est appliquée le long de la sonde, avec un gel stérile (Aquasonic®, Parker Laboratories, Fairfield, États-Unis). Au niveau interscalénique, le plexus brachial est exploré dans un plan axial oblique [3]. L'échographe utilisé est un MicroMaxx® (SonoSite, Bothell, États-Unis). L'écran de l'appareil doit être orienté de la même façon que le champ exploré, c'est-à-dire que la partie droite de l'écran représente la partie droite du champ. Les paramètres échographiques doivent être optimisés (mode échographique, profondeur du champ et gain).

La procédure échographique est prédéterminée selon un protocole standard ; ceci améliore la confiance et le succès de l'opérateur. La trachée, l'artère carotide commune, la veine jugulaire interne, le muscle sterno-cléido-mastoïdien sont identifiés. La sonde est ensuite mobilisée latéralement de façon à visualiser l'angle latéral du muscle sterno-cléido-mastoïdien (figure 14.6). En arrière de l'angle de ce muscle cheminent les muscles scalènes antérieur et moyen, entre lesquels se situent les racines du plexus brachial. Une inspiration profonde du patient permet de mieux visualiser les deux muscles scalènes. Mobiliser la sonde d'échographie vers le bas permet d'optimiser la visualisation des racines plexiques. Ces racines ont l'aspect de grosses structures circulaires hypo-échogènes (foncées).

Un bouton dermique d'anesthésique local est réalisé au niveau de l'angle latéral de la sonde ultrasonographique. Le biseau de l'aiguille est tourné face à la partie active du transducteur de façon à optimiser la visibilité de l'extrémité de l'aiguille. La technique aiguille libre est préférée aux systèmes de guides. L'aiguille isolée, de diamètre 21 gauges, longueur 50 mm (Pajunk, Geisingen, Allemagne, ou B. Braun, Bethlehem, États-Unis) est insérée, parallèle à l'axe du faisceau d'ultrasons. Elle est reliée à une tubulure stérile, connectée à une seringue de 20 ml et purgée de façon à retirer tout l'air du système. L'opérateur mobilise le transducteur pour maintenir l'aiguille dans le plan de l'image autant que possible. L'extrémité de l'aiguille est lentement avancée sous visualisation en temps réel jusqu'à atteindre les structures neurales cibles (figure 14.7). Les manipulations et la redirection de la sonde sont permanentes durant la progression de l'aiguille, de façon à maintenir celle-ci en permanence dans le plan du faisceau d'ultrasons.

La position finale de l'aiguille peut être confirmée à l'aide d'un neurostimulateur tel que le Stimuplex®

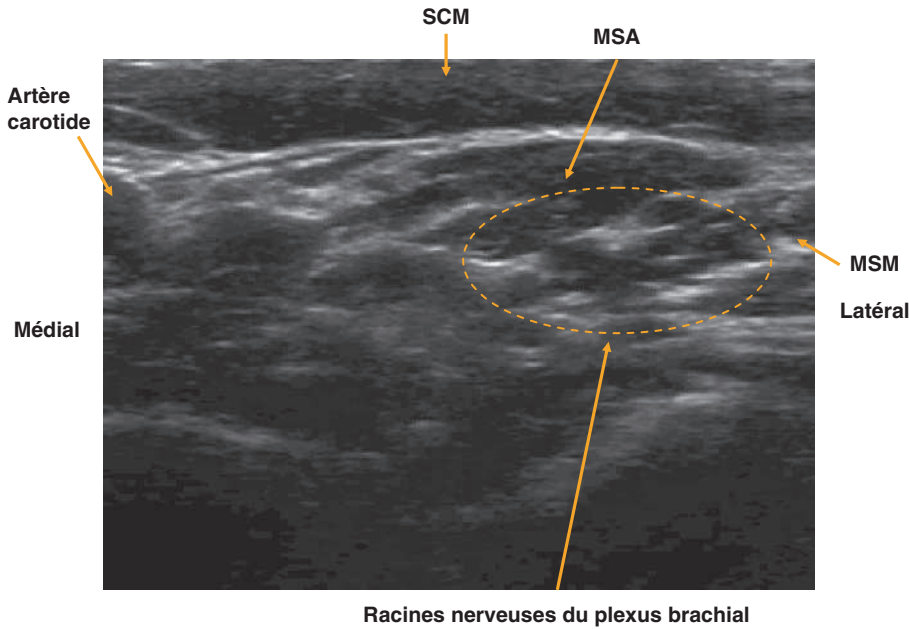


Figure 14.4. Coupe transversale du plexus brachial au bord latéral du muscle sterno-cléido-mastoïdien, au niveau du cartilage cricoïde. Le plexus se situe entre les muscles scalènes antérieur et moyen. Les flèches indiquent les racines du plexus brachial, structures hypo-échogènes. Le transducteur utilisé est une sonde linéaire de haute fréquence. MSA : Muscle scalène antérieur ; MSM : muscle scalène moyen ; SCM : muscle sterno-cléido-mastoïdien.



Figure 14.5. Vue globale du bloc interscalénaire échoguidé. Si l'aiguille est insérée à partir du bord médial de la sonde, l'écran de l'échographe doit être placé du côté controlatéral, au niveau du cou du patient.

(B. Braun). La réponse motrice usuelle est retrouvée au niveau du bras et de l'avant-bras.

Une technique alternative est possible, l'aiguille partant de la partie médiale de la sonde (approche médiale) (figure 14.8). Pendant l'injection (lente) de la solution anesthésique locale, la diffusion du liquide est observée : elle est confirmée de façon indirecte par la distension de l'espace interscalénaire ; les limites des racines sont rehaussées (figure 14.9). Si cette diffusion typique n'est pas visualisée après injection d'une faible quantité d'anesthésique local (0,5-2 ml), l'extrémité de l'aiguille doit être repositionnée. De plus faibles volumes d'anesthésique local sont nécessaires pour réaliser un bloc interscalénaire échoguidé (comparé aux techniques non guidées). Le volume de solution injectée est déterminé par l'extension observée. L'aiguille est réorientée jusqu'à



Figure 14.6. Sonde ultrasonographique et position de l'aiguille lors d'un bloc interscalénaire échoguidé. Notez l'orientation de l'aiguille, dans le plan du faisceau d'ultrasons.

assurer un encerclement complet de la structure nerveuse par le liquide. Chez l'adulte, 20 ml de solution anesthésique locale sont en moyenne utilisés. L'anesthésique local apparaît comme une image hypo-échogène.

Un cathéter est inséré dans l'espace interscalénaire pour la technique du bloc interscalénaire continu. Pour ce faire, une aiguille de Tuohy de diamètre de 17 gauges est utilisée. Le cathéter est inséré au travers de l'aiguille. Là aussi, l'extrémité de l'aiguille est positionnée dans l'espace interscalénaire, et le cathéter progresse au travers de l'aiguille, jusqu'à proximité immédiate des racines nerveuses. La position de l'extrémité du cathéter est vérifiée, soit avec une injection de sérum glucosé, qui n'interfère pas avec le courant de neurostimulation, soit avec 1 ou 2 ml d'air, qui apparaissent comme une petite tache blanche à l'écran. Le cathéter est inséré sur environ 3 à 4 cm dans l'espace interscalénaire. Il est ensuite sécurisé avec un pansement transparent.

Figure 14.7. Image en temps réel de l'insertion de l'aiguille lors d'un bloc interscaléniq. Cette insertion se fait au bord latéral de la sonde. L'aiguille est pointée par des flèches et son extrémité (A) est à proximité immédiate des racines nerveuses. SCM : muscle sterno-cléido-mastoïdien ; MSA : muscle scalène antérieur ; MSM : muscle scalène moyen.

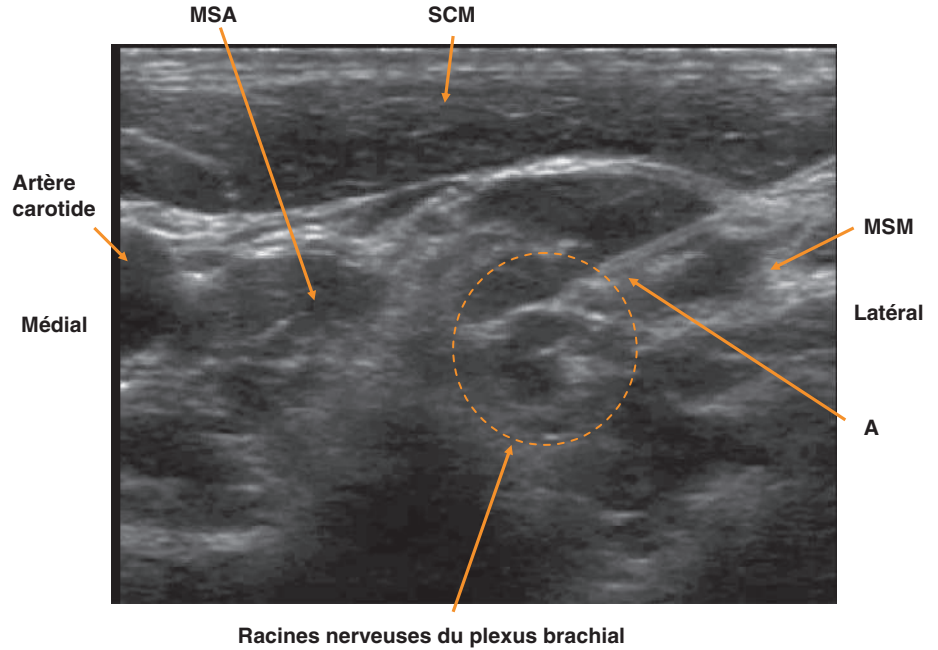
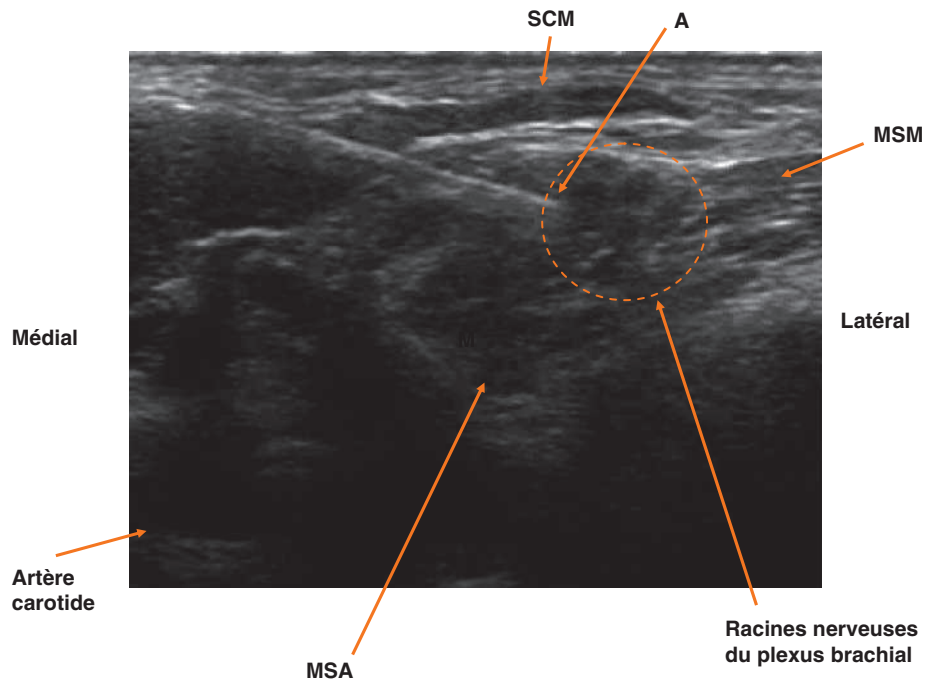


Figure 14.8. Image en temps réel de l'insertion de l'aiguille lors d'un bloc interscaléniq. Cette insertion se fait au bord médial de la sonde. L'aiguille est pointée par des flèches et son extrémité (A) est à proximité immédiate des racines nerveuses. SCM : muscle sterno-cléido-mastoïdien ; MSA : muscle scalène antérieur ; MSM : muscle scalène moyen.



Pratique basée sur des preuves

L'approche interscaléniq. du plexus brachial est indiquée pour la chirurgie de l'épaule [4]. Bien que ce bloc puisse éventuellement être utilisé pour la chirurgie de la main et de l'avant-bras, l'extension inadéquate de l'anesthésie dans les territoires inférieurs du plexus peut occasionner des échecs dans sa distribution ulnaire [3]. Le plexus brachial est superficiel et la réalisation du bloc

interscaléniq. est très bien tolérée par les patients. La majorité des complications liées à l'approche interscaléniq. surviennent du fait d'un placement erroné de l'extrémité de l'aiguille ou d'un défaut de diffusion de la solution anesthésique. L'imagerie échographique permet de diminuer l'incidence de ces deux événements indésirables, grâce à la visualisation de l'extrémité de l'aiguille et à la limitation du volume de solution injecté.

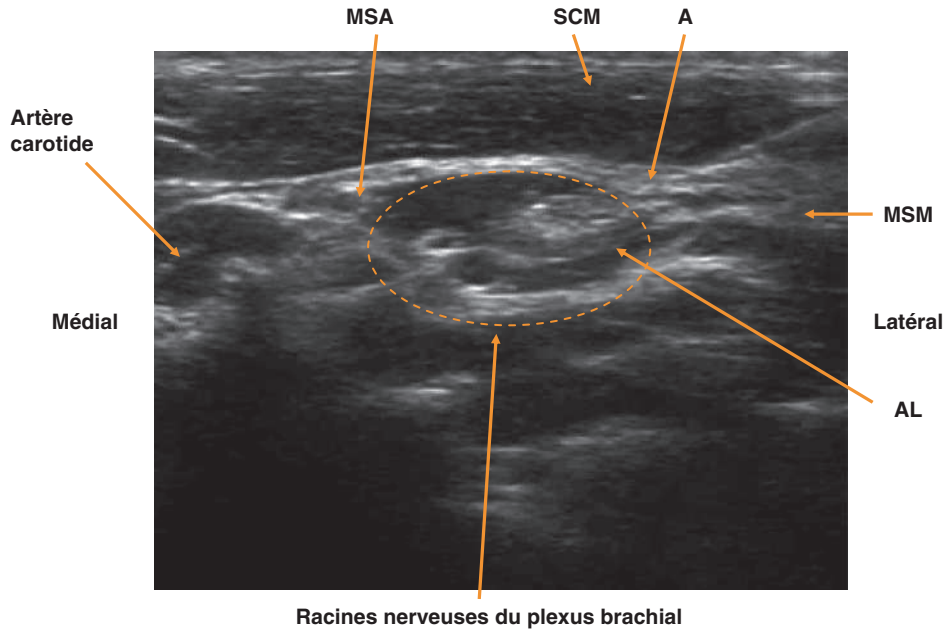


Figure 14.9. Coupe de l'espace interscalénique, après injection de 20 ml de solution anesthésique locale. La sonde est linéaire, de haute fréquence. Les flèches indiquent les racines nerveuses du plexus brachial entourées d'anesthésique local. A : extrémité de l'aiguille ; AL : anesthésique local ; MSA : muscle scalène antérieur ; MSM : muscle scalène moyen ; SCM : muscle sterno-cléido-mastoïdien.

En 1994, Alon P. Winnie disait : « Tôt ou tard, un examen suffisamment précis des structures anatomiques permettra de développer des techniques exactes » [5]. Durant la dernière décennie, l'amélioration des images échographiques a permis aux praticiens d'étudier l'anatomie de façon plus précise, de voir les structures nerveuses et d'améliorer les techniques d'anesthésie locorégionale. Yang, Chui et Metrewelli [6] ont publié les premiers cas de cathéters interscaléniques avec mise en place échoguidée chez 16 patients. Leur localisation adéquate a été confirmée au scanner. En 2003, Perlas, Chan et Simons [7] ont décrit la procédure échographique des blocs du plexus brachial au niveau interscalénique, supra- et infraclaviculaire, axillaire et au canal huméral chez des volontaires sains. Dans cet article, la région interscalénique était explorée dans un plan d'axe oblique au niveau du cartilage cricoïde ; le plexus brachial était retrouvé entre les muscles scalènes antérieur et moyen chez les 15 volontaires. Selon l'angle d'orientation du transducteur, une à trois structures nerveuses hypo-échogènes étaient retrouvées. Le plexus était superficiel chez tous les volontaires, avec une distance moyenne peau-nerfs de $0,9 \pm 0,2$ cm. L'apparence et la taille de ces structures, en revanche, n'étaient pas homogènes [7].

Chan [8] rapporte un cas clinique de bloc interscalénique échoguidé pour chirurgie arthroscopique de l'épaule. Chez ce patient, deux essais de neurostimulation ont été tentés au préalable, avec impossibilité d'obtenir une réponse motrice à une intensité inférieure à 0,5 mA. La sonde ultrasonographique a été posée dans un plan axial oblique au niveau du cartilage cricoïde et l'aiguille insérée longitudinalement au grand axe de la sonde, de façon à être visualisée dans toute sa longueur à l'approche des nerfs. Le plexus brachial a été visualisé entre muscles scalènes antérieur et moyen. La bonne position du bout de l'aiguille a été confirmée à l'aide

de la neurostimulation. Vingt millilitres de solution anesthésique locale ont été injectés pour obtenir un bloc interscalénique puissant.

La littérature nécessite encore des études randomisées supplémentaires pour déterminer la réelle supériorité des blocs interscaléniques échoguidés par rapport aux techniques conventionnelles.

POINTS CLÉS

- Le bloc interscalénique permet l'analgésie et l'anesthésie pour la chirurgie de l'épaule et de la partie supérolatérale du membre supérieur.
- En termes de fréquence, c'est le second bloc pratiqué dans le cadre de la chirurgie ambulatoire.
- Lors d'un bloc interscalénique non échoguidé, le nerf ulnaire n'est pas anesthésié dans 50 % des cas. De ce fait, ce bloc n'est pas indiqué pour la chirurgie du coude, de l'avant-bras et de la main.
- Le muscle scalène antérieur est situé latéralement à la veine jugulaire interne et à l'artère carotide, juste en dessous du bord postérieur du muscle sterno-cléido-mastoïdien qui est visualisé à l'échographie comme une structure triangulaire.
- Les racines du plexus brachial sont visualisées entre les muscles scalènes antérieur et moyen.
- Les racines du plexus brachial apparaissent comme des structures hypo-échogènes (une à cinq racines sont visibles à l'échographie).
- Si la visualisation des racines du plexus s'avère délicate, il peut être utile d'explorer l'aire sus-claviculaire, plus caudale, zone où les branches du plexus apparaissent en « grappe de raisin », latéralement à l'artère sous-clavière. La sonde balaye ensuite vers le haut la zone interscalénique en suivant ces branches.

RÉFÉRENCES

1. Winnie AP : Interscalene brachial plexus block. *Anesth Analg* 49 : 455-466, 1970.
2. Klein SM, Pietrobon R, Neilsen KC, et al : Peripheral nerve blockade with long acting local anesthetics : A survey of the Society for Ambulatory Anesthesia. *Anesth Analg* 94 : 71-76, 2002.
3. Lanz E, Thiess D, Jankovic D : The extent of blockade following various techniques of brachial plexus block. *Anesth Analg* 62 : 55-58, 1983.
4. Wedel DJ : Nerve blocks. In Miller RD, (ed)., *Anesthesia*. 5th ed, Philadelphia, Churchill Livingstone, 2000, pp 1520-1548.
5. Winnie AP, Hoakansson L : Plexus Anaesthesia: Perivascular Techniques of Brachial Plexus Blocks, rev ed., Philadelphia, Saunders, 1994.
6. Yang WT, Chui PT, Metreweli C : Anatomy of the brachial plexus revealed by sonography and the role of sonographic guidance in anesthesia of the brachial plexus. *AJR Am J Roentgenol* 171 : 1631-1638, 1998.
7. Perlas A, Chan VWS, Simons M : Brachial plexus examination and localization using ultrasound and electrical stimulation : A volunteer study. *Anesthesiology* 99 : 429-435, 2003.
8. Chan VWS : Applying ultrasound imaging to interscalene brachial plexus block. *Reg Anesth Pain Med* 28 : 340-343, 2003.



L'approche sus-claviculaire fut la première technique décrite pour l'obtention de l'anesthésie du plexus brachial [1]. Cette technique était réalisée sous contrôle direct de la vue [1]. Elle est particulièrement utile, car toutes les chirurgies localisées sous l'épaule peuvent être réalisées. Les indications incluent la chirurgie du coude, de l'avant-bras et de la main. Les indications non chirurgicales incluent les syndromes douloureux régionaux complexes, les douleurs postamputations, les maladies et lésions vasculaires et les douleurs cancéreuses. En raison du risque de pneumothorax [2], cette technique est moins fréquemment réalisée que les autres techniques de blocage du plexus brachial telles que le bloc interscalénique ou axillaire. Les techniques échoguidées permettent la visualisation de la plèvre et diminuent probablement le risque de pneumothorax lors des blocs supraclaviculaires.

Anatomie échographique

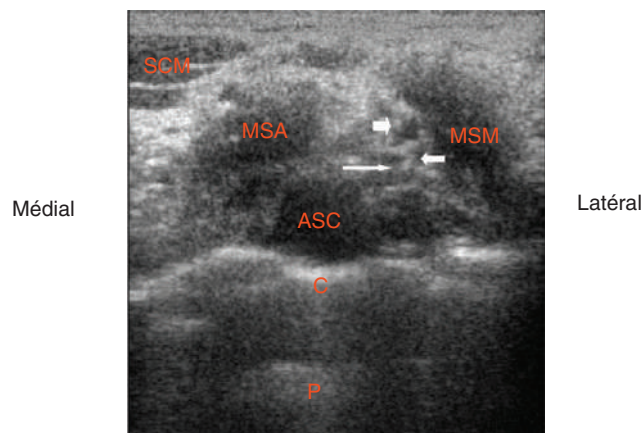
Le triangle postérieur du cou a des limites bien décrites qui correspondent à la clavicule au niveau de la base, au bord postérieur du muscle sterno-cléido-mastoïdien en avant et au muscle trapèze en arrière, formant à eux trois la fosse sus-claviculaire. La fosse sus-claviculaire est recouverte par la peau, les tissus sous-cutanés et les branches cutanées sus-claviculaires du plexus cervical superficiel. Le muscle scalène antérieur prend son origine au niveau des tubercules antérieurs des processus transverses des quatrième, cinquième et sixième vertèbres cervicales et s'insère à la face antérieure de la première côte. Au niveau de son insertion, le muscle scalène sépare deux structures vasculaires importantes, l'artère et la veine sous-clavière, respectivement situées en arrière et en avant du muscle. En arrière et au-dessus de l'artère se trouve le plexus brachial, reposant sur la face antérieure du muscle scalène moyen. Le muscle scalène moyen prend son origine au niveau des tubercules postérieurs des processus transverses des quatre à cinq premières vertèbres cervicales et s'insère sur la face externe de la première et de la deuxième côte. Des rapports anatomiques vasculaires importants sont retrouvés au niveau de cette région. L'artère sous-clavière émerge à droite du tronc brachio-céphalique et à gauche de l'arche aortique. L'artère sous-clavière constitue un repère de base lors de la réalisation du bloc du plexus brachial échoguidé. L'artère sous-clavière donne naissance à l'artère vertébrale qui pénètre le foramen

intertransversaire (de la sixième vertèbre cervicale) et qui est situé en avant du trajet des nerfs spinaux. L'artère vertébrale représente un point d'intérêt lors de la réalisation de techniques d'anesthésie interscaléniques.

Les techniques sus-claviculaires se focalisent sur la fosse sus-claviculaire où les troncs primaires antérieurs, moyens et inférieurs se divisent en leurs branches antérieures et postérieures. À ce niveau, le plexus est superficiel et de ce fait, il est nécessaire d'utiliser des sondes haute fréquence (10 MHz) afin de pouvoir identifier les structures. Des difficultés techniques sont rencontrées lors de l'étude de la région sus-claviculaire en raison de la dépression sus-claviculaire qui complique à la fois la manipulation de la sonde et la ponction à l'aiguille. Enfin, bien que les troncs primaires du plexus soient facilement identifiés entre les muscles scalènes dans l'espace interscalénique, au niveau de la zone sus-claviculaire, le plexus est plus difficile à localiser. Bien que le Doppler couleur ne soit pas nécessaire pour identifier l'artère sous-clavière, son utilisation facilite grandement l'identification du plexus brachial en permettant de différencier les nerfs (hypo-échogène et absence d'effet Doppler) des branches artérielles ou veineuses retrouvées dans la zone (hypo-échogène avec effet Doppler). L'anatomie échographique de la région sus-claviculaire est représentée sur la [figure 15.1](#). La plèvre est identifiée comme une fine ligne hyperéchogène recouvrant le tissu pulmonaire anéchogène.

Technique

Un accès intraveineux ainsi qu'un monitoring par électrocardiographie, oxymétrie de pouls et pression artérielle non invasive sont mis en place. L'optimisation du confort du patient et de l'opérateur est une étape importante de la procédure. Pour la réalisation d'un bloc sus-claviculaire échoguidé, le patient est positionné en décubitus dorsal avec la tête tournée du côté opposé au côté bloqué. L'écran de l'appareil, la sonde et l'aiguille doivent être dans le champ visuel de l'opérateur. Pour le bloc sus-claviculaire, l'écran de l'échographe est placé sous l'épaule du côté à bloquer ([figure 15.2](#)). Les scalytiques du bloc opératoire peuvent être utilisés pour maintenir un fond lumineux. Il est demandé au patient de lever la tête afin de permettre au praticien d'identifier le sillon interscalénique. Les pulsations de l'artère sous-clavière sont palpées au-dessus de la clavicule. La sonde d'échographie doit être tenue entre le pouce, l'index et



■ **Figure 15.1.** Vue en coupe transversale de la zone sus-claviculaire au niveau de la première côte mettant en évidence l'artère sous-clavière au niveau de la région sus-claviculaire ainsi qu'une structure nodulaire hypodense en regard de la portion supéropostérieure de l'artère sous-clavière correspondant aux branches de division du plexus brachial (flèches). ASC : artère sous-clavière ; MSA : muscle scalène antérieur ; MSM : muscle scalène moyen ; P : plèvre ; C : première côte ; SCM : muscle sterno-cléido-mastoïdien.

l'annulaire de la main non dominante. Le fait de laisser reposer le petit doigt et le bord ulnaire de la main sur le patient permet de stabiliser la sonde d'échographie. L'application d'une pression ferme et égale sur toute la surface avec la sonde procure habituellement les meilleures images. La sonde d'échographie linéaire, haute fréquence, de 38 mm (MicroMaxx, SonoSite, Bothell, États-Unis) est orientée au-dessus de la clavicule dans un axe coronal oblique par rapport au cou (figure 15.3). Cela permet d'obtenir une orientation échographique transverse. Cette visualisation transverse facilite l'identification des nerfs et des structures annexes. Elle permet aussi la vérification de la diffusion circonférentielle de l'anesthésique local autour des nerfs. Une sonde échographique convexe peut aussi être utilisée pour ce bloc.



■ **Figure 15.2.** Vue globale du champ opératoire pour la réalisation d'un bloc sus-claviculaire.



■ **Figure 15.3.** Le patient est placé en décubitus dorsal avec la tête tournée à 45° du côté controlatéral au bloc. La sonde est placée dans le triangle postérieur du cou juste au-dessus de la clavicule, avec une orientation oblique et coronale.

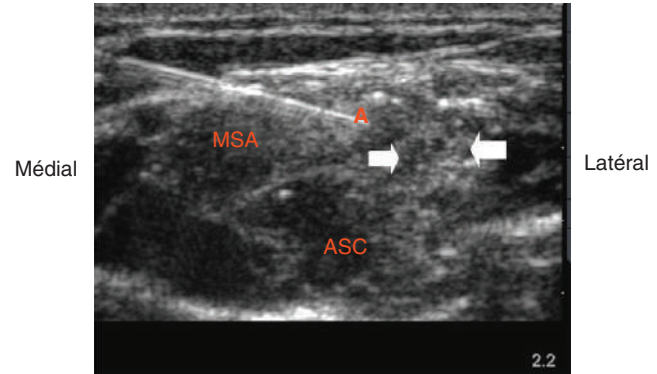
L'orientation de l'écran de l'échographe doit correspondre à l'orientation du champ échographique, c'est-à-dire que la droite de l'écran doit correspondre à la droite de la sonde. Il convient d'optimiser les réglages de l'échographe : profondeur et gain. Le développement et le maintien d'une technique de balayage échographique prédéterminée constituent une aide précieuse à l'amélioration du succès et de la confiance en soi de l'opérateur. Le balayage échographique doit se faire du haut vers le bas. La trachée, l'artère carotide commune, la veine jugulaire interne et le muscle sterno-cléido-mastoïdien sont identifiés. La sonde est déplacée latéralement afin d'identifier le bord latéral du muscle sterno-cléido-mastoïdien. Sous le bord de ce muscle reposent les muscles scalènes antérieurs et moyens avec les racines du plexus brachial entre eux-ci. Il peut être demandé au patient de renifler afin de permettre à l'opérateur d'identifier les muscles scalènes. La mobilisation de la sonde dans cette position, en descendant le long du cou, facilite l'identification des racines du plexus brachial. Les racines du plexus brachial apparaissent comme de larges structures hypo-échogènes. Les racines du plexus brachial peuvent être échographiées juste au-dessus de la clavicule. À ce niveau, le plexus brachial est un amas de nodules hypo-échogènes latéral à l'artère sous-clavière qui repose sur la première côte (hyperéchogène). La plèvre est identifiée comme étant une fine ligne hyperéchogène entourant le tissu pulmonaire anéchogène.

La peau est désinfectée avec une solution antiseptique et un champ stérile est mis en place. La sonde d'échographie est introduite dans une housse stérile (CIVCO Medical Instruments, Kalona, États-Unis) avec du gel échographique (Aquasonic®, Parker Laboratories, Fairfield, États-Unis). Une couche de gel est appliquée entre la housse stérile et la peau. Une anesthésie locale de la peau, au niveau du point de ponction, est réalisée à distance de la sonde d'échographie de façon à améliorer l'asepsie de l'acte et à permettre un angle d'approche plus tangentiel qui permet une meilleure visualisation de l'aiguille. Une méthode alternative d'insertion de l'aiguille pour le bloc sus-claviculaire peut être réalisée en regard du milieu de la sonde. Le biseau de l'aiguille



■ **Figure 15.4.** Positionnement de la sonde et de l'aiguille lors de la réalisation d'un bloc sus-claviculaire échoguidé. Notez l'orientation de l'aiguille dans le plan des ultrasons.

doit alors être en face du faisceau d'ultrasons de façon à améliorer la visualisation de la pointe de l'aiguille. Il est préférable de ne pas utiliser de guide pour l'insertion de l'aiguille. Une aiguille isolée de 21 gauges de 50 mm de long (Pajunk, Geisingen, Allemagne, ou B. Braun, Bethlehem, États-Unis) est insérée parallèlement à l'axe des ultrasons (figure 15.4). Pour cette approche, l'opérateur peut faire glisser et basculer la sonde afin de maintenir, autant que possible, la pointe de l'aiguille dans le champ échographique. La pointe de l'aiguille est lentement avancée sous imagerie en temps réel jusqu'à ce que l'aiguille atteigne la face latérale des structures nerveuses cibles (figure 15.5). Le repositionnement de la sonde ou de l'aiguille peut être nécessaire afin d'amener la pointe de l'aiguille dans le champ échographique. Les patients tolèrent plus facilement la manipulation de la sonde que celle de l'aiguille. La position de la pointe de l'aiguille doit être très superficielle. Dès confirmation échographique que la position de la pointe de l'aiguille est à proximité immédiate des racines nerveuses, un neurostimulateur tel que le Stimplex® (B. Braun) peut être utilisé afin de confirmer la nature de la cible. Les réactions motrices caractéristiques de l'avant-bras et de la main sont observées. Les doses-tests d'anesthésique local servant à évaluer la diffusion de celui-ci doivent être de petit volume (0,5–2 ml). Si la diffusion de l'anesthésique local n'est pas observée à l'écran, l'injection doit être stoppée. L'aiguille est alors repositionnée afin de permettre une diffusion d'anesthésique local entourant totalement les racines nerveuses (figure 15.6). La solution d'anesthésique local apparaît de façon hypo-échogène. Classiquement, un volume d'anesthésique local moindre est nécessaire, comparé à une technique de bloc sus-claviculaire non échoguidée. La technique de bloc sus-claviculaire continu est similaire à la technique avec injection unique. Comme pour les autres techniques de bloc continu, une dose d'anesthésique local est injectée initialement et, par la suite, une solution plus diluée d'anesthésique local est utilisée. Une fois l'anesthésique local injecté, le cathéter est introduit avec précaution sur environ 5 cm, au-delà de l'extrémité de l'aiguille, alors que l'aiguille est maintenue immobile. Ensuite, l'aiguille est retirée alors que le cathéter est maintenu en place

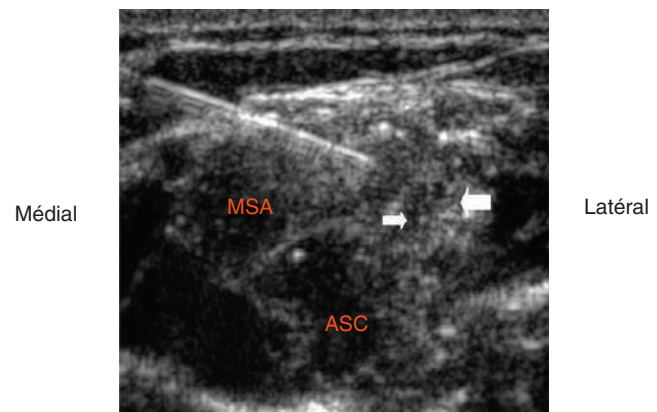


■ **Figure 15.5.** Imagerie en temps réel de l'insertion de l'aiguille pour la réalisation d'un bloc sus-claviculaire. Notez le corps de l'aiguille marqué par les flèches et l'extrémité de l'aiguille à proximité immédiate des racines nerveuses. ASC : artère sous-clavière ; MSA : muscle scalène antérieur ; A : extrémité de l'aiguille.

afin d'éviter son déplacement. Le cathéter est ensuite maintenu en place avec un pansement transparent. Avec cette approche, la tunnelisation du cathéter sur 2 à 3 cm peut permettre d'optimiser la fixation. La position de l'extrémité du cathéter est confirmée en injectant 1 à 2 ml d'air et en observant la diffusion sous échographie. Comparé à une approche interscalénique, l'abord sus-claviculaire présente l'avantage d'être réalisé dans une zone peu exposée aux mouvements, ce qui diminue le risque de déplacement du cathéter.

Pratique basée sur les preuves

L'approche sus-claviculaire du plexus brachial procure une anesthésie adéquate de la totalité du membre supérieur. La solution d'anesthésique local peut être déposée autour des troncs du plexus brachial, au-dessus de la formation des nerfs musculocutané et axillaire. Cette approche peut aussi facilement bloquer le segment ulnaire du cordon médial et le nerf inter-costo-brachial, qui permet d'éviter la douleur liée au garrot. L'approche échoguidée améliore potentiellement les chances de



■ **Figure 15.6.** Vue échographique (avec une sonde linéaire haute fréquence) de la région sus-claviculaire, après injection d'anesthésique local. Les flèches indiquent les racines du plexus brachial entourées d'anesthésique local. ASC : artère sous-clavière ; MSA : muscle scalène antérieur ; AL : anesthésique local.

succès de la technique, diminue le délai d'action ainsi que les complications. Dans le premier cas de bloc du plexus brachial échoguidé, Grange et al. [3] ont utilisé un appareil Doppler afin de localiser l'artère sous-clavière et la veine jugulaire interne au niveau de la fosse sus-claviculaire. Grange et al. ont poursuivi en employant une technique avec recherche de paresthésies afin de localiser le plexus brachial. Aucune complication n'a été rapportée. Par la suite, Kapral et al. [4] ont rapporté un taux de succès chirurgical de 95 % en utilisant les blocs sus-claviculaires échoguidés. Un guidage en temps réel était utilisé pour positionner une aiguille de 24 gauges puis un produit de contraste était déposé autour du plexus brachial chez 20 patients. La confirmation de la localisation de l'anesthésique local dans la gaine plexique était confirmée par la suite. La distance par rapport à la plèvre était facilement mesurée dans tous les cas. Aucun pneumothorax, comme cela avait été rapporté pour les techniques non échoguidées, n'a été observé. Une anesthésie chirurgicale complète était obtenue en 40 min. Chan et al. [5] ont rapporté un taux de succès de 95 % chez 40 patients. Ils ont utilisé un plan de balayage échographique coronal oblique et rapporté un temps de réalisation du bloc de 9 ± 4 min. L'échographie minimisait le nombre de tentatives.

Dans un essai prospectif randomisé chez l'adulte réalisé par Williams et al. [6], l'échoguidage et la neurostimulation étaient comparées à la neurostimulation seule pour l'anesthésie sus-claviculaire du plexus brachial. Quarante-deux adultes programmés pour une chirurgie du bras et de l'avant-bras ont été inclus. La visualisation échographique directe était un succès dans tous les cas et était associée à des améliorations significatives par rapport à l'utilisation de la neurostimulation seule. Le temps de réalisation du bloc était de 9,8 min dans le groupe neurostimulation et de 5 min dans le groupe échographie ($p = 0,0001$). Un taux de succès plus important était rapporté ; celui-ci était défini par le moindre recours aux blocs de compléments et non par l'incidence plus importante d'échec de blocs. Aucune complication n'a été rapportée dans chacun des groupes.

POINTS CLÉS

- Le bloc sus-claviculaire procure une analgésie et une anesthésie du bras et de l'avant-bras.
- Bien que le Doppler pulsé ne soit pas nécessaire pour identifier l'artère sous-clavière, il facilite grandement l'identification du plexus brachial en permettant de différencier les nerfs (absence de signal Doppler et hypo-échogène) des branches artérioveineuses retrouvées dans la zone (hypo-échogène avec signal Doppler).
- Les techniques échoguidées sus-claviculaires permettent une visualisation de la plèvre et diminuent probablement le risque de pneumothorax.
- Le développement et le maintien d'une technique de balayage échographique prédéterminée constituent une aide précieuse à l'amélioration du succès et de la confiance en soi de l'opérateur.
- Une méthode alternative d'insertion de l'aiguille pour le bloc sus-claviculaire peut être réalisée en regard du milieu de la sonde.
- Les ganglions lymphatiques sont hypo-échogènes, comme les nerfs, et peuvent être vus dans la région cervicale.

RÉFÉRENCES

1. Winnie AP : Plexus Anesthesia, vol 1, Perivascular Techniques of Brachial Plexus Block. Copenhagen, Schultz, 1983.
2. Thompson AM, Newman RJ, Semple JC : Brachial plexus anaesthesia for upper limb surgery : A review of eight years' experience. *J Hand Surg [Br]* 13 : 195-198, 1988.
3. La Grange P, Foster PA, Pretorius LK : Application of the Doppler ultrasound bloodflow detector in supraclavicular brachial plexus block. *Br J Anaesthesia* 50 : 965-967, 1978.
4. Kapral S, Krafft P, Eibenberger K, et al : Ultrasound-guided supraclavicular approach for regional anesthesia of the brachial plexus. *Anesth Analg* 78 : 507-513, 1994.
5. Chan VW, Perlas A, Rawson R, Odukoya O : Ultrasound-guided supraclavicular brachial plexus block. *Anesth Analg* 97 : 1514-1517, 2003.
6. Williams SR, Chouinard P, Arcand G, et al : Ultrasound guidance speeds execution and improves the quality of supraclavicular block. *Anesth Analg* 97 : 1518-1523, 2003.



Le bloc infra-claviculaire a été initialement décrit par Bazy au début du xx^e siècle [1]. En 1973, Ral et al. [2] ont décrit une approche infra-claviculaire pour l'anesthésie du plexus brachial. L'aiguille était orientée postéro-latéralement, diminuant ainsi le risque de pneumothorax, problème souvent rencontré lors de la réalisation du bloc sus-claviculaire. Depuis, plusieurs modifications de la technique ont été rapportées [3-5]. Whiffler [4] a décrit une approche verticale et latérale sous-coracoïdienne.

Dans la région infra-claviculaire se trouvent les branches et les divisions du plexus brachial. Au niveau interne, les branches et les divisions plexiques sont regroupées ensemble dans les tissus mous. Latéralement, trois cordons reposent au-dessus, en dessous et en arrière de l'artère axillaire, lorsque le bras est en abduction à 90°. Quatorze des 17 branches du plexus naissent des cordons. De ce fait, en bloquant les cordons, presque tous les nerfs sensitifs et nerfs moteurs du bras (en dehors des nerfs innervant les muscles sus-épineux et sous-épineux) sont bloqués. L'approche infra-claviculaire est particulièrement utile, car toutes les interventions chirurgicales situées sous l'épaule peuvent être réalisées. Les indications chirurgicales incluent la chirurgie du coude, de l'avant-bras et de la main. Les indications non chirurgicales incluent les douleurs post-amputations, les douleurs tumorales et les syndromes douloureux régionaux complexes.

Anatomie échographique

Le plexus brachial passe derrière la clavicule pour rentrer dans la fosse axillaire. Dans la région infra-claviculaire, il repose au-dessus et latéralement par rapport aux vaisseaux axillaires et en position céphalique par rapport à la paroi thoracique. Le plexus repose en profondeur par rapport à la peau, au muscle grand pectoral et au fascia clavipectoral qui se divise pour entourer le muscle petit pectoral. Au-dessus de la clavicule, les troncs ont formé des divisions se poursuivant en formant les cordons du plexus au niveau axillaire. Les cordons du plexus se forment autour de la deuxième partie de l'artère axillaire. Les divisions de l'artère sont nommées en fonction de leur rapport avec le muscle petit pectoral. L'artère axillaire devient artère sous-clavière à la face latérale de la première côte.

La technique de bloc infra-claviculaire échoguidée est réalisée au niveau de la région pectorale. En raison de la profondeur à laquelle le plexus brachial se trouve à ce

niveau, une sonde échographique de basse fréquence doit être utilisée (4-7 MHz). Le balayage échographique est réalisé latéralement à proximité du processus coracoïde (figure 16.1). La sonde échographique (convexe tenue dans une orientation sagittale) est placée près du bord inférieur de la clavicule, permettant une visualisation transverse de l'artère et de la veine axillaire (figure 16.2). Pour ma part, je préfère les sondes convexes. Cependant, les sondes de type « *phased array* » ou linéaires peuvent être utilisées. L'aiguille est mal visualisée avec les sondes linéaires lors de la réalisation d'un bloc infra-claviculaire. Il convient de faire attention à ne pas appliquer une pression verticale trop importante sur la sonde, ce qui aurait pour effet de collaber la veine axillaire. Le Doppler facilite l'identification des structures vasculaires, contribuant ainsi à diminuer le risque de ponction vasculaire qui constitue la complication la plus fréquente associée à la réalisation des blocs sous-claviculaires échoguidés [4]. Si la sonde est déplacée trop médialement, la plèvre ou la paroi thoracique sont identifiées comme de fines lignes hyperéchogènes entourant le tissu pulmonaire anéchogène. Le glissement pleural peut être observé avec la respiration. Le plexus est habituellement retrouvé à une profondeur



■ **Figure 16.1.** Orientation de la sonde d'échographie pour la réalisation d'un bloc infra-claviculaire. Elle est orientée dans le plan sagittal. Le faisceau ultrasonore est représenté par le secteur lumineux coloré sous la sonde. Le faisceau ultrasonore est représenté comme une ligne blanche autour du milieu de la sonde.

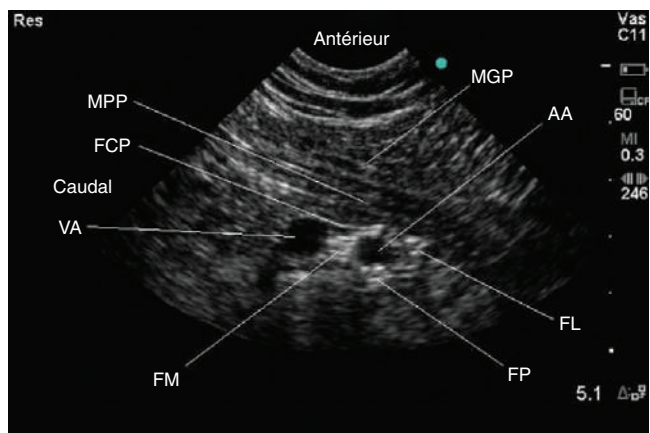


Figure 16.2. Vue transverse de la partie infra-claviculaire du plexus brachial au niveau infra-claviculaire médian en utilisant un système SonoSite avec une sonde convexe de 4 à 7 MHz. AA : artère axillaire ; VA : veine axillaire ; FCP : fascia clavipectoral ; FL : faisceau latéral ; FM : faisceau médian ; FP : faisceau postérieur ; MGP : muscle grand pectoral ; MPP : muscle petit pectoral.

de 2 à 6 cm. Les faisceaux du plexus se trouvent à côté de l'artère, en position latérale, médiale et postérieure (voir la [figure 16.2](#)). La position du membre supérieur influence ces rapports anatomiques. Les muscles grand et petit pectoral ainsi que le fascia clavipectoral sont visualisés et identifiés en utilisant les mouvements appropriés contre résistance.

Technique

Un accès intraveineux ainsi qu'un monitoring par électrocardiographie, oxymétrie de pouls et pression artérielle non invasive sont mis en place. Pour la réalisation du bloc axillaire échoguidé, le patient est placé en décubitus dorsal avec le membre supérieur bloqué en abduction à 90°. Cela a pour effet d'éloigner le plexus de la paroi thoracique et l'aiguille avancée dans un plan sagittal a peu de chance de rencontrer la cage thoracique. La tête du patient est légèrement tournée du côté controlatéral. L'écran de l'échographe doit être placé à droite pour les opérateurs droitiers, indépendamment du côté à bloquer. Du midazolam (2 mg) et du fentanyl (50 µg) sont administrés en bolus par voie intraveineuse, 1 min avant la ponction avec l'aiguille d'anesthésie locorégionale. Un masque à oxygène ou des lunettes à oxygène sont mis en place de façon à éviter une désaturation brève lors de cette sédation initiale. La région deltopectorale est balayée avec une sonde de 4–7 MHz (Titan® C11, SonoSite, Bothell, États-Unis). Le développement et le maintien d'une technique de balayage échographique prédéterminée constituent une aide précieuse à l'amélioration du succès et de la confiance en soi de l'opérateur. Commencer par un balayage, avec la sonde, le long d'une ligne reliant le milieu de la clavicule au point de prise du pouls axillaire de façon à visualiser l'artère et la veine axillaire. Il convient d'optimiser les réglages de l'échographe tels que le mode échographique, le gain et la profondeur. Déplacer la sonde vers l'extrémité céphalique ou caudale afin de visualiser l'artère axillaire au centre de l'écran. Faire ensuite glisser la sonde latérale-

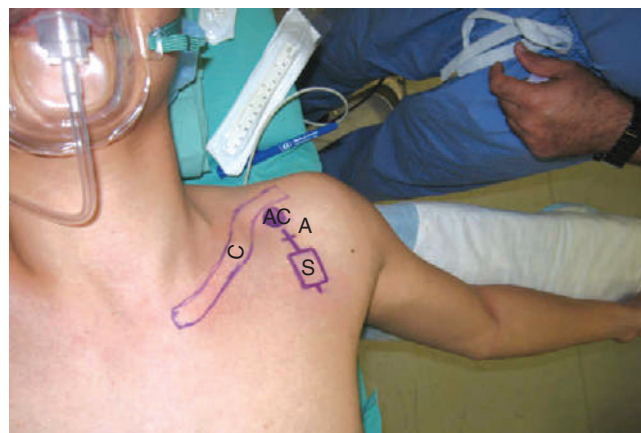


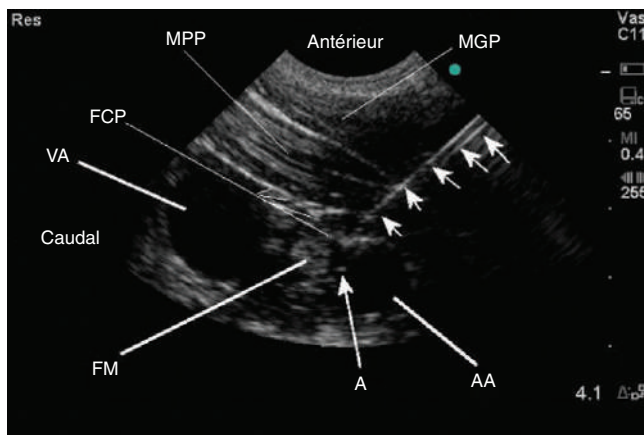
Figure 16.3. Après obtention de la meilleure image des faisceaux, l'empreinte cutanée de la sonde est tracée sur la peau du patient au crayon dermatographique. Les contours de la sonde sont marqués par la lettre S. Une ligne est tracée au milieu de l'empreinte de la sonde puis une autre ligne est tracée ; l'intersection entre les deux, représentée par la lettre A sur la figure, correspond au point de ponction. AC : apophyse coracoïde ; C : clavicule.

ment tout en maintenant l'artère axillaire au centre de l'écran, jusqu'à ce que les trois faisceaux entourent l'artère sur trois de ses côtés. En se déplaçant encore plus latéralement, deux branches issues du faisceau médian et latéral sont visualisées en avant de l'artère axillaire et plus latéralement, celles-ci se rejoignent pour former le nerf médian. Les contours de la sonde sont tracés au crayon dermatographique sur la peau du patient ([figure 16.3](#)). La peau est désinfectée avec une solution antiseptique et un champ stérile est mis en place. La sonde d'échographie est introduite dans une housse stérile (CIVCO Medical Instruments, Kalona, États-Unis) avec du gel échographique (Aquasonic®, Parker Laboratories, Fairfield, États-Unis). Une couche de gel est appliquée entre la housse stérile et la peau. Une anesthésie locale de la peau, au niveau du point de ponction, est réalisée à distance de la sonde d'échographie de façon à améliorer l'asepsie de l'acte et à permettre un angle d'approche plus tangentiel qui permet une meilleure visualisation de l'aiguille. Le point de ponction se situe 1 à 2 cm au-dessus de la position de la sonde curvilinéaire ([figure 16.4](#)). Une aiguille de 25 gauges est introduite sous imagerie échographique en temps réel et de l'anesthésique local est injecté le long du trajet de l'aiguille ([figure 16.4](#)). Une aiguille de 17 gauges de type Tuohy est utilisée pour le bloc. Ce type d'aiguille est retenu en raison de sa bonne visualisation échographique et des bonnes sensations tissulaires obtenues. Cette aiguille est choisie car elle permet un bon ressenti du passage des différents plans tissulaires. Elle est facilement manipulable, sans risque de torsion, et son diamètre plus important la rend plus facilement visualisable. De plus, son extrémité concave faisant face au faisceau d'ultrasons réfléchit plus les ultrasons que les aiguilles à biseau droit et l'extrémité de cette aiguille apparaît comme un point hyperéchogène à l'échographie. L'aiguille Tuohy, sans mandrin, est connectée à un prolongateur stérile relié à deux seringues de 20 ml contenant une solution d'anesthésique local. La tubulure, l'aiguille et les seringues doivent être purgées de toute bulle d'air avant injection. L'aiguille



■ **Figure 16.4.** Rapports entre l'aiguille et la sonde d'échographie. La sonde est recouverte d'une housse stérile ou d'un gant stérile contenant du gel. Une autre couche de gel est appliquée entre la sonde et la peau. Une aiguille de 25 gauges est utilisée pour réaliser une anesthésie locale avant l'introduction d'une aiguille plus grosse, pour péridurale, qui sera utilisée pour le bloc.

Tuohy est introduite, mais la progression ne se fait qu'une fois l'aiguille visualisée. Cela peut nécessiter un repositionnement de l'aiguille ou de la sonde. L'aiguille est dirigée entre la veine et l'artère axillaire (figure 16.5). Une perte de résistance est ressentie et observée lors du franchissement du fascia clavipectoral. Un à deux millilitres de lidocaïne à 2 %, contenant de l'adrénaline au 1/200 000 et du bicarbonate de sodium (0,9 mEq/10 ml), sont injectés de façon à s'assurer de la bonne position de l'aiguille. Après vérification de la bonne localisation de l'anesthésique local, 10 ml d'anesthésique local sont injectés autour du faisceau médial. L'aiguille est retirée partiellement et redirigée entre le faisceau latéral et le bord supérieur de l'artère axillaire. Une fois de plus, après



■ **Figure 16.5.** Vue transversale de la partie infra-claviculaire du plexus brachial au niveau infra-claviculaire médian en utilisant un système SonoSite avec une sonde convexe de 4 à 7 MHz. L'aiguille (flèches) est dirigée entre l'artère et la veine axillaire. AA : artère axillaire ; VA : veine axillaire ; FCP : fascia clavipectoral ; FM : faisceau médial ; A : extrémité de l'aiguille ; MGP : muscle grand pectoral ; MPP : muscle petit pectoral.

injection de 1 à 2 ml de lidocaïne, afin de s'assurer de la bonne position de l'aiguille, 10 ml d'anesthésique local sont injectés autour du faisceau latéral. L'aiguille est avancée un peu plus profondément par rapport au bord postérieur de l'artère et le corps de l'aiguille est orienté plus horizontalement de façon à en positionner l'extrémité entre l'artère et le faisceau postérieur. Un volume additionnel de 10 ml d'anesthésique local est injecté autour du faisceau postérieur. La diffusion de l'anesthésique local autour des faisceaux est observée à l'échographie lors de chaque injection. Lors de chaque manœuvre, la totalité de l'aiguille doit être visualisée. Habituellement, 35 à 40 ml de solution d'anesthésique local sont utilisés. Cependant, un bloc efficace peut être obtenu avec 15 à 20 ml de lidocaïne (2 %) contenant de l'adrénaline (1/200 000) et du bicarbonate de sodium (8,5 %) avec une durée d'action de 3 à 4 h chez l'adulte. Une solution contenant 8 ml de tétracaïne, 32 ml de lidocaïne (2 %) et 200 µg d'adrénaline peut être utilisée afin d'obtenir une anesthésie prolongée.

Technique Pédiatrique

Pour les enfants, une fois l'accès veineux établi, une sédation plus lourde que chez l'adulte est nécessaire pour réaliser le bloc. Le volume d'anesthésique local est ajusté en fonction du poids. Chez les enfants de moins de 2 ans, une induction gazeuse peut être nécessaire afin d'obtenir un accès veineux. Une sédation est ensuite utilisée afin de réaliser le bloc ; une solution de lidocaïne (1 %) contenant de l'adrénaline au 1/200 000 est utilisée. La cage thoracique est plus large et les faisceaux se forment de façon plus médiale chez les nourrissons par rapport aux enfants plus âgés ou aux adultes. De ce fait, la cage thoracique et la plèvre peuvent être visualisées lorsque les faisceaux du plexus brachial entourent l'artère axillaire. La mise en place d'un cathéter périnerveux est utile chez les enfants opérés pour une syndactylie ou pour des pansements itératifs sur des membres supérieurs brûlés. L'évaluation du bloc moteur et sensitif est difficile chez les jeunes nourrissons (10-15 kg) sous sédation lourde. L'absence de douleur et la présence de constantes vitales stables lors de l'intervention confirment le succès du bloc. Un cathéter peut être mis en place au travers de l'aiguille entre l'artère axillaire et le faisceau postérieur (figures 16.6 et 16.7). Un cathéter de 19 gauges pour péridurale de type FlexTip® (Arrow International, Reading, États-Unis) nécessite l'utilisation d'une aiguille de 17 gauges. Ce cathéter est facilement visualisable à l'échographie, en raison de la présence de métal. Un cathéter de 20 gauges en plastique peut être mis en place au travers d'une aiguille de 18 gauges, mais ils sont difficiles à visualiser à l'échographie. Si l'extrémité n'est pas facilement visualisable, un test à l'air peut être réalisé. La position de l'extrémité du cathéter est confirmée par l'injection de 1 à 2 ml d'air avec visualisation de l'aspect échodense autour du faisceau postérieur. Un cathéter multiperforé ne doit pas être utilisé, étant donné que l'anesthésique local diffuse préférentiellement par un des orifices situés dans une zone tissulaire de moindre résistance. Le cathéter est fixé au moyen d'un pansement occlusif transparent (figure 16.8). Si le cathéter est laissé en place pour une durée plus longue afin d'assurer une analgésie, celui-ci peut être tunnelisé.

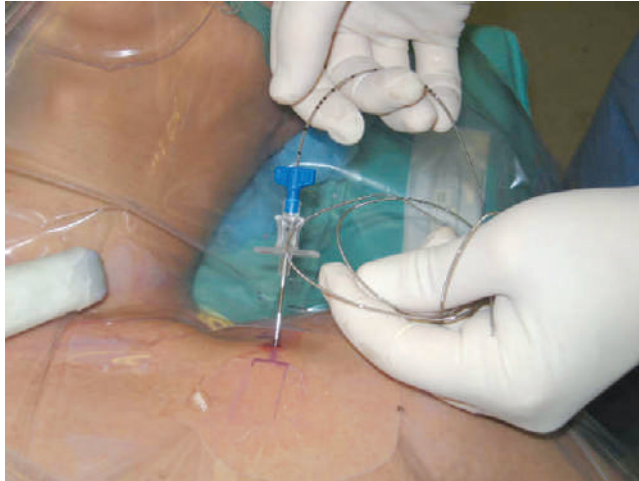


Figure 16.6. Cathéter de 19 gauges introduit au travers d'une aiguille de 17 gauges.

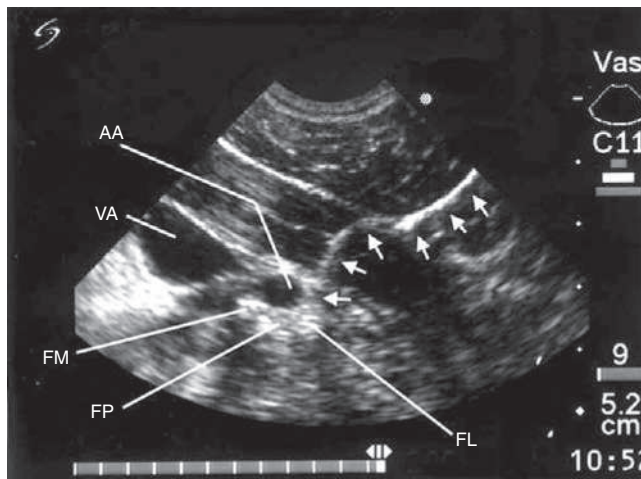


Figure 16.7. Vue transversale de la partie infra-claviculaire du plexus brachial. L'extrémité du cathéter (flèches) est positionnée entre l'artère axillaire et le faisceau postérieur. AA : artère axillaire ; VA : veine axillaire ; FL : faisceau latéral ; FM : faisceau médian ; FP : faisceau postérieur.



Figure 16.8. Pansement occlusif transparent recouvrant le site d'implantation du cathéter.

Pratique basée sur les preuves

L'approche infra-claviculaire du plexus brachial procure une anesthésie adéquate de la totalité du membre supérieur. L'anesthésique local peut être déposé autour des faisceaux et branches du plexus brachial, en amont de la formation des nerfs musculocutané et axillaire. Cette approche peut facilement bloquer le segment ulnaire du faisceau médial et le nerf inter-costo-brachial, ce qui aide à prévenir la douleur liée au garrot. Cependant, l'abord du plexus est plus profond en comparaison des autres approches ; en conséquence, la technique actuelle, à l'aveugle, requiert de l'expérience et une gestuelle précise. Une approche échoguidée offre potentiellement une amélioration du taux de succès, un délai d'action plus court et une diminution des complications. Dans le premier cas rapporté d'anesthésie du plexus brachial échoguidé par voie infra-claviculaire, Wu et al. [6] ont rapporté huit succès de blocs sous-claviculaires chez neuf patients (taux de succès de 89 %). Wu et al. ont déposé l'anesthésique local au niveau du bord latéral de l'artère sous-clavière. Ils n'ont pas essayé d'identifier les faisceaux échodenses. Ils ont utilisé aussi une aiguille de 23 gauges pour rachianesthésie, difficile à visualiser à l'échographie. Afin d'atteindre leur cible, ils ont calculé la profondeur de pénétration maximale permise en fonction de l'angle d'introduction de l'aiguille. L'aiguille était ensuite avancée en fonction de ce calcul, plus qu'en fonction de sa visualisation en temps réel. Le délai d'action du bloc était de $4,2 \pm 1,5$ min avec une moyenne de $3,2 \pm 0,6$ ponctions. Trois patients (33 %) ont subi des ponctions de l'artère sous-clavière sans formation d'hématome avec traduction clinique. Par la suite, Ootaki et al. [7] ont rapporté un taux de succès de bloc chirurgical de 95 % en utilisant une approche échoguidée du bloc infra-claviculaire. Un guidage en temps réel a été utilisé pour positionner une aiguille de 23 gauges et l'anesthésique local était déposé 15 mm en dedans et 15 mm en dehors de l'artère sous-clavière chez 60 patients. Aucune tentative de visualisation des faisceaux ou des troncs nerveux n'a été faite. L'ensemble des blocs était réalisé par un seul praticien. Le délai d'action du bloc n'était pas noté. Aucun cas de pneumothorax, de blocage du nerf phrénique, de syndrome de Claude-Bernard-Horner ou d'injection intravasculaire (comme rapporté avec les autres techniques non échoguidées) n'a été observé.

Sandhu et al. [8] ont mis en place une étude destinée à tester la faisabilité de la visualisation de chaque nerf du plexus brachial et du positionnement de l'aiguille en regard de chacun de ces nerfs sous imagerie en temps réel. Plusieurs praticiens, y compris des praticiens en formation, ont réalisé les blocs. Les blocs sous-claviculaires échoguidés ont été réalisés chez 126 patients. Les aspects importants de la technique standardisée utilisée ont inclus la visualisation de l'artère axillaire et des trois faisceaux du plexus brachial en arrière du muscle petit pectoral, ainsi que la visualisation permanente de la totalité de l'aiguille à tout moment lors de sa progression. Sandhu et al. [8] ont rapporté une qualité de bloc excellente, permettant une chirurgie sans recours à un bloc de complément ou à une conversion en anesthésie générale chez 114 patients (90 %). Chez 9 patients (7 %), un bloc de complément a été nécessaire, et pour 3 patients (2 %),

une conversion en anesthésie générale a été nécessaire. Le temps moyen de réalisation du bloc, le début d'action du bloc et le délai pour obtenir un bloc complet étaient respectivement de 10 ± 4 min, 3 ± 1 min et 7 ± 3 min [8]. La dose moyenne de lidocaïne utilisée était de 695 mg (SD 107). Une ponction vasculaire est survenue chez un patient. Les chercheurs ont conclu que l'utilisation d'une technique échographique en temps réel permettait la visualisation individuelle des nerfs du plexus brachial et le positionnement de l'aiguille en regard de ces nerfs. Dans une étude prospective randomisée, Marhofer et al. [9] ont comparé l'approche échoguidée à la neurostimulation pour la réalisation de bloc du plexus brachial par voie infra-claviculaire chez l'enfant. Quarante enfants devant bénéficier d'une chirurgie programmée du bras et de l'avant-bras ont été inclus. La visualisation échographique directe a été un succès dans tous les cas et a été associée à une amélioration significative par rapport à la neurostimulation : un score plus faible sur l'échelle visuelle analogique ($p = 0,03$), un délai d'action du bloc sensitif plus court (9 [5-15] min contre 15 [5-25] min ; $p < 0,001$), des durées de bloc sensitif plus longues (384 [280-480] min contre 310 [210-420] min ; $p < 0,001$) et de meilleurs scores de qualité de bloc moteur et sensitif 10 min après réalisation du bloc. Les taux de succès des différentes techniques de bloc infra-claviculaire sont résumés dans le **tableau 16.1**.

L'échographie pour l'anesthésie locorégionale est idéalement indiquée dans certaines situations : chez les patients pour lesquels les repères anatomiques classiques sont difficiles à identifier (patients obèses, patients chez qui le pouls ne peut être localisé, etc.), lors de la phase d'apprentissage d'anesthésie plexique ou lorsque

des techniques inhabituelles sont réalisées. Les résultats rapportés de l'approche échoguidée sont en faveur de son utilisation par rapport à l'approche sous neurostimulation. Une étude randomisée prospective chez l'enfant fait état de moins de douleur lors de la ponction, d'un délai d'action de bloc plus court, d'une durée de bloc plus longue et d'une amélioration de la qualité du bloc [9]. Les implications liées au surcoût de la technique échographique par rapport à la technique par neurostimulation ont été étudiées par Sandhu et al. et sont en faveur de l'échographie. De futurs essais randomisés comparatifs sont nécessaires chez l'adulte de façon à établir la supériorité de cette technique.

POINTS CLÉS

Les avantages du bloc infra-claviculaire échoguidé incluent :

- une diminution du risque de pneumothorax ;
- pas de blocage accidentel du nerf phrénique, du nerf récurrent laryngé ni de blocs des ganglions stellaires ;
- les nerfs musculocutané et inter-costo-brachial ne sont pas épargnés ;
- l'extension du bloc est similaire à celle du bloc sus-claviculaire ;
- un succès du bloc obtenu avec un volume d'anesthésique local plus faible ;
- le bloc peut être réalisé à nouveau dans la même zone, à la différence des techniques par neurostimulation ;
- le risque de ponction vasculaire est moindre.

TABLEAU 16.1. Taux de succès du bloc infra-claviculaire avec stimulation nerveuse et technique échoguidée.

Auteurs, année	Technique	Nombre de patients	Taux de succès (%)	Survenue anesthésie chirurgicale Moyenne \pm écart-type (min)
Koscielniak-Nielsen et al. (2000) [15]	Stimulation nerveuse	30	53	41
Gaertner et al. (2002)	Stimulation nerveuse unique	40	40	> 20
Gaertner et al. (2002)	Stimulation nerveuse triple	40	72	> 20
Borgeat et al. (2001)	Stimulation nerveuse unique	150	84	22 \pm 6
Desroches et al. (2003)	Stimulation nerveuse unique	150	91	-
Wu et al. (1993) [6]	Échoguidage (injection unique)	9	89	-
Ootaki et al. (2000) [7]	Échoguidage (deux injections)	60	90	30
Sandhu et Capan (2002) [8]	Échoguidage (trois injections)	126	90	6,7 \pm 3,2
Marhofer et al. (2004) [9]	Échoguidage (injection unique)	20	100	9 (5-15)
Sandhu et al. (2006) [10] Blocs bilatéraux (18 patients)	Échoguidage (trois injections)	16	100	-
Sandhu et al. (2006) [11]	Échoguidage (trois injections, faible dose)	15	100	5,9 \pm 2,6
Sandhu et al. (2007) [12]	Échoguidage (trois injections)	49	100	8,8 \pm 4,6
Sandhu et al. (2006, rétrospective) [13]	Échoguidage (trois injections)	1146	99,3	-

RÉFÉRENCES

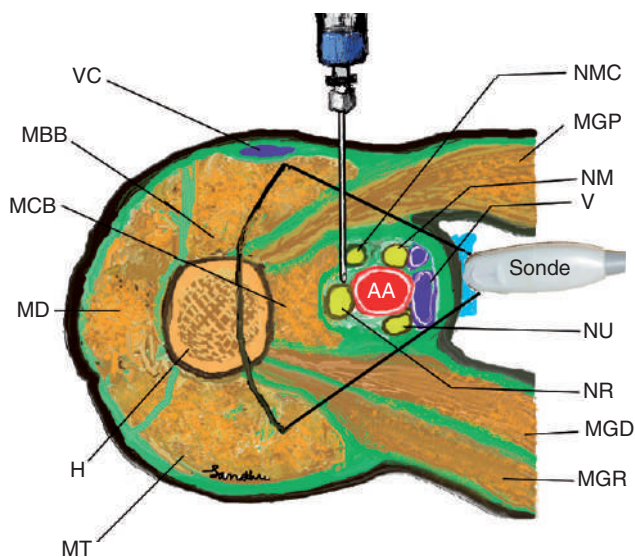
1. Labat G : *Regional Anesthesia*, Philadelphia, WB Saunders, 1928.
2. Raj PP, Montgomery SJ, Nettles D, Jenkins MT : Infraclavicular brachial plexus block. A new approach. *Anesth Analg* 52 : 897-904, 1973.
3. Sims JK : A modification of landmarks for infraclavicular approach to brachial plexus block. *Anesth Analg* 56 : 554-555, 1977.
4. Whiffler K : Coracoid block : A safe and easy technique. *Br J Anaesth* 53 : 845-848, 1981.
5. Kilka HG, Geiger P, Mehrkens HH : [Infraclavicular vertical brachial plexus blockade. A new method for anesthesia of the upper extremity] [Article in German]. *Anaesthesist* 44 : 339-344, 1995.
6. Wu TJ, Lin SY, Liu CC, et al : Ultrasound imaging aids infraclavicular brachial plexus block. *Acta Anaesthesiol Sin (Ma Zui Xue Za Zhi)* 31 (2) : 83-86, 1993.
7. Ootaki C, Hayashi H, Amano M : Ultrasound-guided infraclavicular brachial plexus block : An alternative technique to anatomical landmark-guided approaches. *Reg Anesth Pain Med* 25 (6) : 600-604, 2000.
8. Sandhu NS, Capan LM : Ultrasound-guided infraclavicular brachial plexus block. *Br J Anaesth* 89 (2) : 254-259, 2002.
9. Marhofer P, Sitzwohl C, Greher M, Kapral S : Ultrasound guidance for infraclavicular brachial plexus anaesthesia in children. *Anaesthesia* 59 (7) : 642-646, 2004.
10. Sandhu NS, Bahniwal CS, Capan LM : Feasibility of an infraclavicular block with a reduced volume of lidocaine with sonographic guidance. *J Ultrasound Med* 25 (1) : 51-56, 2006.
11. Sandhu NS, Maharlouie B, Patel B, et al : Simultaneous bilateral infraclavicular brachial plexus blocks with low dose lidocaine using ultrasound guidance. *Anesthesiology* 104 : 199-201, 2006.
12. Sandhu NS, Sidhu DS, Sidhu SS, et al : Reversal of infraclavicular Brachial plexus block by injection of normal saline. *Anesth Analog* 102, S310 (abstract), 2006.
13. Sandhu NS, Manne J, Medabalmi P, Capan LM : Ultrasound-guided infraclavicular block in adults : A retrospective analysis of 1146 cases. *J Ultrasound Med* 25 : 1555-1561, 2006.
14. Gaertner E, Estebe JP, Zamfir A, et al : Infraclavicular plexus block : Multiple injection versus single injection. *Reg Anesth Pain Med* 27 (6) : 590-594, 2002.
15. Desroches J : The infraclavicular brachial block by the coracoid approach is clinically effective : An observational study in 150 patients. *Can J Anesth* 50 : 253-257, 2003.
16. Borgeat A, Ekatodramis G, Dumont C : An evaluation of the infraclavicular block via a modified approach of the Raj technique. *Anesth Analg* 93 (2) : 436-441, 2001.

Le bloc axillaire est le bloc périphérique le plus couramment réalisé. La popularité de cette technique est basée en premier lieu sur son caractère superficiel et sur l'absence de complication, telle que le pneumothorax [1]. Ce bloc peut être réalisé en utilisant une technique par anesthésie, par neurostimulation, par voie transartérielle ou par échoguidage. Les indications chirurgicales incluent la chirurgie du coude, de l'avant-bras et de la main. La chirurgie de la partie inférieure du bras peut nécessiter le blocage du nerf musculocutané. Les indications non chirurgicales incluent les douleurs post-amputations, les douleurs tumorales et les syndromes douloureux régionaux complexes.

Anatomie Échographique

Au niveau du site de réalisation du bloc axillaire, les nerfs terminaux du plexus brachial forment un aspect particulier avec l'artère axillaire [2]. Autour de la deuxième partie de l'artère (les divisions produites par le muscle petit pectoral), le nerf médian repose antérieurement, le nerf radial repose postérieurement et le nerf ulnaire (nerf cubital) est postéromédian. La veine axillaire est, elle, plus médiale. Le nerf musculocutané a quitté la gaine au niveau de l'apophyse coracoïde. Le nerf cutané brachial interne du bras et le nerf intercosto-brachial sont sous-cutanés. L'échoanatomie des nerfs médians, ulnaires et radial a été décrite [3].

Pour le balayage échographique du plexus brachial au niveau axillaire, le patient est placé en décubitus dorsal avec le bras reposant sur un appuie-bras, en abduction à 90°. Une sonde curvilinéaire de 5 à 7 MHz (MicroMaxx®, SonoSite, Bothell, États-Unis) ou une sonde linéaire de 6 à 13 MHz (MicroMaxx®) peuvent être utilisées. Une sonde curvilinéaire avec une faible empreinte cutanée peut être insérée dans le creux axillaire et le bloc peut alors être réalisé de façon plus proximale. Alternativement, une sonde linéaire peut être utilisée pour la réalisation d'un bloc axillaire plus distal. Les nerfs ont des rapports anatomiques étroits avec l'artère (figure 17.1), au niveau de l'apex du creux axillaire, avant qu'ils ne se soient séparés. Il existe des variations anatomiques considérables quant à leurs rapports avec l'artère [4] et ils sont très mobiles ; une légère pression sur la sonde d'échographie peut les déplacer. Les nerfs apparaissent comme une structure hyperéchogène ou hypo-échogène avec une circonférence hyperéchogène. La veine axillaire ainsi que d'autres veines sont proches de l'artère. Le mode Doppler facilite l'identification des structures



■ **Figure 17.1.** Rapports anatomiques les plus fréquents des nerfs par rapport à l'artère. MBB : muscle biceps brachial ; VC : veine céphalique ; MCB : muscle coracobrachial ; MD : muscle deltoïde ; H : humérus ; MGD : muscle grand dorsal (latissimus dorsi) ; NM : nerf médian ; NMC : nerf musculocutané ; MGP : muscle grand pectoral ; MT : muscle triceps ; MGR : muscle grand rond (teres major) ; NR : nerf radial ; NU : nerf ulnaire ; V : veine ; VC : Veine céphalique.

vasculaires, contribuant de ce fait à diminuer le risque de ponction vasculaire. En faisant glisser la sonde d'échographie vers l'apex du creux axillaire, le nerf musculocutané peut être suivi jusqu'à son départ du cordon latéral. De façon plus distale, il diverge de l'artère pour cheminer dans le muscle coracobrachial. Le nerf axillaire naît aussi du cordon postérieur et peut être visualisé en direction céphalique vers le col chirurgical de l'humérus. En mobilisant la sonde d'échographie distalement, l'opérateur peut suivre le nerf radial qui s'enroule autour de l'humérus. Une expérience de l'imagerie échographique est nécessaire pour identifier le nerf musculocutané au niveau distal, et celui-ci n'est pas forcément facilement identifié chez tous les patients.

Technique

Un accès intraveineux ainsi qu'un monitoring par électrocardiographie, oxymétrie de pouls et pression artérielle non invasive sont mis en place. Pour la réalisation du bloc

axillaire échoguidé, le patient est placé en décubitus dorsal avec le membre supérieur à bloquer en abduction à 90° et en flexion, la main reposant à côté de la tête. L'opérateur se tient debout ou assis du côté du membre à bloquer. Pour le bloc axillaire, l'écran de l'échographe est placé derrière l'épaule du membre à bloquer (figure 17.2). Du midazolam (2 mg) et du fentanyl (50 µg) sont administrés par voie intraveineuse en bolus unique, 1 min avant la ponction ; la majorité des patients ne se souviennent pas de la ponction. Un masque ou des lunettes à oxygène sont mis en place de façon à éviter une désaturation brève lors de la mise en route de la sédation.

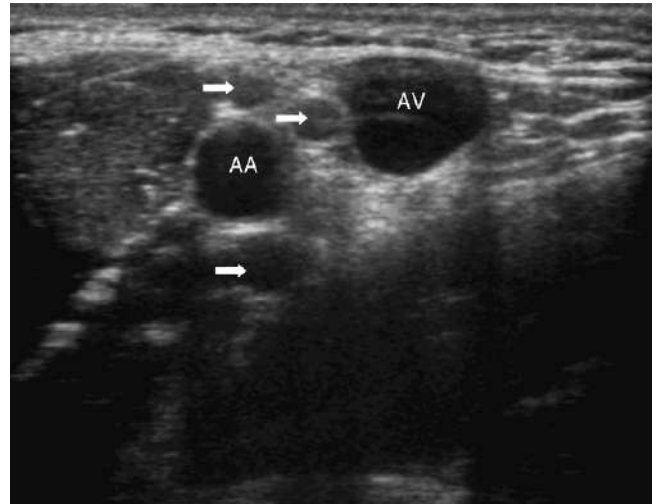
Commencez l'examen du creux axillaire en plaçant la sonde d'échographie au niveau distal par rapport au bord du muscle pectoral. Une vue transversale, c'est-à-dire petit axe, est utilisée. La sonde d'échographie est placée sur la peau de façon perpendiculaire au grand axe de l'artère, de la veine axillaire et des éléments du plexus brachial (plan transverse) (figure 17.3). L'artère axillaire, ronde et pulsatile, est identifiée et de légers réglages sont effectués de façon à visualiser les structures nerveuses adjacentes. La veine axillaire est plus compressible que l'artère axillaire et possède généralement une paroi plus fine. Une pression minimale doit être exercée avec la sonde de façon à identifier les veines.



■ **Figure 17.2.** Vue globale de la région de réalisation du bloc axillaire échoguidé.



■ **Figure 17.3.** Orientation de la sonde échographique lors de la réalisation du bloc axillaire.



■ **Figure 17.4.** Vue transversale de la partie axillaire du plexus brachial en utilisant un système SonoSite avec une sonde linéaire de 6–13 MHz. Les flèches indiquent les éléments du plexus brachial (structures hypo-échogènes). AA : artère axillaire ; AV : veine axillaire.

Typiquement, seule une branche du plexus brachial au niveau axillaire est visualisée ; on en distingue parfois deux. Cependant, un examen systématique de tout le plexus brachial au niveau axillaire peut être effectué en faisant glisser lentement la sonde (orientée perpendiculairement à l'artère) de dedans en dehors et de haut en bas. De cette manière, les nerfs médian, radial, ulnaire et musculocutané peuvent être visualisés de façon séquentielle (figure 17.4). La peau est désinfectée avec une solution antiseptique et des champs stériles sont apposés. La sonde d'échographie est introduite dans une housse stérile (CIVCO Medical Instruments, Kalona, États-Unis) avec du gel échographique. Une couche de gel est appliquée entre la housse stérile et la peau. Une anesthésie locale de la peau, au niveau du point de ponction, est réalisée à distance de la sonde d'échographie de façon à améliorer l'asepsie de l'acte et à permettre un angle d'approche plus tangentiel, autorisant une meilleure visualisation de l'aiguille.

Approche grand axe

Une aiguille de 21 gauges de 50 mm de longueur ou une aiguille de 18 gauges de type Tuohy de 50 mm est insérée parallèlement à l'axe du faisceau d'ultrasons (figure 17.5). L'aiguille est introduite de façon verticale, à travers la partie latérale du muscle grand pectoral, du muscle biceps brachial ou du muscle coracobrachial (figures 17.6 et 17.7). L'opérateur peut faire glisser et basculer la sonde de façon à maintenir autant que possible la pointe de l'aiguille dans le plan des ultrasons. Celle-ci, visualisée à l'écran, est avancée lentement, de façon à la positionner en dessous de l'artère et à proximité du nerf radial. Une technique d'injection duale au cours de laquelle une solution d'anesthésique local est injectée profondément (nerf radial) et superficiellement (nerfs ulnaires et médians) par rapport à l'artère axillaire doit être employée.

Une fois obtenue la confirmation échographique de la bonne position de la pointe de l'aiguille à proximité des



■ **Figure 17.5.** Sonde échographique et position de l'aiguille lors de la réalisation du bloc axillaire échoguidé. Noter l'orientation de l'aiguille parallèle au plan du faisceau des ultrasons.

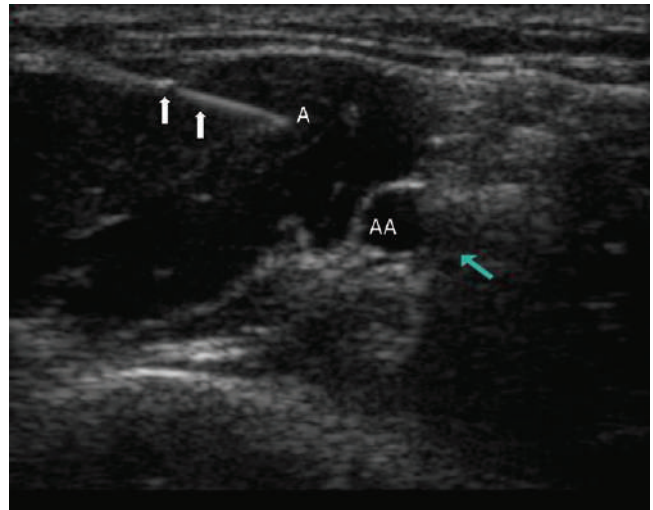


■ **Figure 17.7.** Approche plus proximale, au cours de laquelle l'aiguille passe à travers le muscle grand pectoral pour atteindre le plexus. Il est délicat d'utiliser une sonde échographique linéaire avec une empreinte cutanée importante pour réaliser ce bloc proximal, car celle-ci est difficile à placer dans le creux axillaire.



■ **Figure 17.6.** Rapports entre la sonde échographique, l'aiguille et le positionnement du patient pour la réalisation d'un bloc axillaire échoguidé. La trajectoire de l'aiguille passe à travers les muscles biceps et coracobrachiaux.

nerfs médian, ulnaire ou radial, une deuxième confirmation peut être obtenue par un neurostimulateur (figure 17.8). L'activité motrice caractéristique au niveau de la main est observée. Les doses-tests, afin d'évaluer la diffusion d'anesthésiques locaux, doivent être faibles (0,5-2 ml). Si la diffusion de l'anesthésique local n'est pas observée à l'écran, l'injection doit être stoppée. La position de l'aiguille est réajustée de façon à permettre une diffusion circonférentielle de l'anesthésique local autour du nerf. L'anesthésique local apparaît comme une image hypo-échogène (figure 17.9). Typiquement, un volume d'anesthésique local moindre est nécessaire par rapport à une technique non échoguidée. Une solution de lidocaïne à 2 % adrénalinée (1/200 000), avec du bicarbonate de sodium 8,5 % (1 ml pour 10 ml de solution de lidocaïne), peut être utilisée à raison de 5 à 10 ml par nerf sans dépasser un volume total de 40 ml. D'autres anesthésiques locaux d'action longue peuvent être utilisés en l'absence de pose de cathéter périmerveux.



■ **Figure 17.8.** Imagerie en temps réel de l'insertion de l'aiguille pour l'approche en grand axe du bloc axillaire échoguidé. Noter le corps de l'aiguille marqué par les flèches et la pointe de l'aiguille à proximité immédiate du plexus brachial. AA : artère axillaire ; A : pointe de l'aiguille.

L'aiguille est retirée et le nerf musculocutané est identifié au niveau du muscle coracobrachial ou bien entre le muscle biceps et le muscle brachioradial. Une fois obtenue la confirmation visuelle de la proximité de la pointe de l'aiguille avec le nerf musculocutané, une deuxième confirmation peut être obtenue avec neurostimulateur. L'anesthésique local est alors déposé autour du nerf musculocutané [5,6]. Si le nerf musculocutané n'est pas clairement visualisé, 10 ml

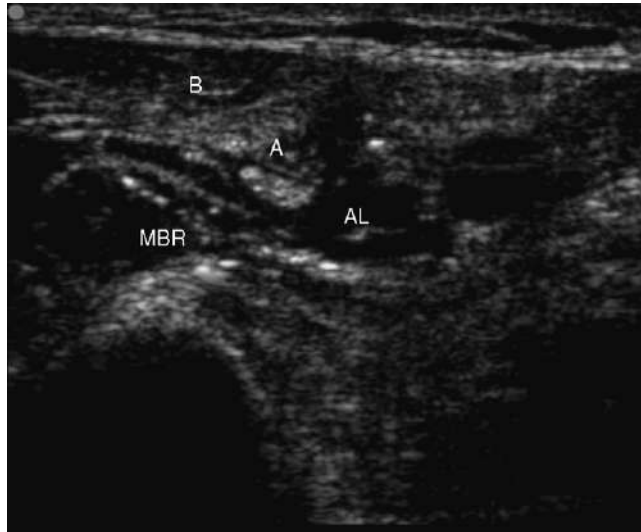


Figure 17.9. Nerf musculocutané entouré d'anesthésique local. B : biceps ; MBR : muscle brachioradial (muscle huméro-stylo-radial) ; AL : anesthésique local ; A : aiguille.

d'anesthésique local peuvent être injectés dans le corps du muscle coracobrachial (figure 17.10). Une injection sous-cutanée est réalisée à la face interne du bras de façon à bloquer le nerf inter-costo-brachial.

Approche petit axe

Une image transverse du plexus brachial est obtenue au niveau axillaire et l'aiguille est introduite en dehors du plan des ultrasons de façon à atteindre les nerfs individuellement (figures 17.11 et 17.12). Le désavantage de cette technique est l'absence d'une visualisation claire

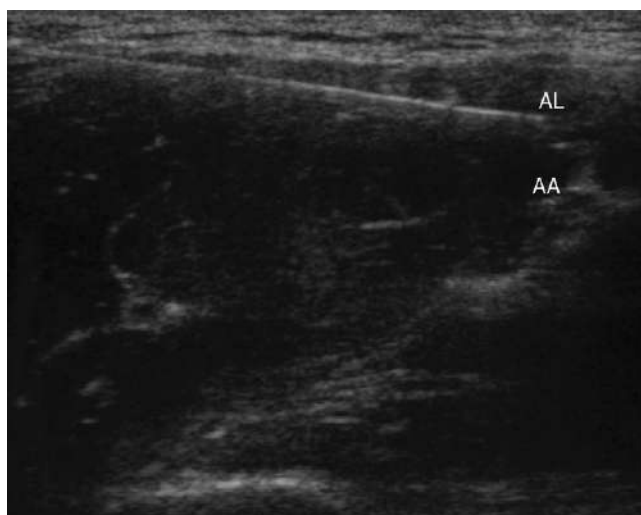


Figure 17.10. Image échographique transverse du creux axillaire montrant la diffusion circonférentielle d'anesthésique local au niveau du plexus brachial. Utilisation d'un système SonoSite avec une sonde linéaire de 6–13 MHz. AA : artère axillaire ; AL : anesthésique local.



Figure 17.11. Positionnement de la sonde échographique et de l'aiguille lors de la réalisation du bloc axillaire échoguidé. Noter l'orientation de l'aiguille, perpendiculaire au plan des ultrasons.

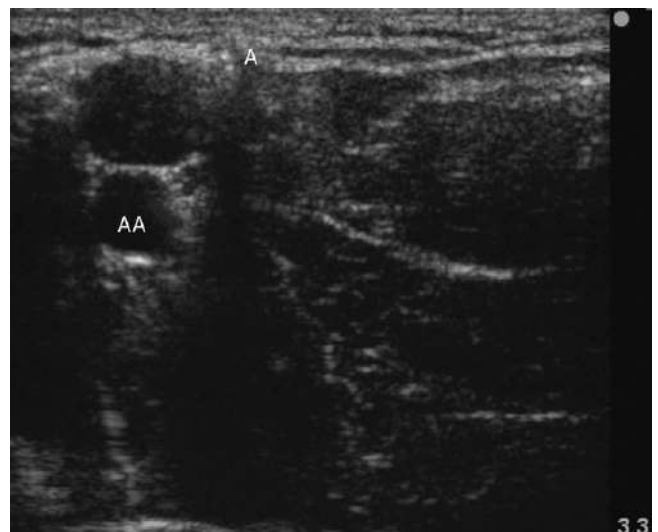


Figure 17.12. Imagerie en temps réel de l'insertion de l'aiguille pour l'approche en petit axe du bloc axillaire échoguidé. Noter la pointe de l'aiguille, représentée par un point hyperéchogène avec un cône d'ombre postérieur. AA : artère axillaire ; A : pointe de l'aiguille.

et permanente de l'aiguille ; la position de la pointe de l'aiguille est indirectement affirmée par la mobilisation des tissus et la diffusion de l'anesthésique local (hydro-localisation). Un volume de 4 à 10 ml d'une solution de lidocaïne à 2 % est déposé autour de chacun des nerfs identifiés. Un cathéter peut être mis en place en dessous de l'artère axillaire [7] ou à proximité du nerf innervant la zone incisée.

Pratique basée sur les preuves

Ting et Sivagnanaratnam [8] ont décrit l'utilisation de l'échographie pour observer la diffusion de l'anesthésique local grâce à l'échographie 2D. Schwemmer et al. [9] ont rapporté que le temps moyen de réalisation d'un bloc axillaire échoguidé était de 5 min, 7 min pour

la procédure entière. Des études ont comparé la technique échoguidée à la technique par neurostimulation [10-12]. L'utilisation de l'échographie pour l'identification des nerfs était associée à une amélioration de la qualité et du délai d'installation du bloc du plexus brachial au niveau axillaire [10-12]. Sites et al. [13] ont comparé la technique axillaire par voie transartérielle à la technique échoguidée périsvasculaire chez 56 patients et ont rapporté un taux de succès respectif de 71 et 100 %. Un « artéfact en baïonnette » peut être observé lors de la réalisation d'une technique de bloc échoguidé par voie transartérielle [14]. L'efficacité de la réalisation d'un bloc du plexus brachial au niveau axillaire par voie échoguidée pour des procédures chirurgicales spécifiques a été rapportée [15,16].

POINTS CLÉS

- Ne pas appuyer trop fort avec la sonde, car cela comprime les veines.
- Injecter l'anesthésique local autour de chaque nerf de façon à augmenter le taux de succès.
- Lorsque l'aiguille est introduite antérieurement, l'anesthésique local doit être injecté autour des branches les plus profondes en premier.
- Les avantages du bloc axillaire échoguidé incluent les points suivants :
 - pas de risque de pneumothorax ;
 - pas de blocage accidentel du nerf phrénique, du nerf laryngé récurrent ou des ganglions stellaires ;
 - blocage des nerfs musculocutané et inter-costo-brachial ;
 - succès du bloc avec un volume moindre d'anesthésique local ;
 - bloc pouvant être répété dans la même zone, à la différence de la technique non échoguidée par neurostimulation ;
 - moindre risque de ponction vasculaire.

RÉFÉRENCES

1. Urban MK, Urquhart B : Evaluation of brachial plexus anesthesia for upper extremity surgery. *Reg Anesth* 19 : 175-182, 1994.
2. Partridge BL, Katz J, Benirschke K : Functional anatomy of the brachial plexus sheath : Implications for anesthesia. *Anesthesiology* 66 : 743-747, 1987.
3. Lowey J : Sonoanatomy of median, ulnar and radial nerves. *Can Assoc Radiol J* 53 : 33-38, 2002.
4. Retzl G, Kapral S, Greher M, Mauritz W : Ultrasonographic findings of the axillary part of the brachial plexus. *Anesth Analg* 92 : 1271-1275, 2001.
5. Schafhalter-Zoppoth I, Gray AT : The musculocutaneous nerve : Ultrasound appearance for peripheral nerve block. *Reg Anesth Pain Med* 30 : 385-390, 2005.
6. Spence BC, Sites BD, Beach ML : Ultrasound-guided musculocutaneous nerve block : A description of a novel technique. *Reg Anesth Pain Med* 30 : 198-201, 2005.
7. Guzeldemir ME, Ustunsoz B : Ultrasonographic guidance in placing a catheter for continuous axillary brachial plexus block. *Anesth Analg* 81 : 882-883, 1995.
8. Ting PL, Sivagnanaratnam V : Ultrasonographic study of the spread of local anaesthetic during axillary brachial plexus block. *Br J Anaesth* 63 : 326-329, 1989.
9. Schwemmer U, Markus CK, Greim CA, et al : Ultrasound-guided anaesthesia of the axillary brachial plexus : Efficacy of multiple injection approach. *Ultraschall Med* 26 : 114-119, 2005.
10. Schwemmer U, Schleppers A, Markus C, et al : Operative management in axillary brachial plexus blocks : Comparison of ultrasound and nerve stimulation. *Anaesthesist* 55 : 451-456, 2006.
11. Liu FC, Liou JT, Tsai YF, et al : Efficacy of ultrasound-guided axillary brachial plexus block : A comparative study with nerve stimulator-guided method. *Chang Gung Med J* 28 : 396-402, 2005.
12. Soeding PE, Sha S, Royse CE, et al : A randomized trial of ultrasound-guided brachial plexus anaesthesia in upper limb surgery. *Anaesth Intensive Care* 33 : 719-725, 2005.
13. Sites B, Beach M, Spence C, et al : Ultrasound guidance improves the success rate of a perivascular axillary plexus block. *Acta Anaesthesiol Scand* 50 : 678-684, 2006.
14. Gray AT, Schafhalter-Zoppoth I : « Bayonet artifact » during ultrasound-guided transarterial axillary block. *Anesthesiology* 102 : 1291-1292, 2005.
15. Kefalianakis F, Spohner F : Ultrasound-guided blockade of axillary plexus brachialis for hand surgery. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 37 : 344-348, 2005.
16. Liu FC, Lee II, Liou JT, et al : Ultrasound-guided axillary brachial plexus block in patients with chronic renal failure : Report of sixteen cases. *Chang Gung Med J* 28 : 180-185, 2005.

Bloc du nerf fémoral échoguidé

18

BRIAN D. O'DONNELL, DOMINIC HARMON, HENRY P. FRIZELLE

Le nerf fémoral est une branche terminale du plexus lombaire, émergeant sous le ligament inguinal, latéralement à l'artère fémorale. Il est à l'origine de la sensibilité de la face antérieure de la cuisse, du fémur, de la face antérieure et interne du genou et de la malléole interne, via sa branche saphène. Le bloc du nerf fémoral peut être utilisé pour l'anesthésie ou l'analgésie postopératoire de plusieurs types de chirurgie, allant de l'ostéosynthèse de la fracture du col du fémur à la prothèse totale de genou [1,2].

Bloc du nerf fémoral « 3 en 1 »

Le bloc du nerf fémoral doit être distingué du bloc « 3 en 1 », initialement décrit en 1973 par Winnie et al. [3], étant donné que ces deux termes apparaissent comme synonymes. La technique « 3 en 1 » fait référence au blocage du nerf fémoral, du nerf obturateur ainsi que du nerf cutané latéral de la cuisse. Cependant, un bloc inconstant du nerf obturateur [4,5] et la mise en évidence par imagerie par résonance magnétique (IRM) de la diffusion de l'injectat [6] suggèrent que cette technique devrait plutôt être appelée un bloc « 2 en 1 » [7]. Le nerf obturateur doit être bloqué séparément, de façon à obtenir une anesthésie constante [8]. Le terme « bloc 3 en 1 » ne doit pas être utilisé pour décrire le bloc du nerf fémoral [9].

Bloc du nerf fémoral échoguidé

Anatomie échographique

On retrouve le nerf fémoral latéralement par rapport à l'artère fémorale, au niveau du creux inguinal, reposant en dehors de la gaine fémorale et au-dessus du fascia lata [10]. L'apparence échographique (figure 18.1) est similaire à celle de bon nombre de nerfs périphériques et décrite comme des structures circulaires ou ovalaires multiples hypo-échogènes (sombre) entourées par un cercle hyperéchogène. Les structures hypo-échogènes correspondent aux faisceaux nerveux [11]. Le nerf fémoral peut être identifié à l'échographie comme étant une structure de forme ovalaire (95 % de formes ovalaires sous le ligament inguinal) ou triangulaire, mesurant approximativement 3 mm dans son diamètre antéropostérieur et 10 mm dans son diamètre latéro-interne [12]. L'angulation correcte de la sonde d'échographie est essentielle à la bonne visualisation du nerf.

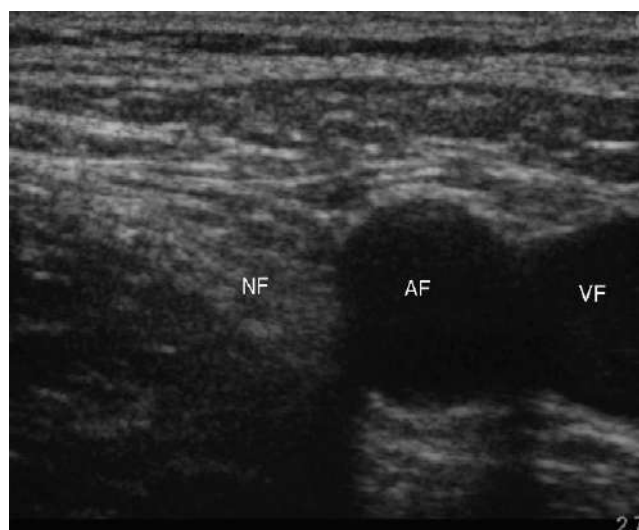


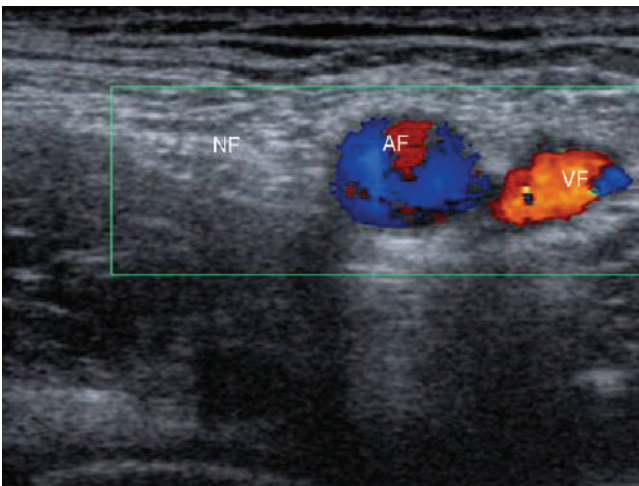
Figure 18.1. Vue échographique petit axe du nerf fémoral, latéral à l'artère et à la veine fémorales, en utilisant un système SonoSite avec une sonde linéaire 6-14 MHz. AF : artère fémorale ; NF : nerf fémoral ; VF : veine fémorale.

Soong et al. [13] ont mis en évidence l'anisotropie du nerf fémoral obtenue par une variation d'angulation aussi faible que 10° par rapport à la verticale de la sonde échographique. L'anisotropie est une propriété des muscles, des nerfs et des tendons faisant référence au changement d'apparence échographique de la structure cible en fonction de l'angle du faisceau d'ultrasons. Les nerfs sont au mieux visualisés lorsque le faisceau d'ultrasons est perpendiculaire aux fibres nerveuses. Dans ce cas, lorsque la sonde d'échographie forme un angle de 10 à 13° avec la verticale, les fibres du nerf fémoral deviennent iso-échogènes par rapport aux structures environnantes et disparaissent de l'écran.

Pour identifier le nerf fémoral, la sonde échographique est placée au-dessus des vaisseaux fémoraux, sur la face antérieure de la cuisse, avec un angle estimé de 90° par rapport à l'orientation de ces structures vasculo-nerveuses (figure 18.2). Les vaisseaux peuvent être identifiés comme de larges structures rondes et hypo-échogènes ; le flux sanguin peut être mis en évidence par Doppler couleur (figure 18.3). Le nerf fémoral est alors visualisé à une distance variable latéralement par rapport à l'artère fémorale.



■ **Figure 18.2.** Orientation de la sonde d'échographie lors de la réalisation du bloc du nerf fémoral. La sonde est dirigée dans un plan transversal par rapport à l'artère fémorale.



■ **Figure 18.3.** Identification échographique des vaisseaux fémoraux par Doppler couleur. AF : artère fémorale ; NF : nerf fémoral ; VF : veine fémorale.

Technique

Un accès intraveineux ainsi qu'un monitoring par électrocardiographie, oxymétrie de pouls et pression artérielle non invasive sont mis en place. Le plateau d'anesthésie locorégionale est préparé comme indiqué précédemment. L'appareil d'échographie et le plateau d'anesthésie locorégionale sont placés de façon à permettre à l'opérateur de réaliser l'échographie tout en se servant dans le plateau d'anesthésie locorégionale avec un minimum de mouvements. Bien que cette mise en place puisse nécessiter de l'anticipation, il s'agit d'une manœuvre ayant pour intérêt de faciliter la réalisation de l'anesthésie locorégionale.

L'opérateur se tient du côté à bloquer et le patient est positionné en décubitus dorsal (figure 18.4). L'artère fémorale est palpée et marquée au crayon dermatographique. La peau est désinfectée avec une solution antiseptique et des champs stériles sont apposés. La sonde d'échographie est introduite dans une housse stérile



■ **Figure 18.4.** Vue globale de la région de réalisation du bloc du nerf fémoral échoguidé.

(CIVCO Medical Instruments, Kalona, États-Unis) avec du gel échographique (Aquasonic[®], Parker Laboratories, Fairfield, États-Unis). Une couche de gel est appliquée entre la housse stérile et la peau. Une échographie de la région sous-inguinale est réalisée avec une sonde linéaire de 6-13 MHz MicroMaxx[®] (SonoSite, Bothell, États-Unis). L'écran de l'appareil d'échographie doit correspondre à la région explorée, c'est-à-dire que la droite de l'écran correspond à la droite de l'opérateur. Les réglages de l'appareil, tels que le gain et la profondeur, sont optimisés. Une image transverse du nerf fémoral, de l'artère et de la veine fémorales est facilement obtenue (figure 18.1). Le nerf fémoral est placé au centre de l'écran. Le point de ponction se situe à la face latérale de la sonde d'échographie de type linéaire. Une aiguille de 23 gauges est avancée sous contrôle de la vue, sous guidage échographique, et de l'anesthésique local est déposé le long du trajet de l'aiguille. Il est préférable de ne pas utiliser de guide pour l'insertion de l'aiguille. Une aiguille isolée de 21 gauges de 50 mm de long (Pajunk, Geisingen, Allemagne, ou B. Braun, Bethlehem, États-Unis) est insérée parallèlement à l'axe des ultrasons (figure 18.5). L'aiguille est reliée à un système associant un prolongateur stérile connecté à une seringue de 20 ml, ceux-ci ayant été purgés avec une solution d'anesthésique local afin de supprimer toutes les bulles d'air. L'aiguille est alors introduite à la face latérale de la sonde d'échographie et celle-ci est avancée sous contrôle de la vue sur l'écran, jusqu'à ce qu'elle atteigne le nerf fémoral (figure 18.6). Il est important de ne pas poursuivre la progression de l'aiguille en cas de mauvaise visualisation. Pour cela, il peut être nécessaire de repositionner l'aiguille ou la sonde d'échographie.

Une fois l'aiguille à proximité du nerf fémoral, 1 à 2 ml d'anesthésique local peuvent être injectés de façon à confirmer la bonne position de l'aiguille. L'anesthésique apparaît comme une plage hypo-échogène. La bonne position de l'aiguille est confirmée par la diffusion circonférentielle de l'anesthésique local autour du nerf (figure 18.7). Si cela ne se produit pas, l'aiguille peut être repositionnée et la procédure répétée. Après



Figure 18.5. Position de la sonde échographique et de l'aiguille lors de la réalisation du bloc du nerf fémoral. Noter l'orientation de l'aiguille dans le même plan que le faisceau des ultrasons.

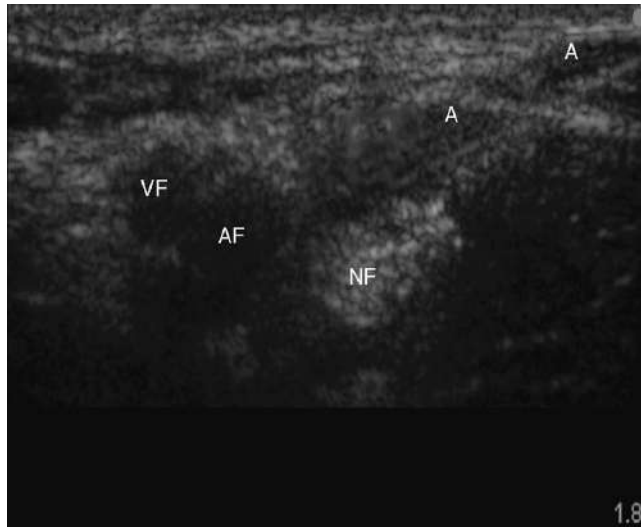


Figure 18.6. Imagerie en temps réel de l'insertion de l'aiguille pour le bloc du nerf fémoral. Noter le corps et la pointe de l'aiguille à proximité immédiate du nerf fémoral. A : aiguille ; AF : artère fémorale ; NF : nerf fémoral ; VF : veine fémorale.

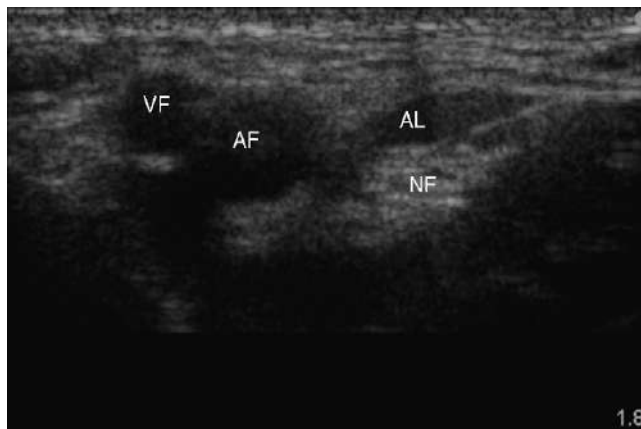


Figure 18.7. Vue échographique (système SonoSite avec sonde linéaire de 8–14 MHz) transverse au niveau du creux inguinal mettant en évidence la diffusion circonférentielle et symétrique de l'anesthésique local. AL : anesthésique local ; AF : artère fémorale ; NF : nerf fémoral ; VF : veine fémorale.

confirmation de la bonne position de l'aiguille, 10 à 20 ml d'une solution d'anesthésique local peuvent être injectés de façon à obtenir le bloc. Un cathéter périnerveux peut aussi être mis en place en utilisant cette technique de façon à obtenir une analgésie postopératoire de longue durée.

Pratique basée sur les preuves

L'utilisation de l'échoguidage pour la réalisation du bloc du nerf fémoral a plusieurs implications importantes. Marhofer et al. [14] ont démontré une meilleure qualité et une réduction du temps de réalisation du bloc fémoral lorsque celui-ci était réalisé sous échographie par rapport à une réalisation sous neurostimulation. Ils ont rapporté une anesthésie chez 95 % des patients pour le groupe échographie contre 85 % pour le groupe neurostimulation. Dans cette étude, le nerf, les vaisseaux et l'aiguille étaient visualisés simultanément chez 85 % des sujets. Dans une autre étude, Marhofer et al. [15] ont rapporté une diminution de la quantité d'anesthésique local nécessaire à la réalisation d'un bloc « 3 en 1 » (nerf fémoral). L'utilisation de 20 ml d'une solution d'anesthésique local sous échoguidage augmentait la qualité et le taux de succès du bloc comparé à l'injection de 30 ml d'anesthésique local sous neurostimulation.

L'échoguidage peut avoir un rôle à jouer dans l'amélioration de la sécurité lors de la réalisation d'un bloc du nerf fémoral. La visualisation des structures vasculonerveuses et de l'aiguille permet l'orientation de celle-ci en direction du seul nerf, évitant ainsi le risque de lésions des structures adjacentes [16]. Cela pourrait entraîner une diminution du risque de ponction vasculaire, ainsi que du risque de lésions neurologiques dues à l'aiguille. Marhofer et al. [14] n'ont rapporté des ponctions vasculaires que dans le groupe neurostimulation. Des injections intraneurales ainsi que des embrochages du nerf visualisés sous échographie ont cependant été rapportés [17]. La diminution de la dose d'anesthésique local nécessaire a aussi des implications pour la sécurité. Il y a un bénéfice évident à réduire le risque de toxicité systémique en diminuant la dose totale d'anesthésique local. Il pourrait aussi exister un bénéfice relatif à la diminution potentielle du risque de neurotoxicité liée aux anesthésiques locaux.

En conclusion, il a été démontré que l'échoguidage pour la réalisation du bloc du nerf fémoral contribuait à :

- diminuer le délai d'obtention du bloc ;
- augmenter le taux de succès du bloc ;
- améliorer la qualité du bloc ;
- diminuer le volume d'anesthésique local nécessaire.

Bloc du nerf saphène échoguidé

Le nerf saphène est la branche cutanée la plus importante du nerf fémoral. Il innerve la face antérieure du genou via le nerf sous-patellaire et la partie interne de la jambe et de la cheville [18]. Le bloc du nerf saphène est un complément utile, associé à la réalisation d'un bloc du nerf sciatique dans le cadre de la chirurgie du pied et de la cheville. Bien que de nombreuses approches aient été décrites [19–21], la technique paraveineuse se prête le mieux à une approche échoguidée [22].

Anatomie échographique

Au niveau de la cuisse, le nerf saphène repose sous les muscles sartorius (muscle couturier) et grand adducteur. La présence de muscles, de tendons, de fascias rend l'identification des structures nerveuses à ce niveau extrêmement difficile. Le nerf saphène devient un nerf sous-cutané lorsqu'il traverse le fascia lata à la face articulaire interne du genou entre les tendons du sartorius et du droit interne. À ce niveau, il est adjacent à la veine saphène qui fournit un repère constant et facilement identifiable. Là, le nerf saphène repose au niveau postéro-interne et à moins de 1 cm de la veine saphène [21].

Afin d'identifier le nerf saphène, la sonde échographique est placée au-dessus de la partie interne du genou, à 90° par rapport à l'orientation supposée du nerf et de la veine (figure 18.8). La veine saphène est une structure hypo-échogène de petite taille, facilement compressible, située à une profondeur de moins de 1 cm. Le nerf saphène repose au niveau postéro-interne par rapport à la veine et superficiellement par rapport au fascia lata (figure 18.9).

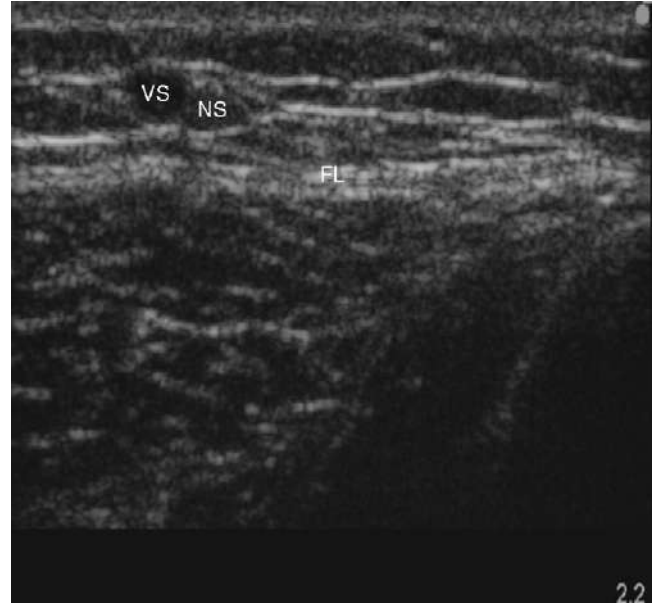
Technique

Un accès intraveineux ainsi qu'un monitoring par électrocardiographie, oxymétrie de pouls et pression artérielle non invasive sont mis en place. Le plateau d'anesthésie locorégionale est préparé comme indiqué précédemment. L'appareil d'échographie et le plateau d'anesthésie locorégionale sont placés de façon à permettre à l'opérateur de réaliser l'échographie tout en se servant dans le plateau d'anesthésie locorégionale avec un minimum de mouvements. Bien que cette mise en place puisse nécessiter de l'anticipation, il s'agit d'une manœuvre ayant pour intérêt de faciliter la réalisation de l'anesthésie locorégionale.

L'opérateur se tient du côté à bloquer et le patient est positionné en décubitus dorsal, le genou fléchi à 45° et la



■ **Figure 18.8.** Orientation de la sonde d'échographie lors de la réalisation d'un bloc du nerf saphène. La sonde est dirigée dans un plan transverse ou axial par rapport à la veine saphène.



■ **Figure 18.9.** Identification échographique du nerf et de la veine saphène. FL : fascia lata ; NS : nerf saphène ; VS : veine saphène.

hanche en rotation externe (figure 18.10). La peau est désinfectée avec une solution antiseptique et des champs stériles sont apposés. La sonde d'échographie est introduite dans une housse stérile (CIVCO Medical Instruments) avec du gel échographique (Aquasonic®, Parker Laboratories). Une couche de gel est appliquée entre la housse stérile et la peau. Une échographie de la face interne du genou est réalisée avec une sonde linéaire de 6–13 MHz (MicroMaxx®, SonoSite). L'écran de l'appareil d'échographie doit correspondre à la région explorée, c'est-à-dire que la droite de l'écran correspond à la droite de l'opérateur. Les réglages de l'appareil, tels que le gain et la profondeur, sont optimisés. Une image transverse de la veine saphène est facilement obtenue (figure 18.9). La veine saphène est maintenue au centre de l'écran. Le point de ponction se situe à la face latérale de la sonde d'échographie de type linéaire. Une aiguille de 23 gauges est avancée sous contrôle de la vue, sous guidage échographique, et de l'anesthésique local est déposé le long du trajet de l'aiguille. Il est préférable de ne pas utiliser de guide pour l'insertion de l'aiguille. Une aiguille isolée de 21 gauges de 50 mm de long (Pajunk ou B. Braun) est insérée parallèlement à l'axe des ultrasons (figure 18.11). L'aiguille est reliée à un système associant un prolongateur stérile connecté à une seringue de 10 ml, ceux-ci ayant été purgés avec une solution d'anesthésique local afin de supprimer toutes les bulles d'air. L'aiguille est alors introduite à la face latérale de la sonde d'échographie et celle-ci est avancée sous contrôle de la vue, sur l'écran, jusqu'à ce qu'elle atteigne le nerf saphène. Il est important de ne pas poursuivre la progression de l'aiguille en cas de mauvaise visualisation. Pour cela, il peut être nécessaire de repositionner l'aiguille ou la sonde d'échographie. Une fois l'aiguille à proximité du nerf saphène, 1 à 2 ml d'anesthésique local peuvent être injectés. L'anesthésique local apparaît comme une plage hypo-échogène. La bonne position de l'aiguille est confirmée par la diffusion

■ **Figure 18.10.** Vue globale de la réalisation d'un bloc du nerf saphène.

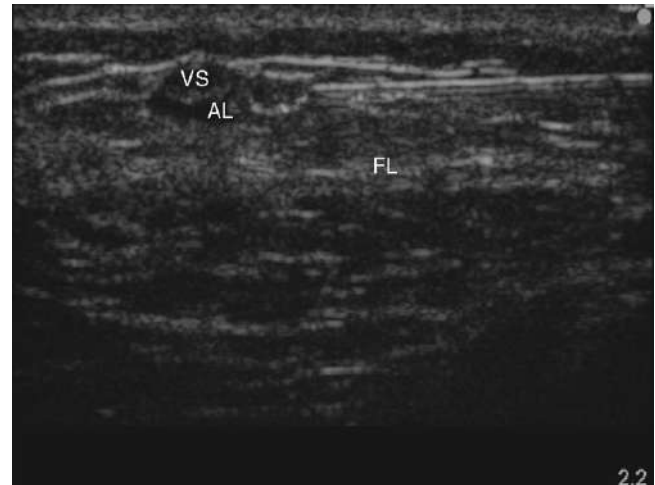


■ **Figure 18.11.** Positionnement de la sonde d'échographie et de l'aiguille lors de la réalisation du bloc du nerf saphène échoguidé.

circconférentielle de l'anesthésique local autour du nerf (figure 18.12). Si cela ne se produit pas, l'aiguille peut être repositionnée et la procédure répétée. Après confirmation de la bonne position de l'aiguille, 5 à 10 ml d'une solution d'anesthésique local peuvent être injectés de façon à obtenir le bloc.

Pratique basée sur les preuves

Peu de données sont disponibles quant à l'utilisation de l'échoguidage pour la réalisation du bloc du nerf saphène. Gray et al. ont suggéré que l'échoguidage pourrait diminuer le taux de ponctions vasculaires associées à la réalisation du bloc du nerf saphène à ce niveau [23]. Ils rapportent un taux de succès de 94 % (80/85) dans une série non publiée. L'échoguidage pourrait



■ **Figure 18.12.** Vue échographique transverse (obtenue avec une sonde linéaire haute fréquence) de la face interne du genou mettant en évidence la diffusion circconférentielle et symétrique de l'anesthésique local. FL : fascia lata ; AL : anesthésique local ; VS : veine saphène.

jouer un rôle dans l'amélioration de la sécurité et du taux de succès lors de la réalisation du bloc du nerf saphène, bien que ces aspects doivent être étudiés.

POINTS CLÉS

Anatomie échographique

- Le nerf fémoral repose latéralement par rapport à l'artère fémorale.
- Le nerf a une forme ovale ou triangulaire et une structure « en gruyère » avec un pourtour hyperéchogène et un centre hypo-échogène.
- Une angulation de la sonde de 10° par rapport à la verticale peut faire disparaître le nerf.

Plateau d'anesthésie locorégionale

- Compresses pour désinfection cutanée
- Solution bactéricide (de préférence à base de chlorhexidine)
- Petit champ stérile

- Aiguille d'anesthésie locorégionale avec tubulure
- Aiguilles et seringues de différents types
- Anesthésique local pour l'anesthésie cutanée et l'anesthésie locorégionale

Technique

- Maintenir le nerf cible au centre de l'écran.
- Ne jamais poursuivre le geste en l'absence de visualisation de l'aiguille.
- Ne jamais cibler le centre du nerf.
- Toujours aspirer avant d'injecter.

Médecine factuelle

- L'échographie a démontré sa capacité à améliorer la qualité et le taux de succès du bloc.
- L'échographie a démontré sa capacité à diminuer le délai d'obtention du bloc ainsi que le volume d'anesthésique local nécessaire.

RÉFÉRENCES

1. Sites BD, Beach M, Gallagher JD, et al : A single injection ultrasound- assisted femoral nerve block provides side effect-sparing analgesia when compared with intrathecal morphine in patients undergoing total knee arthroplasty. *Anesth Analg* 99 : 1539-1543, 2004.
2. Haddad FS, Williams RL : Femoral nerve block in extracapsular femoral neck fractures. *J Bone Joint Surg Br* 77 : 922-923, 1995.
3. Winnie AP, Ramamurthy S, Durrani Z : The inguinal paravascular technic of lumbar plexus anesthesia : The « 3-in-1 block. ». *Anesth Analg* 52 : 989-996, 1973.
4. Parkinson SK, Mueller JB, Little WL, Bailey SL : Extent of blockade with various approaches to the lumbar plexus. *Anesth Analg* 68 : 243-248, 1989.
5. Lang SA, Yip RW, Chang PC, Gerard MA : The femoral 3-in-1 block revised. *J Clin Anesth* 5 : 292-296, 1993.
6. Marhofer P, Nasel C, Sitzwohl C, Kapral S : Magnetic resonance imaging of the distribution of local anesthetic during the three-in-one block. *Anesth Analg* 90 (1) : 119-124, 2000.
7. Winnie AP : The « 3-in-1 block » : Is it really 4-in-1 or 2-in-1 ? *Reg Anesth* 17 : 176-179, 1992.
8. Bouaziz H, Vial F, Jochum D, et al : An evaluation of the cutaneous distribution after obturator nerve block. *Anesth Analg* 94 (2) : 445-449, 2002.
9. Mannion S, O'Donnell BD : Obturator nerve blockade following « 3- in-1 »block—The role of motor assessment. *Acta Anaesthesiol Scand* 50 : 645, 2006.
10. Brown DL : *Atlas of Regional Anesthesia*, 3rd ed., St. Louis, Saunders, 2006, p. 94.
11. Marhofer P, Greher M, Kapral S : Ultrasound guidance in regional anaesthesia. *Br J Anaesth* 94 : 7-17, 2005.
12. Gruber H, Peer S, Kovacs P, et al : The ultrasonographic appearance of the femoral nerve and cases of iatrogenic impairment. *J Ultrasound Med* 22 (2) : 163-172, 2003.
13. Soong J, Schafhalter-Zoppoth I, Gray AT : The importance of transducer sensory block and onset time of three in-one blocks. *Anesth Analg* 85 : 854-857, 1997.
14. Marhofer P, Schrogendorfer K, Koinig H : Ultrasonographic guidance improves sensory block and onset time of three-in-one blocks. *Anesth Analg* 85 : 854-857, 1997.
15. Marhofer P, Schrogendorfer K, Wallner T : Ultrasonographic guidance reduces the amount of local anesthetic for 3-in-1 blocks. *Reg Anesth Pain Med* 23 : 584-588, 1998.
16. O'Donnell BD, Mannion S : Ultrasound guided femoral nerve block, the safest way to proceed ? *Reg Anesth Pain Med* 31 (4) : 387-388, 2006.
17. Schafhalter-Zoppoth I, Zeitz ID, Gray AT : Inadvertent femoral nerve impalement and intraneural injection visualized by ultrasound. *Anesth Analg* 99 (2) : 627-628, 2004.
18. Snell RS : *Clinical Anatomy for Medical Students*, 3rd ed., Little, Brown, Boston, 1986, pp 591-592.
19. Bouaziz H, Benhamou D, Narchi P : A new approach for saphenous nerve block. *Reg Anesth* 21 : 490, 1996.
20. Comfort VK, Lang SA, Yip RW : Saphenous nerve anaesthesia—A nerve stimulator technique. *Can J Anaesth* 43 : 852-857, 1996.
21. De Mey JC, Deruyck LJ, Cammu G, et al : A paravenous approach for the saphenous nerve block. *Reg Anesth Pain Med* 26 : 504-506, 2001.
22. Gray AT, Collins AB : Ultrasound-guided saphenous nerve block. *Reg Anesth Pain Med* 28 (2) : 148, 2003.
23. Gray AT, Collins AB, Schafhalter-Zoppoth I : An introduction to femoral nerve and associated lumbar plexus nerve blocks under ultrasonic guidance. *Techniques in Regional Anesthesia and Pain Management* 8 : 155-163, 2004.

Bloc du plexus lombaire échoguidé

19

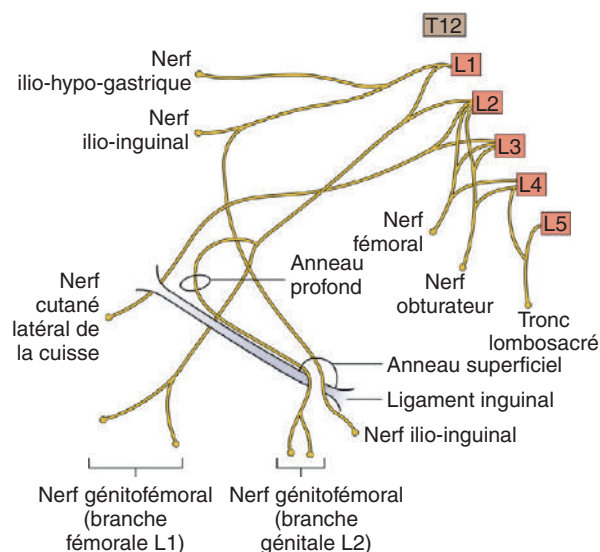
STEPHEN MANNION, DOMINIC HARMON, HENRY P. FRIZELLE

Winnie et al. furent les premiers, en 1974, à décrire l'approche du plexus lombaire par voie postérieure [1]. Le terme de « bloc du compartiment du psoas » a été employé par Chayen et al., en 1976, pour décrire une technique de bloc du plexus lombaire par perte de résistance [2]. Plus récemment, Capdevila et al. ont décrit une approche basée sur une modification des repères décrits par Winnie en utilisant la tomodynamométrie [3]. Le bloc du plexus lombaire procure une excellente analgésie en postopératoire d'une chirurgie de la hanche [3] ou du genou [4]. Combiné au bloc du nerf sciatique, ce bloc permet une chirurgie du membre inférieur [5]. Il s'agit d'un bloc plexique profond avec des complications potentiellement graves. Il ne doit être réalisé que par un anesthésiste expérimenté [6].

Anatomie échographique

Le plexus lombaire est formé par l'union des rameaux antérieurs des première, deuxième, troisième et quatrième racines lombaires (figure 19.1), avec une contribution de la 12^e racine thoracique dans 50 % des cas [7]. Les nerfs formés par les deuxième, troisième et quatrième racines lombaires - le nerf fémoral, cutané latéral de la cuisse et obturateur - entrent et cheminent au sein du muscle psoas. Les nerfs fémoral, cutané latéral et obturateur de la cuisse cheminent au sein d'un fascia divisant le muscle psoas en une partie antérieure (deux tiers antérieurs du muscle) et postérieure (un tiers) [8]. Le nerf obturateur peut aussi reposer dans ce plan, mais dans 40 à 50 % des cas, il se retrouve en dehors de ce plan au sein même du muscle psoas [8,9]. Les trois nerfs sortent du muscle psoas à différents niveaux (entre L3 et S1), avant de cheminer dans la cuisse. Les muscles érecteurs du rachis (médial) et carré des lombes (latéral) sont superficiels et postérieurs au muscle psoas. Chez l'adulte, la visualisation échographique du muscle psoas nécessite l'utilisation d'une sonde à basse fréquence (5-8 MHz) compte tenu d'une profondeur du plexus lombaire de 5 à 8 cm [10]. Une sonde à haute fréquence peut aussi être utilisée, en particulier chez l'enfant. La sonde est placée au niveau de la région paravertébrale, L4-L5. Pour une visualisation longitudinale, la sonde est placée 3 cm latéralement par rapport au processus épineux (apophyse épineuse) (figure 19.2). Cela permet l'identification des processus transverses. Les processus transverses sont à l'origine de signaux hyperéchogènes avec une perte du signal au niveau distal. Le

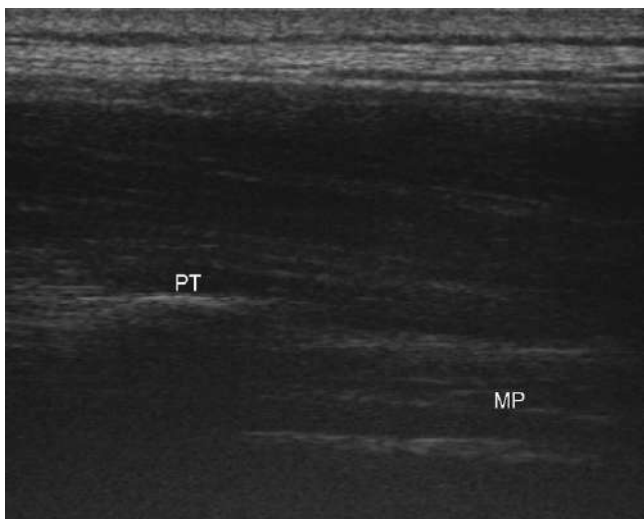
muscle psoas est visualisé plus en profondeur par rapport à ces structures (figure 19.3). L'aspect échographique longitudinal du muscle psoas est constitué par un fond hypo-échogène mêlé de bandes hyperéchogènes (points en vue transverse) représentant les structures fibreuses à l'intérieur du muscle [10]. À la différence de l'échographie de l'enfant, la visualisation du plexus lombaire chez l'adulte est substantiellement gênée par ces structures et souvent impossible à identifier [11]. La sonde d'échographie est avancée de bas en haut afin d'identifier les espaces lombaires respectifs. Le rein est habituellement visualisé au niveau de L2 ou L3, contenant plusieurs structures ovalaires hypo-échogènes, et peut de ce fait être évité lors de la réalisation du bloc du plexus lombaire échoguidé. Au niveau de l'espace L4-L5, la sonde d'échographie est tournée de 90° dans le plan transverse (figure 19.4). Les caractéristiques anthropométriques du pelvis masculin avec des crêtes iliaques allongées rendent l'échographie difficile en dessous de ce niveau [10]. L'utilisation du plan transverse à ce niveau minimise les interférences osseuses. Les muscles érecteurs du rachis et carré des lombes sont identifiés superficiellement par rapport au processus



■ **Figure 19.1.** Représentation du plexus lombaire. D'après Barrett J, Harmon D, Loughnane F, et al. *Peripheral nerve blocks and peri-operative pain relief*. Londres : Elsevier ; 2005.



■ **Figure 19.2.** Orientation de la sonde lors de la réalisation du bloc du plexus lombaire. Celle-ci est initialement positionnée dans le plan longitudinal afin d'identifier le niveau vertébral.



■ **Figure 19.3.** Vue échographique longitudinale de la région lombaire paravertébrale. Les processus transverses (PT) [apophyses épineuses] sont à l'origine d'un signal hyperéchogène avec perte de ce signal au niveau distal. Le muscle psoas (MP) est visualisé plus en profondeur par rapport à ces structures.



■ **Figure 19.4.** Orientation de la sonde échographique en plan transverse, lors de la réalisation d'un bloc du plexus lombaire.

articulaire des corps vertébraux. Le muscle psoas est visualisé plus profondément par rapport au processus articulaire en tant que structure hyperéchogène mêlée de points ou de plages hypo-échogènes [12]. La perte du signal du corps vertébral de L4 est visualisée de façon plus distale par rapport au muscle psoas (figure 19.5).

Technique

Un accès intraveineux ainsi qu'un monitoring par électrocardiographie, oxymétrie de pouls et pression artérielle non invasive sont mis en place. L'optimisation du confort de l'opérateur et du patient est une étape importante de la préparation du geste. Une sédation est nécessaire pour le confort du patient, compte tenu de la profondeur du bloc. Pour la réalisation du bloc du plexus lombaire par voie postérieure échoguidé, le patient doit être placé en décubitus ventral (figure 19.6). Un coussin est placé sous l'abdomen de façon à réduire la lordose lombaire. L'opérateur se tient du côté à bloquer. Pour le bloc du plexus lombaire, l'appareil d'échographie est placé du côté opposé à celui où est réalisé le bloc. Le patient peut aussi être placé en décubitus latéral. La région lombaire, au niveau L4-L5, est balayée avec une sonde curvilinéaire de 5 MHz ou une sonde linéaire de 13 MHz (MicroMaxx[®], SonoSite, Bothell, États-Unis) dans le plan longitudinal et transversal, comme décrit auparavant, de façon à visualiser les sites pertinents. L'écran de l'appareil d'échographie doit correspondre à la région explorée, c'est-à-dire que la droite de l'écran correspond à la droite de l'opérateur. Les réglages de l'appareil, tels que le gain et la profondeur, sont optimisés. La position optimale de la sonde d'échographie, en position transverse, est marquée au crayon dermatographique. La peau est désinfectée avec une solution antiseptique et des champs stériles sont apposés. La sonde d'échographie est introduite dans une housse stérile (CIVCO Medical Instruments, Kalona, États-Unis) avec du gel échographique (Aquasonic[®], Parker Laboratories, Fairfield, États-Unis) puis est placée au niveau du marquage cutané où aura préalablement été disposé du gel stérile. Une injection sous-cutanée d'anesthésique local est réalisée à la face interne de la sonde d'échographie. Les tissus sous-cutanés sont aussi infiltrés avec de l'anesthésique local. Une aiguille isolée 22 gauges de 120 mm (B. Braun, Bethlehem, États-Unis) est introduite perpendiculairement à la peau (figure 19.7). L'aiguille est reliée à un système associant un prolongateur stérile connecté à une seringue de 20 ml, ceux-ci ayant été purgés afin de supprimer toutes les bulles d'air. Une approche en petit axe est aussi possible.

L'aiguille est avancée à vue sous échographie entre les processus transverses en direction de la face postérieure du muscle psoas (figure 19.8). La proximité immédiate avec le plexus lombaire est authentifiée par neurostimulation à 0,5 mA avec contraction du muscle quadriceps. En l'absence de reflux sanguin ou de liquide céphalorachidien, 1 à 2 ml d'anesthésique local sont injectés avec diffusion visualisée sous échographie. Les branches du plexus lombaire ou le nerf fémoral sont souvent mis en évidence après injection et les 18 ml d'anesthésique local restant sont administrés avec

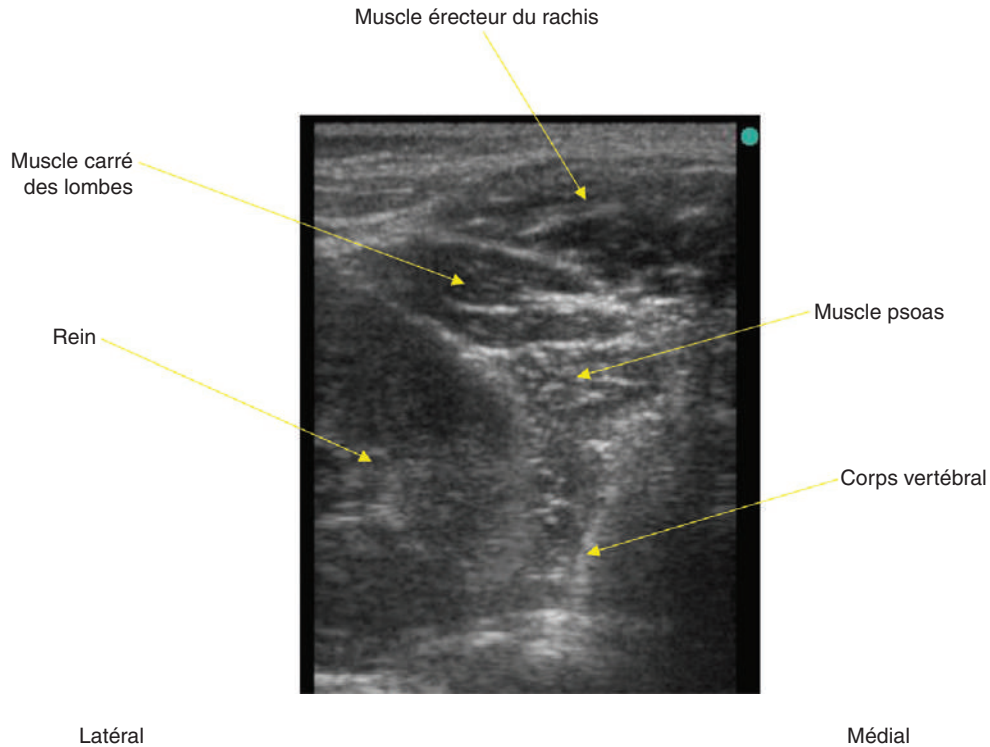


Figure 19.5. Vue échographique transverse (système SonoSite avec sonde linéaire de 6–13 MHz) des différents points anatomiques pertinents lors de la réalisation du bloc du plexus lombaire.



Figure 19.6. Vue globale de la réalisation d'un bloc du plexus lombaire.



Figure 19.7. Positionnement de la sonde d'échographie et de l'aiguille lors du bloc du plexus lombaire échoguidé. Noter l'orientation de l'aiguille dans le plan des ultrasons.

confirmation subséquente de la diffusion au sein du compartiment du psoas. La vérification de la position finale de l'aiguille ou les ajustements de la position de celle-ci peuvent être réalisés par échographie dans le plan longitudinal [12].

L'IRM a permis de montrer que la distribution de la solution d'anesthésique local après bloc du compartiment du psoas se fait le plus souvent au sein du plan du fascia du muscle psoas autour des branches du

plexus lombaire avec diffusion céphalique vers les racines nerveuses lombaires [8,14]. Un cathéter périnerveux peut être mis en place au sein du plan du fascia du muscle psoas. La position de l'extrémité du cathéter est confirmée par l'injection de 1 à 2 ml d'air avec visualisation au sein du muscle psoas. Le cathéter est fixé par un pansement transparent. Une surveillance de la pression artérielle, de la fréquence cardiaque et la recherche d'une bilatéralisation de l'anesthésie sont nécessaires après la réalisation du geste.

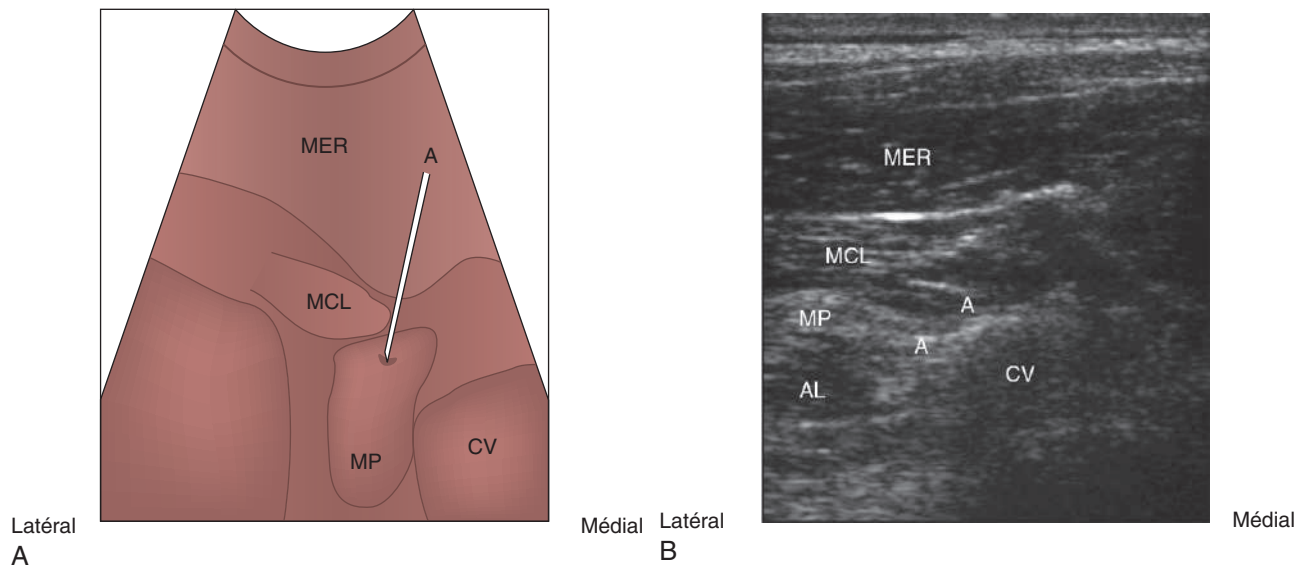


Figure 19.8. Représentation schématique (A) et vue échographique (B) de l'insertion de l'aiguille pour la réalisation du bloc du plexus lombaire. MER : muscle érecteur du rachis ; AL : anesthésique local ; A : aiguille ; MP : muscle psoas ; MCL : muscle carré des lombes ; CV : corps vertébral.

Pratique basée sur les preuves

Le bloc du compartiment du psoas est le seul vrai bloc « 3 en 1 » du plexus lombaire [15]. L'indication principale du bloc du plexus lombaire est l'analgésie postopératoire pour les chirurgies majeures du genou et de la hanche. Une administration continue d'anesthésique local entraîne un score médian de douleur sur l'échelle visuelle analogique de 10 mm lors de la mobilisation pendant les 48 premières heures postopératoires [3,4]. Le bloc du plexus lombaire en injection unique après prothèse totale de hanche réduit les besoins postopératoires en morphine et les pertes sanguines postopératoires par rapport à la morphine seule, administrée en analgésie autocontrôlée par le patient (PCA) [16]. Les scores de douleur après prothèse totale de hanche sont plus faibles dans les 4 premières heures postopératoires après bloc du plexus lombaire par rapport au bloc du nerf fémoral [17]. Chez les patients bénéficiant d'une arthroplastie de genou, le blocage du nerf obturateur associé au bloc fémoral semble apporter les avantages du bloc du plexus lombaire en termes d'analgésie postopératoire [18]. Le bloc du plexus lombaire s'est montré aussi efficace que l'analgésie péridurale en postopératoire d'une prothèse totale de hanche avec moins de nausées, de rétention urinaire, de bloc moteur et d'hypotension orthostatique [19].

L'incapacité du bloc du plexus lombaire à bloquer constamment le plexus sacré [14] limite son utilisation potentielle dans le cadre de l'anesthésie. L'anesthésie du membre inférieur nécessite habituellement l'addition d'un bloc du plexus sacré [5] ou la réalisation d'une rachianesthésie ou d'une anesthésie générale. Les descriptions de chirurgie majeure du membre inférieur sous bloc du plexus lombaire ont le plus probablement été rendues possibles par la diffusion bilatérale secondaire non intentionnelle de l'anesthésique local, ou bien par l'utilisation concomitante d'une sédation ou d'une

anesthésie intraveineuse [20]. L'anesthésie est possible pour les gestes chirurgicaux sur la partie antérieure du genou, tels que la plastie du ligament croisé antérieur. L'utilisation du bloc du plexus lombaire dans le cadre des plasties du ligament croisé antérieur a conduit à une diminution de la douleur, une plus grande satisfaction des patients et une plus faible admission en salle de réveil comparée à l'anesthésie générale [21]. La combinaison du bloc du plexus lombaire et du bloc du nerf sciatique entraîne moins d'hypotension et une meilleure analgésie chez les patients âgés bénéficiant d'une ostéosynthèse du col fémoral [22]. Une des préoccupations majeures concernant le bloc du plexus lombaire est la survenue d'une anesthésie bilatérale, conséquence d'une injection directe dans l'espace péridural ou sous-arachnoïdien, ou bien par diffusion à partir du compartiment du psoas [3]. Une hypotension ou une rachianesthésie complète peuvent survenir [23] ; cependant, le plus souvent, survient une anesthésie bilatérale, principalement sensitive, et des modifications hémodynamiques significatives ne se produisent que chez 10 % des patients [14]. Un monitoring hémodynamique et la recherche d'une anesthésie bilatérale n'en sont pas moins nécessaires lors de chaque bloc du plexus lombaire. Les données d'études antérieures ont suggéré que l'incidence de la bilatéralisation de l'anesthésie était reliée au type d'approche choisi [24]. Cependant, une étude récente effectuée par Mannion et al. [14] ne retrouvait pas de différence d'incidence de bilatéralisation de l'anesthésie en comparant les voies d'approche de Winnie et de Capdevila. L'incidence de la bilatéralisation de l'anesthésie était de 35 à 40 % et peut être reliée à d'autres facteurs, tels que le volume de l'injectat ou la position du patient [14]. La réalisation du bloc sous échoguidage pourrait réduire le recours à des volumes injectés importants [25] et permettre la visualisation de la diffusion de la solution d'anesthésique local. L'échographie offre la possibilité d'une amélioration de

la sécurité en permettant la visualisation des reins lors du geste. Compte tenu de la survenue d'un certain nombre de cas d'hématomes capsulaires rénaux, la réalisation du bloc au niveau de L3 est considérée comme dangereuse [26]. Cela pourrait aussi être vrai à des niveaux lombaires plus bas situés, étant donné que le pôle inférieur du rein, en particulier à droite, peut descendre jusqu'au niveau de L4 et varier avec la respiration [10]. Dans une étude récente sur 234 patients, aucun cas de ponction rénale accidentelle n'a été rapporté lors de la réalisation d'un bloc du plexus lombaire échoguidé [27]. Dans la littérature, les quelques études réalisées sur le bloc du plexus lombaire échoguidé ont été de nature anatomique [10-12]. Au moment de la publication de cet ouvrage, l'utilisation de l'échographie pour la réalisation du bloc du plexus lombaire a été seulement décrite dans une série de cinq patients pédiatriques [11]. Les recherches futures doivent se concentrer sur l'apport de l'échographie vis-à-vis des volumes d'anesthésiques locaux nécessaires, de l'incidence de la diffusion périurale et de la réduction des effets secondaires, tels que l'injection intrathécale. À ce jour, la réalisation du bloc du plexus lombaire échoguidé est conditionnée par les limites techniques des sondes à basse fréquence nécessaires à une bonne visualisation des structures situées à plus de 5 cm de profondeur. Tant que ces facteurs ne sont pas améliorés, l'utilisation concomitante d'un neurostimulateur pour la localisation du plexus lombaire est souhaitable.

POINTS CLÉS

- Le bloc du plexus lombaire ne doit être réalisé que par un anesthésiste expérimenté.
- Un monitoring hémodynamique et la recherche d'une anesthésie bilatérale sont obligatoires après réalisation du bloc.
- La visualisation échographique du plexus lombaire est rare, excepté chez les enfants.
- La position du rein est vérifiée lors du bloc échoguidé.
- Le bloc du plexus lombaire procure une excellente analgésie postopératoire pour les chirurgies de la hanche et du genou.
- Combinées à un bloc du plexus sacré, la plupart des chirurgies du membre inférieur peuvent être réalisées.
- Le bloc du plexus lombaire est le seul vrai bloc « 3 en 1 » anesthésiant le nerf fémoral, cutané latéral de la cuisse et obturateur.

RÉFÉRENCES

1. Winnie AP, Ramamurthy S, Durani Z, Radonjic R : Plexus blocks for lower extremity surgery : New answers to old problems. *Anesthesiol Rev* 1 : 11-16, 1974.
2. Chayen D, Nathan H, Chayen M : The psoas compartment block. *Anesthesiology* 45 : 95-99, 1976.
3. Capdevila X, Macaire P, Dadure C, et al : Continuous psoas compartment block for postoperative analgesia after total hip arthroplasty : New landmarks, technical guidelines, and clinical evaluation. *Anesth Analg* 94 : 1606-1613, 2002.
4. Kaloul I, Guay J, Cote C, Fallaha M : The posterior lumbar plexus (psoas compartment) block and the three-in-one femoral nerve block provide similar postoperative analgesia after total knee replacement. *Can J Anaesth* 51 : 45-51, 2004.
5. Farny J, Girard M, Drolet P : Posterior approach to the lumbar plexus combined with a sciatic nerve block using lidocaine. *Can J Anaesth* 41 : 486-491, 1994.
6. Auroy Y, Benhamou D, Bargues L, et al : Major complications of regional anesthesia in France : The SOS Regional Anesthesia Hotline Service. *Anesthesiology* 97 : 1274-1280, 2002.
7. Gray H : The lumbar plexus. In Pick TP, Howden R, editors: *Gray's Anatomy*. 15th ed., Leicester, UK, Galley Press, 1988, pp 782-787.
8. Sim IW, Webb T : Anatomy and anaesthesia of the lumbar somatic plexus. *Anaesth Intensive Care* 32 : 178-187, 2004.
9. Farny J, Drolet P, Girard M : Anatomy of the posterior approach to the lumbar plexus block. *Can J Anaesth* 41 : 480-485, 1994.
10. Kirchmair L, Entner T, Wissel J, et al : A study of the paravertebral anatomy for ultrasound-guided posterior lumbar plexus block. *Anesth Analg* 93 : 477-481, 2001.
11. Kirchmair L, Enna B, Mitterschiffthaler G, et al : Lumbar plexus in children. A sonographic study and its relevance to pediatric regional anesthesia. *Anesthesiology* 101 : 445-450, 2004.
12. Kirchmair L, Entner T, Kapral S, Mitterschiffthaler G : Ultrasound guidance for the psoas compartment block : An imaging study. *Anesth Analg* 94 : 706-710, 2002.
13. Mannion S, Barrett J, Kelly D, et al : Magnetic resonance imaging of distribution of injectate after two approaches for psoas compartment block. *Reg Anesth Pain Med* 30 : 567-571, 2005.
14. Mannion S, O'Callaghan S, Walsh M, et al : « In with the new, out with the old ? » Comparison of two approaches for psoas compartment block. *Anesth Analg* 101 : 259-264, 2005.
15. Mannion S, O'Donnell BD : Obturator nerve blockade following « 3-in-1 » block—The role of motor assessment. *Acta Anaesthesiol Scand* 50 : 645, 2006.
16. Stevens RD, Van Gessel E, Flory N, et al : Lumbar plexus block reduces pain and blood loss associated with total hip arthroplasty. *Anesthesiology* 93 : 115-121, 2000.
17. Biboulet P, Morau D, Aubas P, et al : Postoperative analgesia after total-hip arthroplasty : Comparison of intravenous patient-controlled analgesia with morphine and single injection of femoral nerve or psoas compartment block. A prospective, randomized, double-blinded study. *Reg Anesth Pain Med* 29 : 102-109, 2004.
18. Macalou D, Trueck S, Meuret P, et al : Postoperative analgesia after total knee replacement : The effect of an obturator nerve block added to the femoral 3-in-1 nerve block. *Anesth Analg* 99 : 251-254, 2004.
19. Turker G, Uckunkaya N, Yavascaoglu B, et al : Comparison of the catheter-technique psoas compartment block and the epidural block for analgesia in partial hip surgery. *Acta Anaesthesiol Scand* 47 : 30-36, 2003.
20. Ben-David B, Lee E, Croitoru M : Psoas block for surgical repair of hip fracture : A case report and description of a catheter technique. *Anesth Analg* 71 : 298-301, 1990.
21. Jankowski CJ, Hebl JR, Stuart MJ, et al : A comparison of psoas compartment block and spinal and general anesthesia for outpatient knee arthroscopy. *Anesth Analg* 97 : 1003-1009, 2003.
22. de Visme V, Picart F, Le Jouan R, et al : Combined lumbar and sacral plexus block compared with plain bupivacaine spinal anesthesia for hip fractures in the elderly. *Reg Anesth Pain Med* 25 : 158-162, 2000.
23. Gentili M, Aveline C, Bonnet F : Total spinal anesthesia after posterior lumbar plexus block. *Ann Fr Anesth Reanim* 17 : 740-742, 1998.
24. Mannion S : Epidural spread depends on the approach used for posterior lumbar plexus block. *Can J Anaesth* 51 : 516-517, 2004.
25. Marhofer P, Schrogendorfer K, Koinig H, et al : Ultrasonography guidance improves sensory block and onset time of three-in-one blocks. *Anesth Analg* 85 : 854-857, 1997.
26. Aida S, Takahashi H, Shimoji K : Renal subcapsular hematoma after lumbar plexus block. *Anesthesiology* 84 : 452-455, 1996.
27. Weissner D, Vicent O, Kock T, Litz R : Evaluation of the risk of puncture complications during ultrasound guided psoas compartment block. *Reg Anesth Pain Med* 30 : A16, 2005.

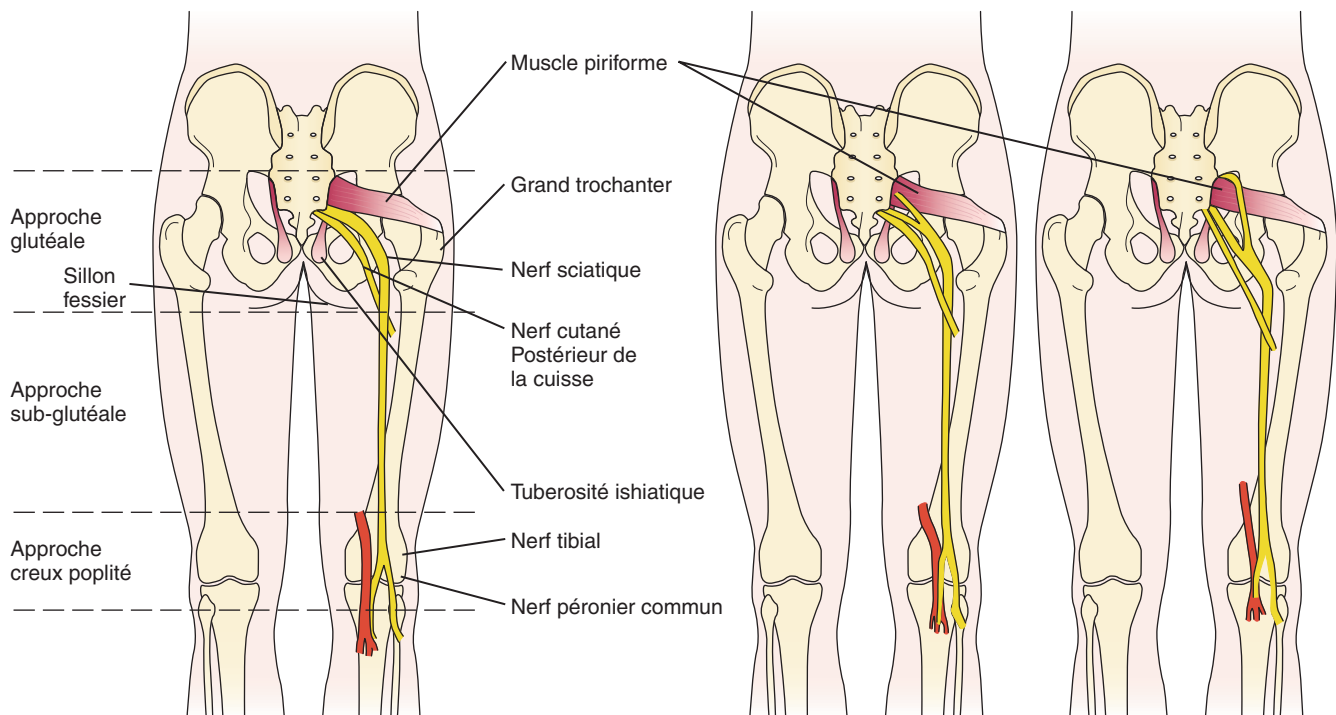


Le nerf sciatique est formé des racines des nerfs L4-S3 du plexus lombosacré. Il chemine à travers l'échancrure ischiatique en tant que nerf unique, juste en dessous du muscle piriforme dans la région glutéale. Les nerfs fibulaires communs et tibiaux peuvent émerger séparément, mais ils sont recouverts dans un même fascia. Ces nerfs ont des rapports anatomiques variables avec le muscle piriforme (figure 20.1). Le nerf sciatique se divise structurellement en deux branches terminales principales, les nerfs fibulaires communs et tibiaux, de 0 à 11 cm au-dessus du creux poplité (figure 20.2). Le nerf sciatique peut être bloqué à tout endroit de son trajet au niveau de la cuisse. Les indications chirurgicales de ce bloc incluent les chirurgies du membre inférieur en dessous du genou, y compris la suture du tendon d'Achille, et la majorité des chirurgies du pied (à l'exclusion des chirurgies situées dans le territoire du nerf saphène) et, lorsque ce bloc est associé à un bloc du plexus lombaire, la chirurgie du genou comprenant les plasties ligamentaires et la prothèse totale de genou. Les indications

thérapeutiques incluent l'analgésie postopératoire et les douleurs postamputations.

Anatomie échographique

Le nerf sciatique peut être identifié à l'échographie dans les régions glutéale, subglutéale et poplitée du membre inférieur. Toutes ces approches peuvent être rapidement et facilement réalisées avec le patient en décubitus latéral, avec le membre atteint au-dessus et la cuisse et le genou fléchis au maximum. Ces techniques peuvent être réalisées avec succès avec la plupart des sondes échographiques, mais compte tenu de la profondeur moyenne du nerf sciatique, une sonde basse fréquence (4-8 MHz) est préférée pour un plus fort taux de succès. La sonde échographique est réglée initialement à une profondeur de 6 cm et, par la suite, ce réglage est modifié afin d'optimiser l'image. Le nerf sciatique est retrouvé à une profondeur de 3 à 6 cm par rapport



■ **Figure 20.1.** Représentation schématique des différents rapports anatomiques du nerf sciatique avec le muscle piriforme.

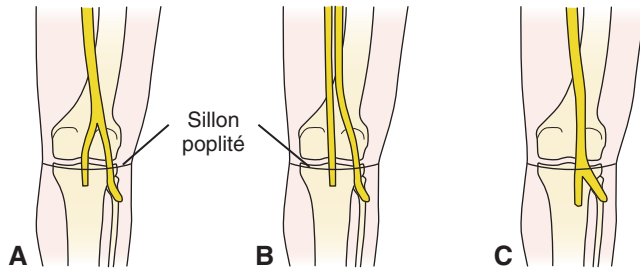


Figure 20.2. Représentation schématique des différentes divisions du nerf sciatique en ses deux branches terminales. **A.** Division au niveau du creux poplité. **B.** Division proximale par rapport au creux poplité. **C.** Division distale par rapport au creux poplité.

à la surface de la peau. L'avantage de la réalisation du bloc dans la région glutéale est que le nerf cutané postérieur de la cuisse, qui chemine à proximité du nerf sciatique, est aussi anesthésié, ce qui minimise la douleur liée au garrot. Ce nerf n'est pas bloqué lors d'une approche subglutéale, à moins qu'il ne soit spécifiquement localisé (figure 20.3). Dans la région glutéale, une sonde basse fréquence curvilinéaire est souvent utilisée. Cela permet une pénétration tissulaire suffisante et procure une zone de balayage échographique tissulaire plus large. Une orientation transverse de la sonde échographique est utilisée (figures 20.4 à 20.6). Dans la région glutéale, le nerf sciatique est identifié en dessous du muscle grand fessier (figures 20.7 et 20.8). Le nerf sciatique peut être difficile à identifier dans la région glutéale, en raison de la masse musculaire importante en présence et des réflexions hyperéchogènes. Le fait de diminuer le gain peut faciliter l'identification des contours osseux de la tubérosité ischiatique et du grand trochanter (figure 20.9). Le muscle grand fessier est identifié sous la couche de graisse sous-cutanée hypoéchogène, entre la tubérosité ischiatique et le grand trochanter. Le muscle grand fessier présente une limite fasciale, hyperéchogène, profonde (figure 20.9). L'ajout de la neurostimulation à l'échographie est utile dans les situations où le nerf est mal visualisé. Après balayage échographique de la région glutéale, le nerf sciatique peut être suivi jusque dans la région subglutéale. Dans

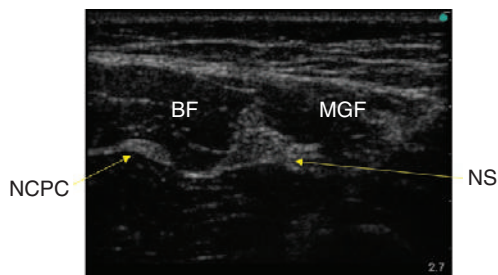


Figure 20.3. Vue transversale échographique de la région sous-glutéale. Le nerf cutané postérieur de la cuisse chemine initialement avec le nerf sciatique. Au niveau de la région sous-glutéale, il a déjà quitté le nerf sciatique et peut ne pas être anesthésié lors de la réalisation d'un bloc sciatique à ce niveau, à moins qu'il ne soit spécifiquement bloqué. BF : biceps fémoral ; MGF : muscle grand fessier ; NCPC : nerf cutané postérieur de la cuisse ; NS : nerf sciatique.

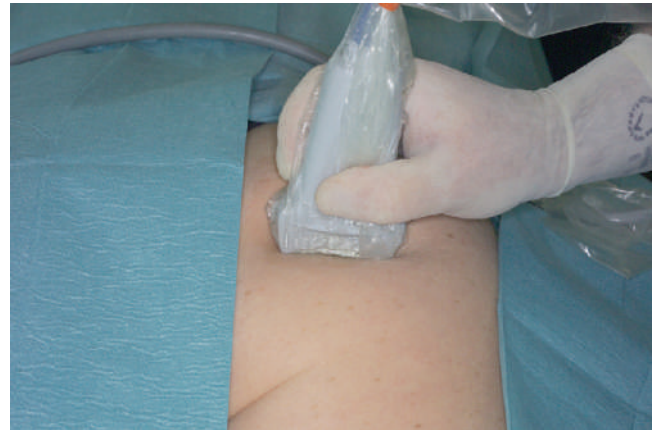


Figure 20.4. Pour le bloc du nerf sciatique au niveau glutéal, une orientation transverse de la sonde est utilisée. La sonde est positionnée entre le grand trochanter et la tubérosité ischiatique.



Figure 20.5. Vue globale de la réalisation d'un bloc sciatique par voie glutéale.

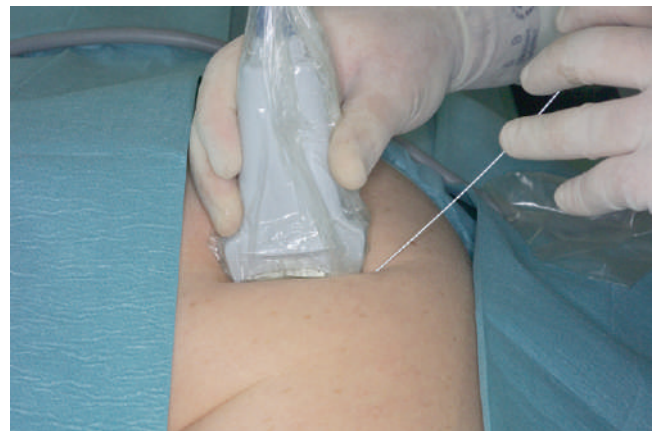


Figure 20.6. Positionnement de la sonde échographique et de l'aiguille lors de la réalisation d'un bloc sciatique glutéal échoguidé.

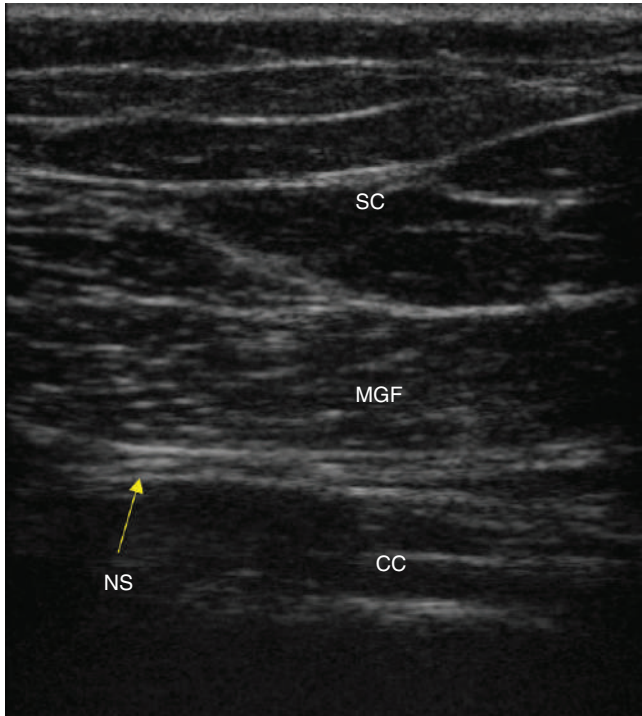


Figure 20.7. Vue échographique transversale de la région glutéale en utilisant un système SonoSite avec une sonde linéaire de 6–13 MHz. Une couche de tissu sous-cutané épais (SC) est typiquement observée. Il s'agit d'une couche hypo-échogène avec de rares lignes hyperéchogènes (tissu conjonctif). En dessous de cette couche de tissu sous-cutané repose le muscle grand fessier (MGF). Celui-ci est plus hyperéchogène et présente des lignes denses hyperéchogènes (tissu conjonctif). Ce muscle présente des limites superficielles et profondes hyperéchogènes. Au-delà de la limite profonde sont identifiés le nerf sciatique (NS) et le carré crural (CC).



Figure 20.8. Vue échographique transversale du nerf sciatique (NS) dans la région glutéale.

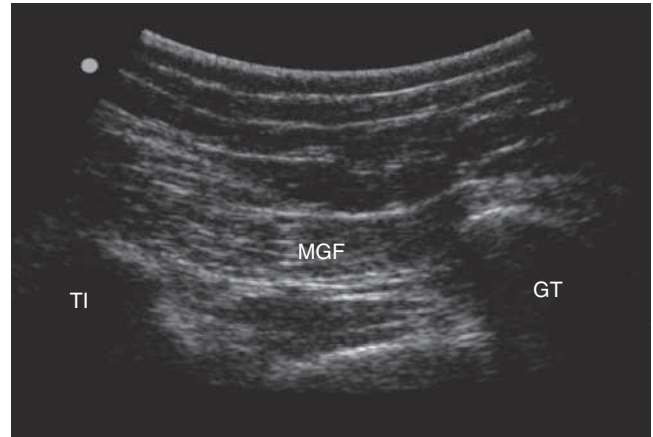


Figure 20.9. Vue échographique transversale de la région glutéale. Si le nerf sciatique ne peut être identifié dans la région glutéale ou sous-glutéale, alors une visualisation de repères anatomiques (par exemple grand trochanter et muscle grand fessier) peut faciliter le bloc nerveux. Noter les limites profondes, hyperéchogènes, du muscle grand fessier (MGF) cheminant entre le grand trochanter (GT) et la tubérosité ischiatique (TI).

l'approche subglutéale, la sonde échographique est déplacée transversalement au niveau du haut de la partie postérieure de la cuisse ou bien au niveau ou en dessous du pli fessier (figure 20.10). Le but de cette approche est d'identifier le groupe musculaire semi-tendineux-biceps qui prend son origine au niveau de la tubérosité ischiatique. Ce groupe musculaire est adjacent au grand fessier lorsque ce dernier remonte médialement. Le résultat échographique ressemble à un petit triangle posé sous un plafond en pente. La pointe du triangle dirigée latéralement touche le nerf sciatique (figure 20.11). Le petit triangle interne (semi-tendineux-biceps) apparaît plus hypo-échogène (sombre) car l'orientation de ses fibres est transverse par rapport au faisceau d'ultrasons. À l'inverse, les fibres musculaires du muscle grand fessier reposent plus longitudinalement (en fait avec un angle faible) par rapport au faisceau d'ultrasons, à l'origine d'une surface réfléchissant les ultrasons et apparaissant de ce fait plus claire



Figure 20.10. Vue globale de la réalisation d'un bloc sciatique par voie sous-glutéale. La sonde échographique est placée transversalement, au niveau du pli fessier.

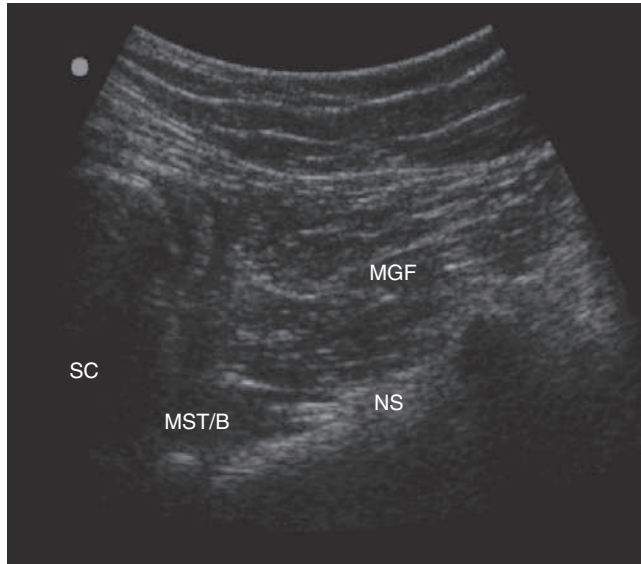


Figure 20.11. Vue échographique transverse de la région sous-glutéale, en utilisant un système SonoSite avec une sonde linéaire de 6–13 MHz. Le petit triangle médian adjacent à la tubérosité ischiatique et au muscle semi-tendineux-biceps (MST/B) apparaît plus sombre, étant donné que l'orientation de ses fibres est perpendiculaire par rapport au faisceau d'ultrasons. À l'inverse, les fibres musculaires du muscle grand fessier (MGF) sont plus tangentielles (en fait avec une légère angulation) au faisceau d'ultrasons et, de ce fait, présentent une surface plus réfléchissante, ce qui les fait apparaître plus claires à l'échographie (échodenses). Le résultat échographique ressemble à un petit triangle posé sous un plafond en pente. La pointe du triangle dirigée latéralement touche le nerf sciatique (NS). Tissu sous-cutané (SC).

(hyperéchogène) (figure 20.11). Si le nerf sciatique ne peut pas être visualisé à ce niveau, il est utile de balayer la zone avec la sonde échographique tenue de façon longitudinale, le long de l'axe attendu du trajet nerveux (figure 20.12). Le nerf sciatique hyperéchogène est alors plus reconnaissable.

Une autre alternative consiste à suivre le nerf sciatique en remontant à partir du creux poplité (figure 20.13). Le nerf sciatique est identifié au niveau du creux poplité en vue transverse. La sonde échographique est ensuite déplacée en direction céphalique tout en maintenant le nerf sciatique au centre de l'écran. La sonde échographique doit être déplacée par tranches de 2,5 à 5 cm. Il se peut qu'il soit nécessaire d'incliner légèrement la sonde afin d'optimiser l'image du nerf, étant donné que le nerf est profond et que son inclinaison change au niveau proximal.

Le nerf sciatique entre dans le creux poplité latéralement, par rapport à la ligne médiane, et se divise en branches terminales : nerf tibial et fibulaire communs. Le creux poplité est balayé avec visualisation transverse des vaisseaux et des nerfs. Le nerf sciatique (figure 20.14) et ses branches (figure 20.15), hyperéchogènes, sont ainsi visualisés. Chez les patients avec une neuropathie périphérique, le nerf devient moins hyperéchogène et une expérience considérable est nécessaire pour l'identifier à l'échographie. Le nerf tibial repose postérieurement (superficiellement) par rapport à la veine et à l'artère poplitées, à proximité du creux poplité. Le patient est

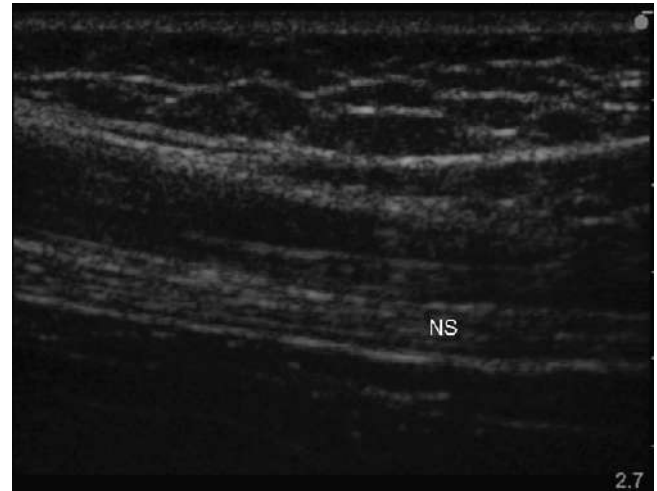


Figure 20.12. Vue échographique longitudinale du nerf sciatique (NS) dans la région sous-glutéale en utilisant un système SonoSite avec une sonde linéaire de 6–13 MHz. Le nerf sciatique possède un aspect fasciculaire caractéristique.



Figure 20.13. Le nerf sciatique peut être suivi en direction céphalique depuis le creux poplité jusqu'à la région sous-glutéale en maintenant une orientation transverse de la sonde échographique.

placé en décubitus ventral avec deux ou trois oreillers sous la jambe, de façon à fléchir le genou (figure 20.3). Il s'agit d'une étape importante qui permet de relâcher les muscles et entraîne une augmentation du contraste échographique entre le nerf sciatique et la graisse environnante. Si un patient ne peut se mettre en décubitus ventral, il peut être placé en position de Sim (latéral) avec le membre à bloquer au-dessus et le genou partiellement fléchi. Une sonde curvilinéaire de 4–7 MHz (180PLUS® ou Titan® C11, SonoSite, Bothell, États-Unis) peut être utilisée. Alternativement, une sonde linéaire de 13 MHz (MicroMaxx®, SonoSite) peut être utilisée. La visualisation initiale est débutée à une profondeur de 6 à 7 cm puis la profondeur est diminuée de façon à optimiser la visualisation du nerf sciatique ou de ses branches. Il est important de ne pas appliquer une pression verticale trop importante sur la sonde échographique car lorsque la graisse est comprimée, la visualisation des nerfs devient difficile.

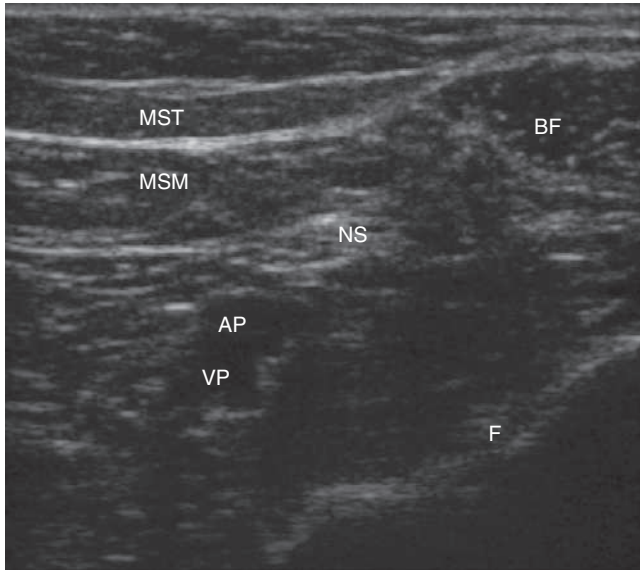


Figure 20.14. Vue échographique transverse du creux poplité en utilisant un système SonoSite avec une sonde linéaire de 6–14 MHz. BF : biceps fémoral ; F : fémur ; AP : artère poplitée ; VP : veine poplitée ; MSM : muscle semimembraneux ; NS : nerf sciatique ; MST : muscle semi-tendineux.

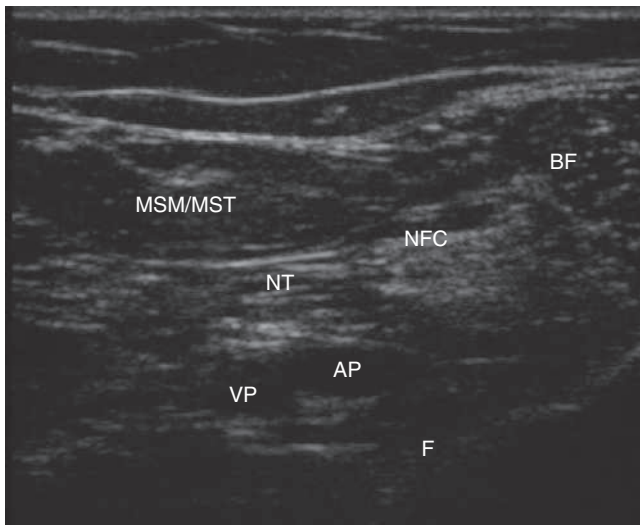


Figure 20.15. Vue échographique transverse du creux poplité en utilisant un système SonoSite avec une sonde linéaire de 6–14 MHz. Le nerf sciatique entre dans le creux poplité latéralement par rapport à la ligne médiane et se divise en ses deux branches terminales, nerf tibial (NT) et nerf fibulaire commun (NFC). BF : biceps fémoral ; F : fémur ; AP : artère poplitée ; VP : veine poplitée ; MSM : muscle semi-membraneux ; MST : muscle semi-tendineux.

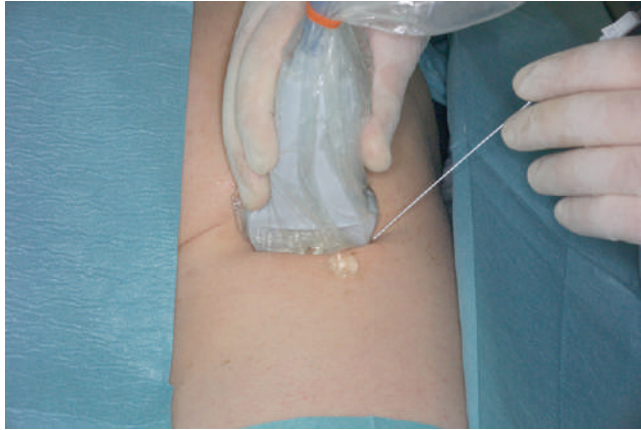
Bloc du nerf sciatique échoguidé par voie subglutéale

Un accès intraveineux ainsi qu'un monitoring par électrocardiographie, oxymétrie de pouls et pression artérielle non invasive sont mis en place. L'optimisation du confort de l'opérateur et du patient est une étape importante de la préparation du geste. Pour la réalisation du

bloc sciatique échoguidé par voie subglutéale, le patient doit être placé en décubitus ventral ou latéral. L'opérateur se tient du côté à bloquer, l'appareil d'échographie étant placé du côté opposé à celui où est réalisé le bloc (figure 20.10). L'intensité lumineuse peut être diminuée de façon à améliorer la visualisation. Les scialytiques peuvent être utilisés pour maintenir un fond lumineux.

Une orientation transverse de la sonde échographique est utilisée. Les structures utiles à identifier incluent la tubérosité ischiatique, le muscle grand fessier, le muscle grand adducteur sur lequel repose le nerf sciatique et le biceps fémoral latéralement, et le muscle semi-tendineux au niveau médial (figure 20.11). Il est souvent difficile de visualiser le nerf sciatique en raison de la profondeur, des réflexions musculaires et de son recouvrement par les fascias.

La peau est désinfectée avec une solution antiseptique et des champs stériles sont apposés. La sonde d'échographie est introduite dans une housse stérile (CIVCO Medical Instruments, Kalona, États-Unis) avec du gel échographique (Aquasonic[®], Parker Laboratories, Fairfield, États-Unis). Une couche de gel est appliquée entre la housse stérile et la peau. La région sous-glutéale est balayée dans un plan transverse en utilisant une sonde linéaire ou curvilinéaire (MicroMaxx[®], SonoSite). L'écran de l'appareil d'échographie doit correspondre à la région explorée, c'est-à-dire que la droite de l'écran correspond à la droite de l'opérateur. Les réglages de l'appareil, tels que le gain et la profondeur, sont optimisés. Une injection sous-cutanée d'anesthésique local est réalisée à la face latérale de la sonde d'échographie. Le biseau de l'aiguille doit faire face à la sonde d'échographie de façon à améliorer la visibilité de l'extrémité de l'aiguille. Il est préférable de ne pas utiliser de guide pour l'insertion de l'aiguille. Une aiguille de 21 gauges d'anesthésie locorégionale de 120 mm de long (Pajunk, Geisingen, Allemagne, ou B. Braun, Bethlehem, États-Unis) est insérée dans le plan des ultrasons de façon à visualiser l'aiguille dans son ensemble (figure 20.16). L'aiguille est reliée à un système associant un prolongateur stérile connecté à une seringue de 20 ml, ceux-ci ayant été purgés avec une solution d'anesthésique local afin de supprimer toutes les bulles d'air. L'opérateur peut faire glisser ou incliner la sonde de façon à maintenir autant que faire se peut l'extrémité de l'aiguille dans le plan de l'image. L'aiguille est avancée sous contrôle de la vue jusqu'à ce qu'elle atteigne la face latérale du nerf sciatique. Dès que l'extrémité de l'aiguille est visualisée à l'échographie, à proximité du nerf sciatique, une confirmation peut être obtenue par l'utilisation d'un neurostimulateur (Stimuplex[®], B. Braun). En cas d'utilisation d'une technique avec neurostimulation, les réponses motrices caractéristiques de flexion ou d'extension plantaires sont recherchées. Les volumes tests d'anesthésiques locaux, afin de visualiser la diffusion de ceux-ci, doivent être faibles (0,5–2 ml). Si la diffusion de l'anesthésique local n'est pas visualisée à l'écran, l'injection doit être stoppée. Une solution de lidocaïne à 2 % adrénalinée (1/200 000) est déposée sur les quatre côtés en mobilisant l'extrémité de l'aiguille. Si le bloc est utilisé pour l'analgésie postopératoire, une solution de bupivacaïne adrénalinée (1/200 000) à 0,5 % ou une solution de ropivacaïne adrénalinée à 1 % (1/200 000) procure 24 h d'analgésie. Un



■ **Figure 20.16.** Positionnement de la sonde échographique et de l'aiguille lors de la réalisation d'un bloc échographique subglutéal échoguidé. Noter l'orientation de l'aiguille dans le même plan que les ultrasons.

cathéter périnerveux peut être mis en place (figure 20.17) de façon à obtenir une administration continue de ropivacaïne 0,2 % à un débit de 5 à 12 ml/h, ce qui permet d'obtenir une analgésie supérieure à 24 h sans bloc moteur significatif.

Bloc du nerf sciatique échoguidé par voie poplitée

Un accès intraveineux ainsi qu'un monitoring par électrocardiographie, oxymétrie de pouls et pression artérielle non invasive sont mis en place. L'optimisation du confort de l'opérateur et du patient est une étape importante de la préparation du geste. Pour la réalisation du bloc sciatique échoguidé par voie poplitée, le patient doit être placé en décubitus ventral, dorsal ou latéral.



■ **Figure 20.17.** Cathéter sciatique subglutéal extériorisé et sécurisé sous le pli fessier.

L'opérateur se tient du côté à bloquer, l'appareil d'échographie étant placé du côté opposé à celui où est réalisé le bloc (voir la figure 20.18). En position ventrale, il est demandé au patient de fléchir sa jambe de façon à identifier la partie supérieure du creux poplitée en identifiant les muscles biceps fémoral, semi-tendineux et semi-membraneux. Le maintien du genou en position semi-fléchie facilite la réalisation du bloc. Au niveau du sommet du triangle poplitée, la sonde échographique est orientée perpendiculairement au grand axe de la jambe avec le faisceau d'ultrasons perpendiculaire au nerf (figure 20.19). Les corps des muscles semi-membraneux, du biceps fémoral ainsi que l'artère, la veine poplitée et le nerf sciatique doivent être identifiés (figure 20.14). Le nerf sciatique apparaît comme une grosse structure hypo-échogène (sombre) entourée d'un cercle blanc hyperéchogène, reposant latéralement et superficiellement par rapport à l'artère poplitée (figures 20.14 et 20.15). Le nerf sciatique doit être placé au centre de l'écran. La peau est désinfectée avec une solution antiseptique et des champs stériles sont apposés. La sonde d'échographie est introduite dans une housse stérile (CIVCO Medical Instruments) avec du gel échographique (Aquasonic®, Parker Laboratories). Une couche de gel est appliquée entre la housse stérile et la peau. La région poplitée est balayée dans un plan transverse en utilisant le module MicroMaxx® de SonoSite. L'écran de l'appareil d'échographie doit correspondre à la région explorée, c'est-à-dire que la droite de l'écran correspond à la droite de l'opérateur. Les réglages de l'appareil, tels que le gain et la profondeur, sont optimisés. Une anesthésie locale de la peau, au niveau du point de ponction, est réalisée à distance de la sonde d'échographie de façon à améliorer l'asepsie de l'acte et à permettre un angle d'approche plus tangentiel qui autorise une meilleure visualisation de l'aiguille. Le biseau de l'aiguille doit faire face à la sonde d'échographie de façon à améliorer la visibilité de l'extrémité de l'aiguille. Il est préférable de ne pas utiliser de guide pour l'insertion de l'aiguille. Une aiguille de 21 gauges isolée d'anesthésie locorégionale de 50 mm de long (Pajunk ou B. Braun) ou une aiguille de 17 gauges de type Tuohy (Arrow International, Reading, États-Unis) est insérée dans le plan des ultrasons



■ **Figure 20.18.** Vue globale de la réalisation d'un bloc sciatique par voie poplitée (patient en décubitus ventral).



■ **Figure 20.19.** La sonde échographique est positionnée dans le creux poplité en orientation transverse.

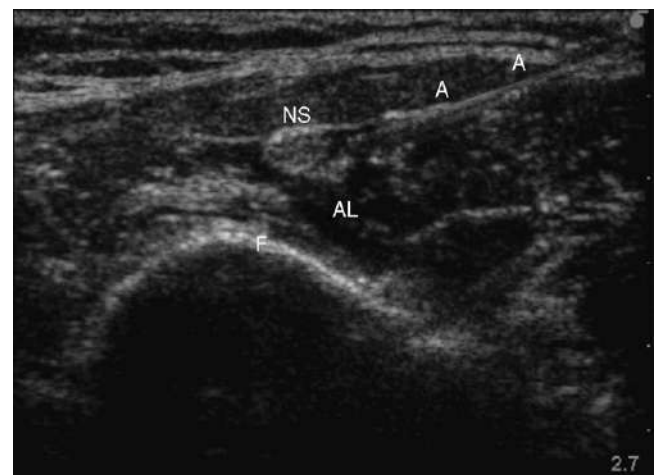
de façon à visualiser l'aiguille dans son ensemble (figure 20.20). L'aiguille est reliée à un système associant un prolongateur stérile connecté à une seringue de 20 ml, ceux-ci ayant été purgés avec une solution d'anesthésique local afin de supprimer toutes les bulles d'air. L'opérateur peut faire glisser ou incliner la sonde de façon à maintenir autant que faire se peut l'extrémité de l'aiguille dans le plan de l'image. L'extrémité de l'aiguille doit être clairement identifiée dans le plan de l'image avant que celle-ci ne soit avancée. L'aiguille est placée au contact du nerf, l'opérateur prenant soin de ne pas léser celui-ci (figure 20.21). En cas d'utilisation d'une technique par neurostimulation, les réponses motrices caractéristiques de flexion ou d'extension plantaires sont recherchées. Après test d'aspiration négatif, 1 ml d'anesthésique local est injecté. Si la diffusion de l'anesthésique local est satisfaisante, un volume supplémentaire de 3 à 4 ml d'anesthésique local est injecté. L'extrémité de l'aiguille est repositionnée en arrière du nerf et un autre volume d'anesthésique local est injecté autour du nerf. L'extrémité de l'aiguille est mobilisée de façon à déposer de l'anesthésique local de chaque côté du nerf. Un volume total de 20 ml



■ **Figure 20.20.** Positionnement de la sonde et de l'aiguille lors de la réalisation d'un bloc poplité échoguidé. Noter l'orientation de l'aiguille dans le plan du faisceau d'ultrasons.

d'anesthésique local est suffisant pour bloquer le nerf sciatique ou ses branches terminales. Les deux branches, le nerf tibial et le nerf fibulaire commun, peuvent être bloquées individuellement juste en dessous de la bifurcation du nerf sciatique. La disponibilité d'une surface de diffusion plus importante ainsi qu'une distance à parcourir plus courte pour que les anesthésiques locaux atteignent les fibres du centre du nerf permettent d'obtenir un bloc chirurgical plus rapidement. Lorsque le patient est placé en décubitus latéral, le membre à bloquer est placé au-dessus du membre non bloqué avec le genou fléchi de 60 à 70°. Une aiguille de type Tuohy de 17 ou 18 gauges de 50 à 100 mm est utilisée pour la réalisation du bloc. De façon alternative, une aiguille de 22 gauges peut être utilisée pour une technique avec injection unique. Avec le patient en décubitus dorsal, la sonde échographique peut être placée en position latérale ou postérieure. Lorsque la sonde est placée en position latérale (figures 20.22 et 20.23), une image transverse à proximité de l'articulation du genou est obtenue (figures 20.24 et 20.25). Une aiguille de 17 gauges de 75 à 100 mm est utilisée. L'aiguille est introduite à travers la partie charnue du muscle biceps fémoral, entre ses tendons et la bandelette iliotibiale (en évitant le tendon, car les lésions tendineuses guérissent lentement) (figure 20.26). Le volume important du muscle minimise les fuites autour du cathéter. La progression de l'aiguille est suivie sous contrôle de la vue et l'anesthésique local est déposé sur chacun des côtés du nerf en repositionnant l'extrémité de l'aiguille comme précédemment décrit. Lorsque la sonde est en position postérieure (figures 20.27 et 20.28), une vue transverse est obtenue à proximité de l'articulation du genou (figure 20.29). Cette vue échographique est identique à la vue échographique transverse obtenue chez un patient en décubitus ventral. La différence avec cette technique est le site de ponction se situant à la face latérale du membre inférieur (figure 20.30).

Un cathéter peut être positionné au niveau du creux poplité afin d'obtenir un bloc sciatique poplité continu. Pour cette technique, une aiguille de 17 gauges de



■ **Figure 20.21.** Image échographique du creux poplité (patient en décubitus ventral) après administration de 20 ml d'anesthésique local, avec sonde linéaire haute fréquence. F : fémur ; AL : anesthésique local ; A : aiguille ; NS : nerf sciatique.



Figure 20.22. Vue globale de la réalisation d'un bloc sciatique par voie poplitée (patient en décubitus dorsal).



Figure 20.23. La sonde d'échographie est positionnée sur la face latérale du membre inférieur, à proximité de l'articulation du genou, avec une orientation transverse.

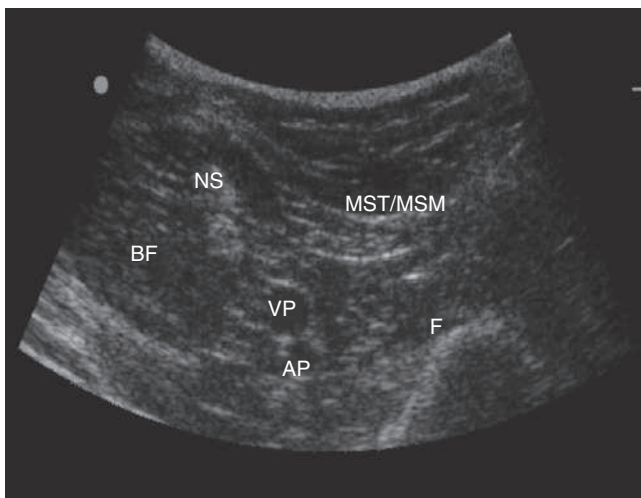


Figure 20.24. Vue échographique lors de la réalisation d'un bloc sciatique poplitée (patient en décubitus dorsal). Vue échographique transverse en utilisant un système SonoSite avec une sonde linéaire de 8–14 MHz. BF : biceps fémoral ; F : fémur ; AP : artère poplitée ; VP : veine poplitée ; NS : nerf sciatique ; MST/MSM : muscles semi-tendineux et semi-membraneux.

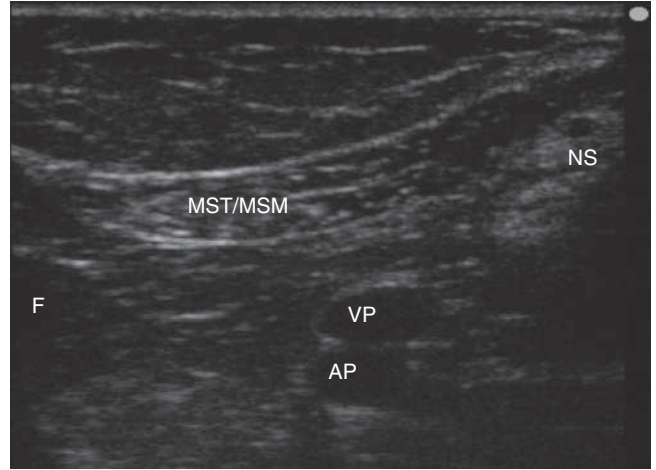


Figure 20.25. Vue échographique lors de la réalisation d'un bloc sciatique poplitée (patient en décubitus dorsal). Vue échographique transverse en utilisant un système SonoSite avec une sonde linéaire de 6–13 MHz. F : fémur ; AP : artère poplitée ; VP : veine poplitée ; NS : nerf sciatique ; MST/MSM : muscles semi-tendineux et semi-membraneux.

type Tuohy est nécessaire, car elle permet facilement le passage du cathéter. L'extrémité de l'aiguille est positionnée au niveau du creux poplitée, puis un cathéter est introduit à travers l'aiguille de façon à le placer à proximité du nerf sciatique. La position de l'extrémité peut être confirmée, soit en injectant du soluté glucosé qui n'interfère pas avec la conduction du courant électrique, soit en injectant 1 à 2 ml d'air apparaissant comme un flash clair à l'échographie. Trois à quatre centimètres de cathéter sont laissés en place au niveau du creux poplitée, le cathéter est ensuite fixé avec un pansement occlusif transparent.

Afin d'obtenir une anesthésie complète du pied, il est nécessaire d'adjoindre un bloc fémoral à l'une des approches du bloc sciatique. Le nerf saphène peut être bloqué au niveau de la face interne du genou en infiltrant 5 à 10 ml d'anesthésique local. Chez le patient

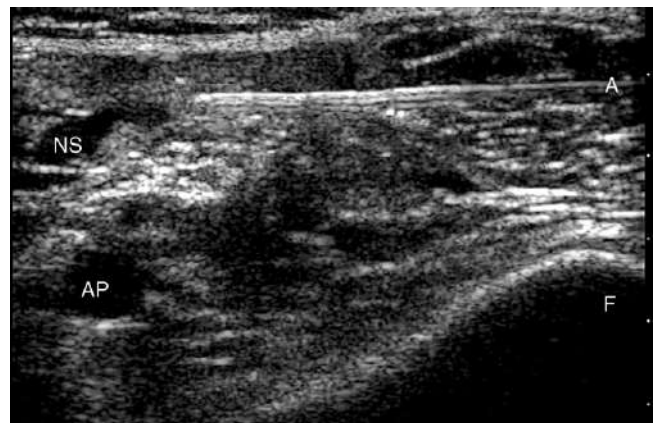


Figure 20.26. Vue du creux poplitée avec une sonde linéaire haute fréquence (patient en décubitus dorsal) après administration de 20 ml d'une solution d'anesthésique local. A : aiguille ; F : fémur ; AP : artère poplitée ; NS : nerf sciatique.



Figure 20.27. Vue globale de la réalisation d'un bloc sciatique par voie poplitée avec un patient en décubitus dorsal et la sonde d'échographie au niveau du creux poplité.

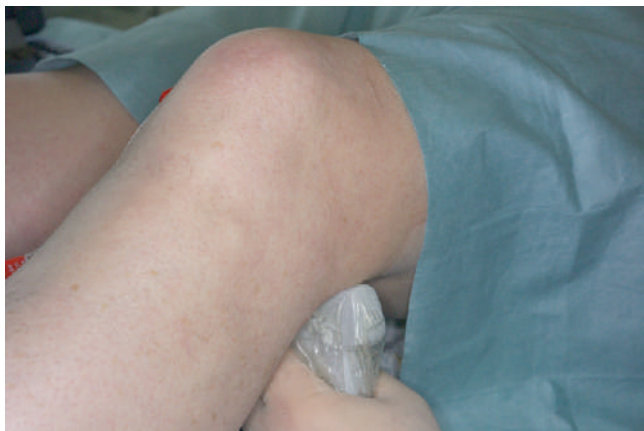


Figure 20.28. La sonde d'échographie est positionnée au niveau du creux poplité avec une orientation transverse.

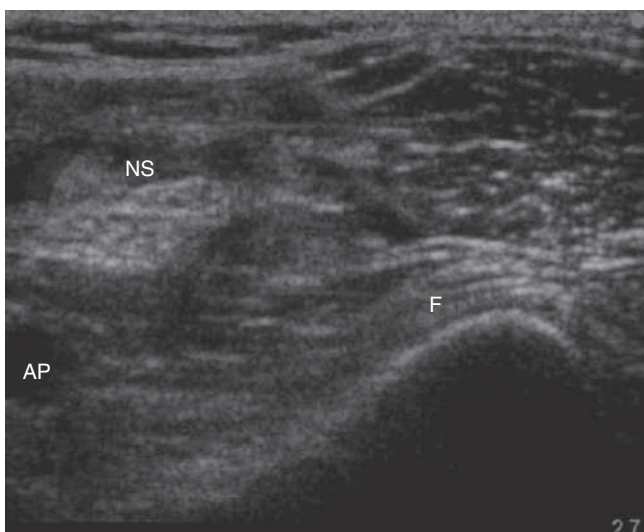


Figure 20.29. Vue échographique lors de la réalisation d'un bloc sciatique poplitée avec un patient en décubitus dorsal et une sonde échographique au niveau du creux poplité. Cette image est la même que l'image transverse obtenue avec un patient en décubitus ventral. F : fémur ; AP : artère poplitée ; NS : nerf sciatique.

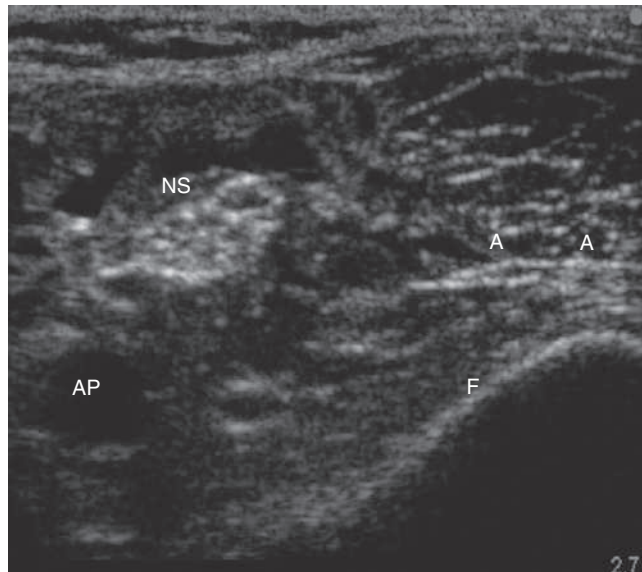


Figure 20.30. Insertion de l'aiguille lors de la réalisation d'un bloc sciatique poplitée avec un patient en décubitus dorsal et une sonde échographique au niveau du creux poplité. L'insertion de l'aiguille est différente de celle réalisée lorsque le patient est en décubitus ventral, car elle se fait sur la face latérale du membre inférieur. F : fémur ; A : aiguille ; AP : artère poplitée ; NS : nerf sciatique.

obèse, l'anesthésique local est injecté en éventail de façon à couvrir toutes les couches tissulaires. L'échographie peut être utilisée pour guider l'injection de l'anesthésique local autour de la veine saphène, étant donné que le nerf saphène repose à proximité de la veine. La veine saphène repose habituellement à quatre travers de doigt (ceux du patient) en dessous de la face médiale de la rotule. Si la veine n'est pas identifiée, alors l'anesthésique local est injecté entre les fascias superficiels et profonds. Un cathéter pour perfusion intraveineuse de 20 gauges de 50 mm de long peut être laissé en place à ce niveau pour l'analgésie postopératoire si l'incision chirurgicale se trouve dans le territoire d'innervation du nerf saphène (figure 20.31). De façon alternative, le nerf fémoral peut être bloqué si un garrot de cuisse doit être utilisé ou si une prise de greffe cutanée au niveau de la cuisse doit être réalisée.

Pratique basée sur les preuves

Lors d'une étude prospective réalisée par Chan et al. [1], 15 volontaires ont bénéficié de l'exploration du nerf sciatique dans les régions glutéale, sous-glutéale et proximale de la cuisse, avec un opérateur utilisant une sonde échographique convexe de 2 à 5 MHz. Le nerf sciatique était identifié avec succès par une vue transverse dans chacune des trois régions explorées. Le nerf ciblé était visualisé facilement dans 87 % des cas et localisé en moins de deux ponctions chez tous les patients. Gray et al. [2] ont rapporté l'utilisation du guidage échographique lors de la réalisation d'un bloc sciatique dans la région glutéale chez un enfant et Van Geffen et Gielen [3] ont rapporté une série de blocs sciatiques échoguidés sous-glutéaux



■ **Figure 20.31.** Cathéter pour perfusion intraveineuse de 20 gauges positionné à proximité du nerf saphène pour l'analgésie postopératoire.

chez l'enfant ($n = 10$). À ce jour, des études similaires chez l'adulte n'ont pas été publiées.

Schwemmer et al. [4] ont démontré que la bifurcation du nerf sciatique chez l'enfant peut être identifiée par échographie. Sinha et Chan [5] ont démontré, chez des adultes volontaires, que la bifurcation du nerf sciatique peut être identifiée au niveau du creux poplité. En utilisant l'imagerie par résonance magnétique (IRM) comme technique de référence, Sites et al. [6] ont démontré que l'échographie pouvait localiser précisément le nerf sciatique au niveau du creux poplité ($n = 10$). Dans une étude chez 12 patients, Sandhu et Capan [7] ont démontré que le nerf sciatique pouvait être visualisé et bloqué au niveau du creux poplité en utilisant l'échographie et sans utilisation d'un neurostimulateur.

RÉFÉRENCES

1. Chan VW, Nova H, Abbas S, et al : Ultrasound examination and localization of the sciatic nerve : A volunteer study. *Anesthesiology* 104 : 309-314, 2006.
2. Gray AT, Collins AB, Schaffhalter-Zoppoth I : Sciatic nerve block in a child : A sonographic approach. *Anesth Analg* 97 : 1300-1302, 2003.
3. van Geffen GJ, Gielen M : Ultrasound-guided subgluteal sciatic nerve blocks with stimulating catheters in children : A descriptive study. *Anesth Analg* 103 : 328-333, 2006.
4. Schwemmer U, Markus CK, Greim CA, et al : Sonographic imaging of the sciatic nerve and its division in the popliteal fossa in children. *Paediatr Anaesth* 14 : 1005-1008, 2004.
5. Sinha A, Chan VW : Ultrasound imaging for popliteal sciatic nerve block. *Reg Anesth Pain Med* 29 : 130-134, 2004.
6. Sites BD, Gallagher JD, Tomek I, et al : The use of magnetic resonance imaging to evaluate the accuracy of a handheld ultrasound machine in localizing the sciatic nerve in the popliteal fossa. *Reg Anesth Pain Med* 29 : 413-416, 2004.
7. Sandhu NS, Capan LM : Ultrasound guided popliteal fossa block, In *Proceedings of 75th Annual IARS Congress*, p. 342, March 2001.
8. Sandu NS, Singh J, Capan LM : Ultrasound guided sciatic nerve block in popliteal fossa ; a combined and retrospective study of 100 patients, *Proceedings of ASRA Annual Meeting, Vancouver, Canada, A : 99*, April 2007.

POINTS CLÉS

- Le bloc du nerf sciatique, en combinaison avec le bloc du nerf fémoral, procure une anesthésie complète du membre inférieur.
- Avec les techniques échographiques, plusieurs positionnements du patient sont possibles.
- Avec l'échographie, il est possible d'apprécier les variations anatomiques du nerf sciatique (par exemple les divisions des branches terminales) et de les utiliser à son avantage.
- Les études réalisées chez le volontaire suggèrent que les blocs du nerf sciatique par voie glutéale et sous-glutéale sont faisables avec des appareils d'échographie portables.
- Si le nerf sciatique ne peut être identifié dans la région glutéale ou sous-glutéale, alors la visualisation échographique des repères anatomiques (par exemple le grand trochanter et le muscle grand fessier) peut faciliter la réalisation du bloc nerveux.
- L'anatomie échographique pour une approche antérieure du bloc sciatique a été décrite.
- Il a été décrit plusieurs approches pour le bloc sciatique échoguidé par voie poplitée.
- Afin de déterminer si les blocs sciatiques échoguidés sont mieux que ceux réalisés conventionnellement par neurostimulation ou par recherche de paresthésies, de futures études randomisées et contrôlées sont nécessaires.

Au moment de la rédaction de ce texte, aucune série importante de cas clinique n'a été publiée. J'ai utilisé avec succès les blocs sciatiques poplités échoguidés comme seule technique d'anesthésie dans plus d'une centaine d'interventions chirurgicales situées sous le genou [8].

21

Blocs du tronc échoguidés

BRIAN D. O'DONNELL, DOMINIC HARMON, HENRY P. FRIZELLE

Pour les besoins du chapitre, le thorax et l'abdomen sont traités séparément. La partie thoracique est concentrée sur les blocs intercostaux et paravertébraux alors que le chapitre abdominal est consacré au bloc ilio-inguinal/ilio-hypo-gastrique, au bloc de la gaine des grands droits et au bloc du plan du muscle transverse de l'abdomen ou « TAP bloc » récemment décrit.

Anatomie d'ensemble

- Le tronc se compose du thorax et de l'abdomen.
- L'innervation du thorax provient du rameau antérieur de T1 à T6.
- L'innervation de la paroi abdominale provient du rameau antérieur de T6 à L1.
- Les nerfs sensitifs se divisent au niveau de la ligne axillaire moyenne.
- Les repères anatomiques cutanés importants sont les suivants [1] (figure 21.1) :
 - articulation manubriosternale : T2 ;
 - ligne mamelonnaire : T4 ;
 - appendice xiphoïde : T6 ;
 - ombilic : T10 ;
 - symphyse pubienne : T12.

Anatomie des nerfs intercostaux et sous-costaux

L'innervation sensitive du tronc de la ligne axillaire postérieure à la ligne médiane est issue du rameau ventral de T1 à L1 [1,2]. À l'exception de T12 (le nerf sous-costal) et de L1, les nerfs intercostaux (T1-T11) partagent certains points communs utiles à l'anesthésiste souhaitant localiser et bloquer ces nerfs.

Tout d'abord, les nerfs intercostaux sont issus du rameau ventral de leur racine nerveuse respective. Ils cheminent ensuite antérieurement, le long de la gouttière costale de leur côte respective, et reposent entre le muscle intercostal interne et le muscle intercostal intime. Au sein de la gouttière costale, la veine intercostale repose au-dessus de l'artère intercostale, reposant elle-même au-dessus du nerf intercostal (figure 21.2). Le nerf intercostal est à l'origine d'une branche sensitive au niveau de la ligne axillaire moyenne qui procure une innervation variable de la ligne axillaire postérieure vers l'avant. Le nerf continue alors son trajet vers l'avant en tant que branche cutanée antérieure. Les branches

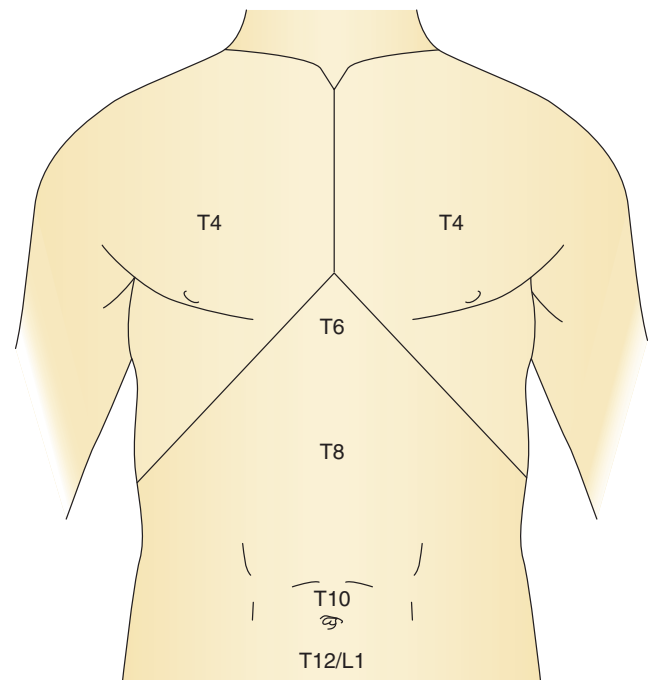


Figure 21.1. Dermatomes et structures anatomiques de surface correspondantes.

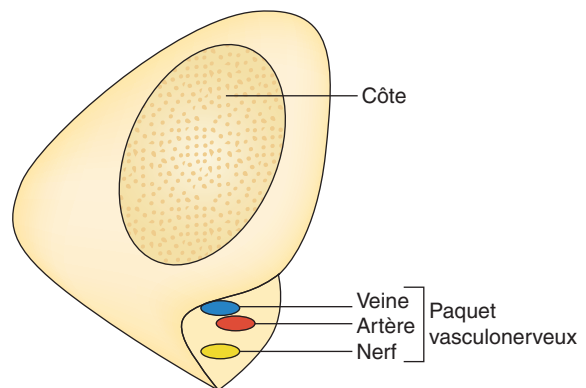


Figure 21.2. Illustration de la gouttière costale montrant le paquet vasculonerveux intercostal avec la veine reposant au-dessus et le nerf en dessous.

cutanées antérieures de T6 à T11 entrent dans le plan du muscle transverse de l'abdomen et innervent la peau, les muscles et le péritoine pariétal au niveau abdominal (figure 21.3).

Le nerf sous-costal (T12) est aussi issu du rameau ventral de sa racine nerveuse respective. Il entre dans le plan entre le muscle oblique interne et le muscle transverse de l'abdomen et est à l'origine d'une branche cutanée latérale au niveau de la ligne axillaire moyenne. La branche cutanée latérale du nerf sous-costal croise la crête iliaque de 2 à 5 cm en arrière de l'épine iliaque antérosupérieure et elle est facilement lésée au cours de plusieurs types de chirurgie [3,4]. Le nerf sous-costal rejoint le nerf en provenance de L1 au niveau du plan du muscle transverse de l'abdomen pour former les nerfs ilio-inguinaux et ilio-hypo-gastriques. Des études in vivo et sur cadavre ont révélé de grandes variations quant à l'origine et à la localisation de ces nerfs ; de fait, une description anatomique générique de ces structures serait erronée [5,6]. Cette variation au niveau anatomique explique les taux d'échec pouvant atteindre 25 % des tentatives de bloc ilio-inguinaux et ilio-hypo-gastriques réalisées par voie classique [7].

Bloc du nerf intercostal

Les blocs du nerf intercostal ont été utilisés afin d'obtenir une analgésie au décours de nombre de chirurgies telles que les thoracotomies et de traumatismes tels que les fractures de côtes. La proximité de la plèvre et des vaisseaux intercostaux par rapport au nerf intercostal est une préoccupation particulière et la source de la

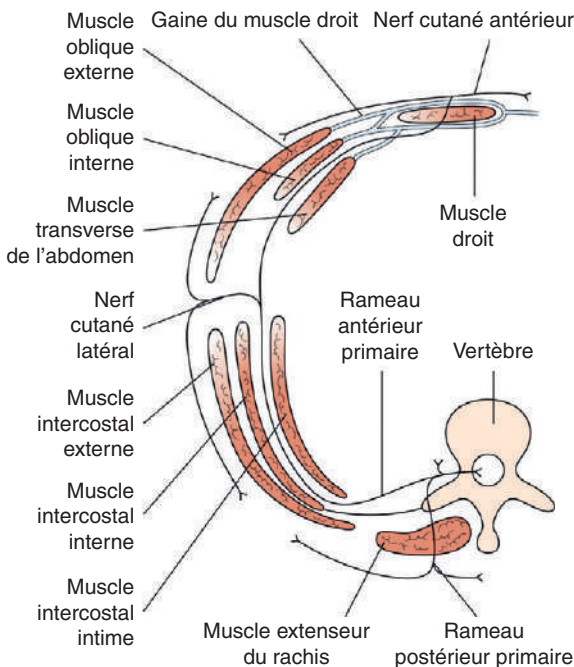


Figure 21.3. Le nerf sensitivomoteur chemine antérieurement entre les muscles oblique interne et transverse de l'abdomen comme indiqué ici, donnant une branche au niveau de la ligne axillaire moyenne. D'après Barrett J, Harmon D, Loughnane F, et al. *Peripheral nerve blocks and peri-operative pain relief*. Londres : Elsevier ; 2004.

plupart des complications. L'échographie pourrait améliorer la sécurité de réalisation des blocs nerveux intercostaux.

Anatomie échographique

Il n'existe, dans la littérature, qu'une seule description de bloc du nerf intercostal échoguidé [8]. Eichenberger et al. [8] ont fait état d'une mauvaise visibilité du nerf intercostal en raison de sa proximité avec la gouttière osseuse dans laquelle il repose. La connaissance de l'anatomie correspondante permet à l'opérateur de sélectionner l'endroit adéquat pour réaliser le bloc. L'introduction de l'aiguille peut être visualisée et guidée tandis que la diffusion de l'anesthésique local à proximité de la localisation anatomique du nerf intercostal peut faciliter le blocage du nerf intercostal.

La paroi thoracique est au mieux visualisée dans le plan vertical. En utilisant une sonde linéaire de 6 à 13 MHz (MicroMaxx[®], SonoSite, Bothell, États-Unis), l'espace intercostal est visualisé (figure 21.4). Les côtes apparaissent comme des structures ovales sombres avec une surface claire (périoste). À l'échographie, une ombre se prolonge profondément en dessous de la côte, illustrant le phénomène de cône d'ombre. Le phénomène de cône d'ombre correspond à une zone sans écho se trouvant en arrière d'une structure à forte absorption ou à forte réflectivité telle que l'os, les calculs ou une prothèse métallique. La plèvre et les poumons sont visualisés en profondeur par rapport à l'espace intercostal entre les cônes d'ombre.

Technique

Un accès intraveineux ainsi qu'un monitoring par électrocardiographie, oxymétrie de pouls et pression artérielle non invasive sont mis en place. Le plateau d'anesthésie locorégionale est préparé comme indiqué précédemment. L'échographe et le plateau d'anesthésie locorégionale doivent être positionnés de façon à permettre à l'opérateur d'effectuer un balayage échographique tout en se servant

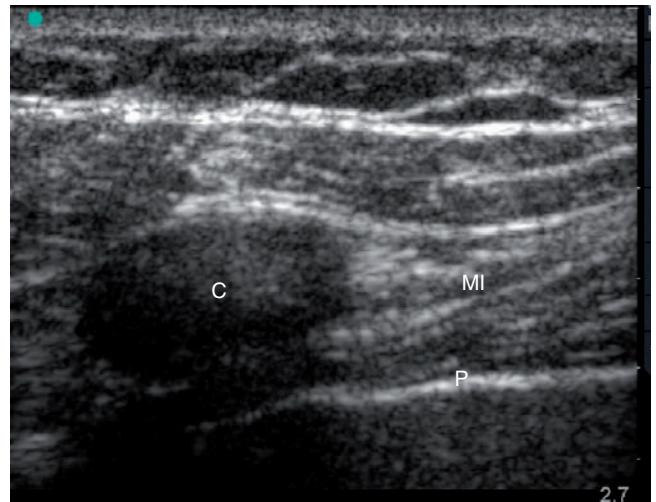


Figure 21.4. Apparence échographique de l'espace intercostal. C : côte ; MI : muscle intercostal ; P : plèvre.

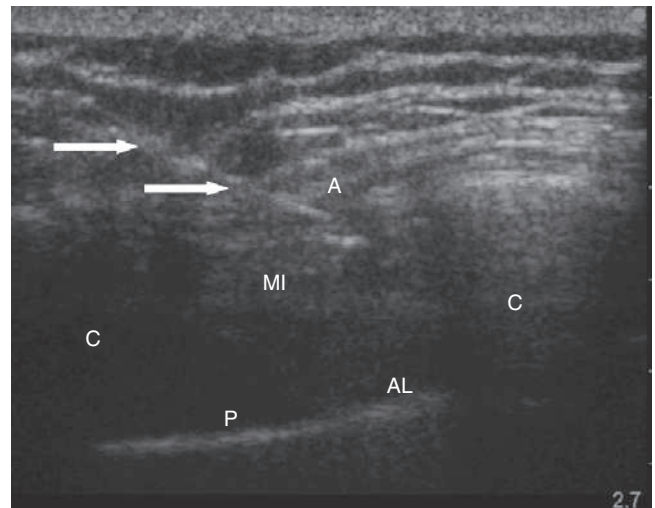
dans le plateau d'anesthésie locorégionale avec un minimum de mouvements. Cette disposition demande de l'anticipation, mais la démarche en vaut la peine, car elle facilite le geste et augmente les chances de succès. Le patient est placé en décubitus latéral avec le côté à bloquer au-dessus. L'opérateur se tient derrière le patient. Les espaces intercostaux ou l'espace intercostal en question sont palpés et marqués au crayon dermatographique au niveau du bord latéral des muscles paravertébraux. Ce repère cutané correspond à l'angle postérieur des côtes. La réalisation d'un bloc à ce niveau permet de s'assurer que la branche cutanée latérale est bloquée. La peau est désinfectée avec une solution antiseptique et des champs stériles sont apposés. La sonde d'échographie est introduite dans une housse stérile (CIVCO Medical Instruments, Kalona, États-Unis) avec du gel échographique (Aquasonic®, Parker Laboratories, Fairfield, États-Unis). Une couche de gel est appliquée entre la housse stérile et la peau. La partie latérale de la paroi thoracique est balayée au moyen d'une sonde linéaire de 6 à 13 MHz (MicroMaxx®, SonoSite). L'écran de l'appareil d'échographie doit correspondre à la région explorée, c'est-à-dire que la droite de l'écran correspond à la droite de l'opérateur. Les réglages de l'appareil, tels que le gain et la profondeur, sont optimisés. L'espace intercostal est généralement retrouvé à une profondeur de 2 à 3 cm par rapport à la peau. Une vue coronale de la paroi thoracique est obtenue et les côtes, plèvre et poumons sont identifiés (figure 21.5). La côte supérieure est placée au centre de l'écran. Le point d'insertion de l'aiguille se trouve au niveau du bord caudal de la sonde échographique. Une aiguille de 23 gauges est avancée sous guidage échographique en temps réel et de l'anesthésique local est déposé le long du trajet d'insertion de l'aiguille. Il est préférable de ne pas utiliser de guide pour l'insertion de l'aiguille. Une aiguille de 21 gauges d'anesthésie locorégionale de 50 mm de long (Pajunk, Geisingen, Allemagne, ou B. Braun, Bethlehem, États-Unis) est insérée dans le plan des ultrasons (figure 21.6). L'aiguille est reliée à un système associant un prolongateur stérile connecté à une seringue de 20 ml, ceux-ci ayant été purgés avec une solution d'anesthésique local afin de supprimer toutes les bulles d'air. L'aiguille est alors introduite au niveau de la partie caudale de la sonde et visualisée à l'écran lors de son cheminement en direction de l'espace intercostal. Il est



■ **Figure 21.5.** Vue globale de la réalisation d'un bloc nerveux intercostal.



■ **Figure 21.6.** Positionnement de l'aiguille et de la sonde lors de la réalisation d'un bloc du nerf intercostal échoguidé. Noter l'orientation de l'aiguille dans le même plan que celui des ultrasons.



■ **Figure 21.7.** Visualisation en temps réel de l'introduction de l'aiguille lors de la réalisation du bloc du nerf intercostal. Noter le corps de l'aiguille indiqué par les flèches et la position de l'extrémité de l'aiguille (A) avec l'anesthésique local injecté dans l'espace intercostal. C : côte ; AL : anesthésique local ; MI : muscle intercostal ; P : plèvre.

important de ne pas avancer l'aiguille en l'absence d'une bonne visualisation de celle-ci. Cela peut nécessiter une mobilisation de l'aiguille ou de la sonde. L'aiguille est avancée en direction du bord inférieur de la côte (figure 21.7). Au contact de la côte, l'aiguille est redirigée vers le bas de façon à passer à moins de 0,5 cm en dessous du bord inférieur de la côte. Après un test d'aspiration négatif, 2 à 5 ml d'anesthésique local sont injectés et visualisés lors du comblement de l'espace intercostal.

Pratique basée sur les preuves

Il n'y a aucune donnée publiée quant à la réalisation de bloc intercostal échoguidé. L'utilisation de l'échographie pourrait aider l'anesthésiste à diminuer l'incidence des complications, telles que le pneumothorax ou les ponctions vasculaires. L'échographie pourrait aussi

permettre de diminuer le volume d'anesthésique local nécessaire au succès du bloc, comme c'est le cas pour le bloc du nerf fémoral [9], minimisant ainsi le risque de toxicité systémique. Ces théories restent à étudier.

POINTS CLÉS

- Plan de balayage échographique à 90° par rapport aux côtes.
- Mauvaise visualisation des nerfs intercostaux.
- Le nerf intercostal repose juste en dessous du bord inférieur de la côte.
- Réalisation du bloc en arrière de l'angle costal de façon à s'assurer du bloc de la branche cutanée latérale.
- Bloc inconfortable pour le patient ; une sédation est bénéfique, particulièrement lorsque plusieurs niveaux doivent être bloqués.
- Fortes concentrations sériques d'anesthésique local retrouvées après bloc intercostal ; utilisation de 3 à 5 ml de solution par niveau de façon à diminuer la toxicité systémique.
- Survenue de pneumothorax dans approximativement 1 % des blocs non échoguidés ; aucune étude disponible sur le potentiel du guidage échographique pour diminuer ce risque.
- Lésion possible des vaisseaux intercostaux lors de la réalisation de cette technique ; aucune étude disponible sur le potentiel du guidage échographique pour diminuer ce risque.
- La cryoablation échoguidée du nerf intercostal a été décrite [10].

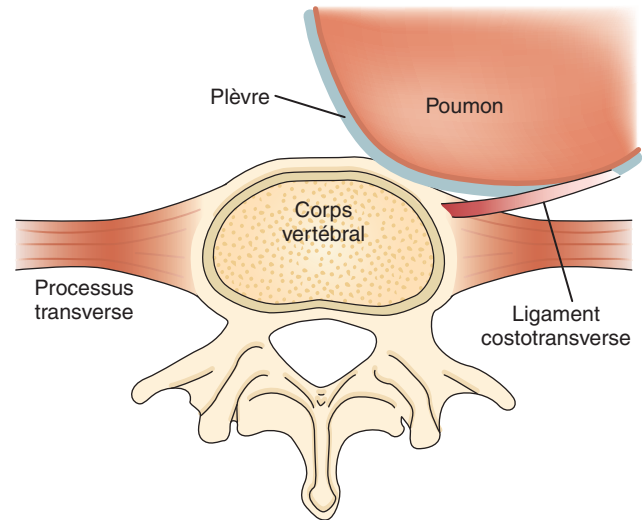


Figure 21.8. Illustration des limites et du contenu de l'espace paravertébral.

par rapport aux processus transverses et les distances des processus transverses à la plèvre ont été décrites [12]. Pusch et al. [13] ont décrit l'utilisation de l'échographie afin d'évaluer la profondeur de l'espace paravertébral, mais ne sont pas allés jusqu'à réaliser le bloc sous échographie. L'apparence échographique de l'espace paravertébral est illustrée sur la figure 21.9. Le corps vertébral, le processus transverse et la plèvre peuvent clairement être identifiés. L'espace paravertébral se situe de 1 à 1,5 cm en profondeur du processus transverse. L'espace ne peut pas être apprécié correctement à l'échographie en raison du phénomène de cône d'ombre précédemment décrit dans ce chapitre.

Bloc paravertébral thoracique

Le bloc paravertébral thoracique a été utilisé afin de procurer une analgésie postopératoire après différents types de procédure, allant de la chirurgie de surface (comme la chirurgie du sein) à la chirurgie thoracique lourde telle que les lobectomies ou les pneumonectomies. En ce qui concerne la chirurgie thoracique lourde, le bloc paravertébral thoracique est équivalent à l'analgésie péridurale thoracique [11]. L'espace paravertébral thoracique facilite la mise en place d'un cathéter permettant d'obtenir une analgésie postopératoire prolongée.

Anatomie échographique

L'espace paravertébral est une zone cunéiforme de chaque côté de la colonne vertébrale limitée en avant par la plèvre pariétale, en arrière par le ligament costotransverse postérieur et latéralement par la membrane intercostale postérieure [2] (figure 21.8). Le contenu de l'espace paravertébral inclut le nerf et les vaisseaux intercostaux, le rameau dorsal, la chaîne sympathique et des tissus graisseux. Il s'agit d'un espace continu avec l'espace péridural plus interne, ce qui peut expliquer les phénomènes de bloc sensitif controlatéraux parfois observés. L'anatomie échographique de l'espace paravertébral n'a pas été décrite dans la littérature. Les distances

Technique

Un accès intraveineux ainsi qu'un monitoring par électrocardiographie, oxymétrie de pouls et pression artérielle non invasive sont mis en place. Le plateau d'anesthésie locorégionale est préparé comme indiqué précédemment. L'échographe et le plateau d'anesthésie locorégionale doivent être positionnés de façon à permettre à l'opérateur d'effectuer un balayage échographique tout en se servant dans le plateau d'anesthésie locorégionale avec un minimum de mouvements. Cette disposition demande de l'anticipation, mais la démarche en vaut la peine, car elle facilite la procédure et augmente les chances de succès. Le patient est placé en décubitus latéral avec le côté à bloquer au-dessus. L'opérateur se tient du côté devant être bloqué avec le patient en position assise (figure 21.10). Les processus épineux en rapport avec le bloc sont palpés puis marqués au crayon dermatographique. Une ligne est tracée latéralement à 2,5 cm des processus épineux. Le point de ponction se situe latéralement, à 2,5 cm des processus épineux en rapport avec le bloc. La peau est désinfectée avec une solution antiseptique et des champs stériles sont apposés. La sonde d'échographie est introduite dans une housse stérile (CIVCO Medical Instruments) avec du gel échographique (Aquasonic®, Parker Laboratories). Une couche de gel est appliquée

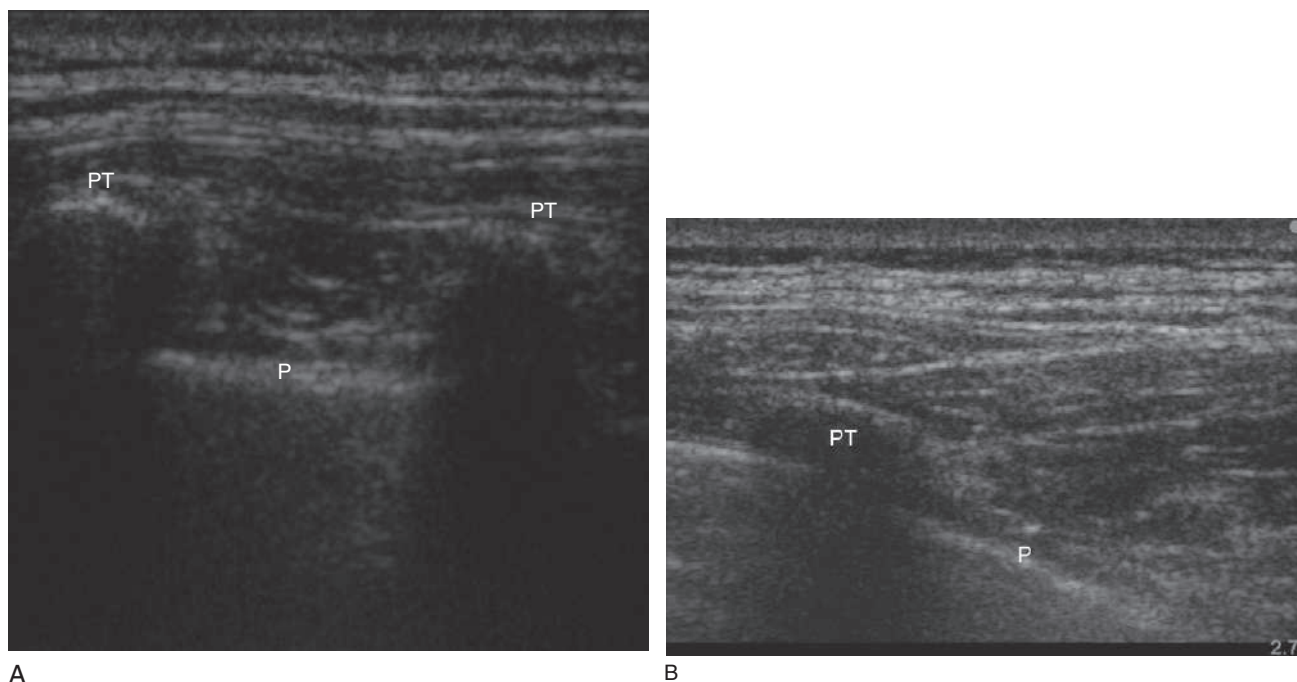


Figure 21.9. Apparence échographique de l'espace paravertébral. **A.** Vue sagittale paramédiane (orientation verticale de la sonde). **B.** Vue axiale (orientation transverse de la sonde). PT : processus transverse ; P : plèvre.

entre la housse stérile et la peau. La partie postérieure de la paroi thoracique est balayée au moyen d'une sonde linéaire de 6 à 13 MHz (MicroMaxx[®], SonoSite). L'écran de l'appareil d'échographie doit correspondre à la région explorée, c'est-à-dire que la droite de l'écran correspond à la droite de l'opérateur. Les réglages de l'appareil, tels que le gain et la profondeur, sont optimisés. Les processus transverses sont généralement retrouvés à une profondeur de 2 à 3 cm par rapport à la peau [12]. Une vue sagittale de la paroi thoracique postérieure est obtenue et les processus transverses, la plèvre et les poumons sont identifiés (figure 21.9A). Le processus transverse en rapport avec le bloc est maintenu au centre de l'écran. La sonde d'échographie est alors tournée de 90° et une vue axiale est obtenue (figure 21.9B). Le point de ponction se situe à la face

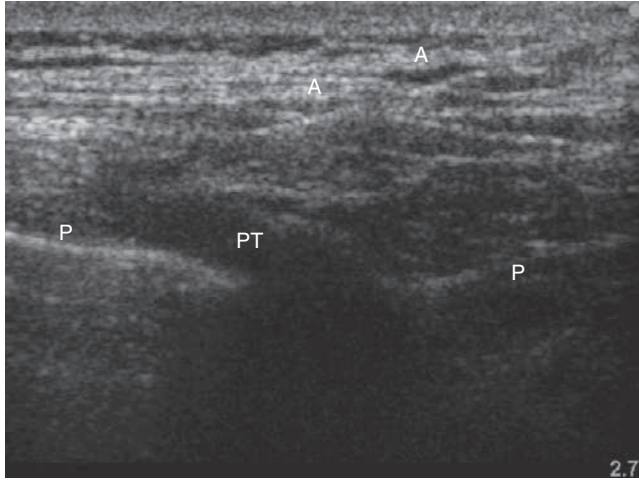
médiale de la sonde d'échographie (figure 21.11). Une aiguille de 23 gauges est avancée sous guidage échographique en temps réel et de l'anesthésique local est déposé le long du trajet d'insertion de l'aiguille. Il est préférable de ne pas utiliser de guide pour l'insertion de l'aiguille. Une aiguille de 18 gauges de type Tuohy est avancée en direction du centre du processus transverse. Au contact du processus transverse, l'aiguille est redirigée en direction céphalique de façon à ne pas passer à plus de 1,5 cm au-dessus du bord supérieur du processus transverse. Après un test d'aspiration négatif, 10 ml d'une solution d'anesthésique local sont injectés et le remplissage de l'espace paravertébral est visualisé (figure 21.12). Un cathéter peut alors être mis en place à travers l'aiguille de Tuohy et secondairement fixé.



Figure 21.10. Vue globale de la réalisation d'un bloc paravertébral.



Figure 21.11. Position de la sonde et de l'aiguille lors de la réalisation d'un bloc paravertébral échoguidé.



■ **Figure 21.12.** Apparence échographique de l'injectat d'anesthésique local lors de la réalisation d'un bloc paravertébral échoguidé. A : aiguille ; P : plèvre ; PT : processus transverse.

Pratique basée sur les preuves

Il n'y a aucune donnée publiée quant à la réalisation de bloc paravertébral échoguidé. L'utilisation de l'échographie pourrait aider l'anesthésiste à diminuer l'incidence des complications telles que le pneumothorax. Cela reste encore à étudier.

POINTS CLÉS

- Excellente analgésie obtenue avec une diffusion au rameau ventral et dorsal.
- Un cathéter peut être laissé in situ en vue d'obtenir une analgésie prolongée.
- Analgésie équivalente à celle de la péridurale thoracique dans le cadre de la chirurgie thoracique lourde avec effets secondaires moindres.
- Diffusion controlatérale possible par l'espace péridural.
- Risque de pneumothorax rapporté de moins de 0,5 % [2].
- Aucune étude disponible sur le bénéfice du guidage échographique quant à l'amélioration de la qualité ou de la sécurité de réalisation du bloc paravertébral.

Bloc ilio-inguinal et ilio-hypo-gastrique

Les blocs ilio-inguinaux et ilio-hypo-gastriques sont des moyens répandus de procurer une analgésie postopératoire de la région inguinale. Malgré la relative facilité de réalisation de ce bloc, des taux d'échec pouvant atteindre 25 % ont été rapportés [7]. L'utilisation de l'échographie pour la réalisation des blocs ilio-inguinaux et ilio-hypo-gastriques pourrait améliorer la qualité et le taux de succès de cette technique d'analgésie extrêmement utile.

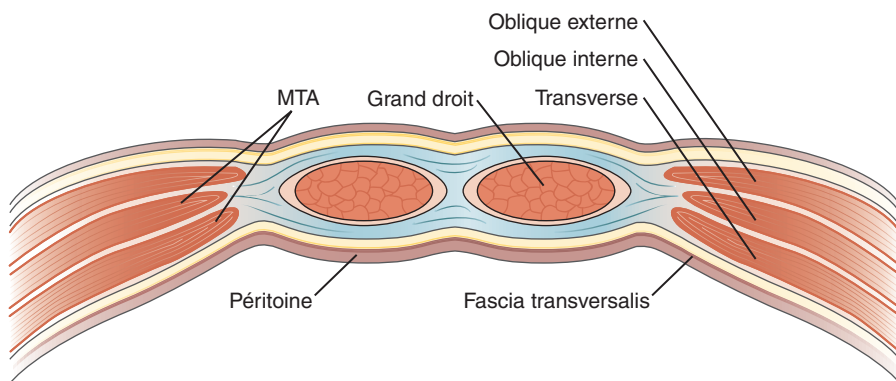
Anatomie échographique

Les nerfs ilio-inguinaux et ilio-hypo-gastriques reposent entre le muscle oblique interne et le muscle transverse de l'abdomen de façon interne par rapport à l'épine iliaque antérosupérieure (figure 21.13). Les nerfs apparaissent comme des structures fasciculaires hypo-échogènes au contour hyperéchogène, prises en sandwich entre les deux couches musculaires (figure 21.14). Les nerfs sont visualisés en plaçant la sonde échographique interne par rapport à l'épine iliaque antérosupérieure, dans une orientation axiale oblique (figure 21.15).

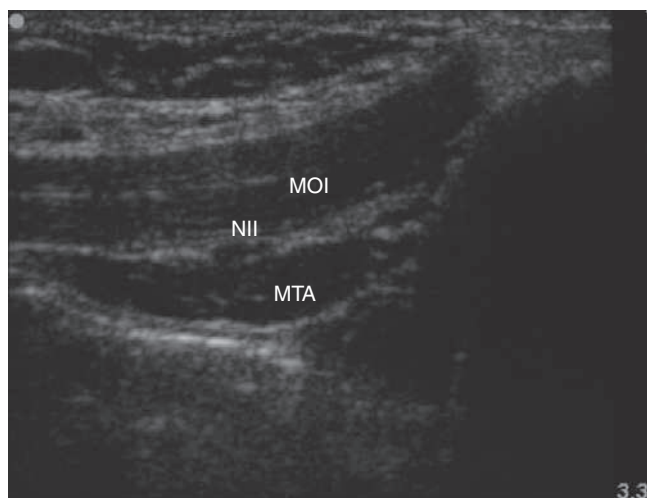
Technique

Les nerfs ilio-inguinaux et ilio-hypo-gastriques sont généralement bloqués après l'induction de l'anesthésie générale. Cette technique peut être réalisée chez le patient conscient. Un accès intraveineux ainsi qu'un monitoring par électrocardiographie, oxymétrie de pouls et pression artérielle non invasive sont mis en place. Le plateau d'anesthésie locorégionale est préparé comme indiqué précédemment. L'échographe et le plateau d'anesthésie locorégionale doivent être positionnés de façon à permettre à l'opérateur d'effectuer un balayage échographique tout en se servant dans le plateau d'anesthésie locorégionale avec un minimum de mouvements. Cette disposition demande de l'anticipation, mais cette manœuvre en vaut la peine, car elle facilite le geste et augmente les chances de succès. L'opérateur se tient du côté devant être bloqué avec le patient en décubitus dorsal. L'épine iliaque antérosupérieure et le ligament inguinal sont palpés et marqués au crayon dermatographique. La peau est désinfectée avec une solution antiseptique et des champs stériles sont apposés. La sonde d'échographie est introduite dans une housse stérile (CIVCO Medical Instruments) avec du gel échographique (Aquasonic®, Parker Laboratories). Une couche de gel est appliquée entre la housse stérile et la peau. La paroi abdominale est balayée au moyen d'une sonde linéaire de 6 à 13 MHz (MicroMaxx®, SonoSite). L'écran de l'appareil d'échographie doit correspondre à la région explorée, c'est-à-dire que la droite de l'écran correspond à la droite du champ d'investigation. Les réglages de l'appareil, tels que le gain et la profondeur, sont optimisés.

À ce niveau, la vue de la paroi abdominale révèle les muscles oblique interne et transverse de l'abdomen avec le péritoine et les intestins en profondeur (figure 21.14). Les nerfs sont maintenus au centre de l'écran et le point de ponction se trouve au bord interne de la sonde linéaire (figure 21.16). Une aiguille de 23 gauges est avancée sous guidage échographique en temps réel et de l'anesthésique local est déposé le long du trajet d'insertion de l'aiguille. Il est préférable de ne pas utiliser de guide pour l'insertion de l'aiguille. Une aiguille de 21 gauges d'anesthésie locorégionale de 50 mm de long (Pajunk ou B. Braun) est insérée dans le plan des ultrasons. L'aiguille est reliée à un système associant un prolongateur stérile connecté à une seringue de 20 ml, ceux-ci ayant été purgés avec une solution d'anesthésique local afin de supprimer toutes les bulles d'air. L'aiguille est alors introduite au niveau du bord latéral de la sonde et visualisée au cours de son cheminement



■ **Figure 21.13.** Illustration des nerfs et des muscles de la paroi abdominale antérieure. MTA : plan du muscle transverse de l'abdomen.



■ **Figure 21.14.** Apparence échographique du nerf ilio-inguinal. NII : nerf ilio-inguinal ; MOI : muscle oblique interne ; MTA : muscle transverse de l'abdomen.



■ **Figure 21.16.** Position de la sonde et de l'aiguille lors de la réalisation d'un bloc ilio-inguinal échoguidé. Noter l'orientation de l'aiguille dans le même plan que celui des ultrasons.



■ **Figure 21.15.** Vue globale de la réalisation d'un bloc ilio-inguinal.

en direction du nerf ilio-inguinal. Il est important de ne pas avancer l'aiguille en l'absence d'une bonne visualisation de celle-ci. Cela peut nécessiter un repositionnement de l'aiguille ou de la sonde. Une fois l'aiguille adjacente au nerf ilio-inguinal, 3 à 5 ml d'une solution d'anesthésique local sont injectés et la diffusion autour du nerf est

observée (figure 21.17). La procédure est répétée pour le nerf ilio-hypo-gastrique.

Pratique basée sur les preuves

Comme cela a été mentionné, l'utilisation des blocs ilio-inguinaux et ilio-hypo-gastriques est répandue. Cependant, malgré une expérience clinique considérable à travers le monde, des taux d'échec allant de 10 à 25 % ont été rapportés [7]. Willschke et al. [17] ont fait état de l'utilisation, avec succès, de l'échographie pour la localisation des nerfs ilio-inguinaux et ilio-hypo-gastriques. Dans leur étude, ils rapportaient un taux de succès plus important avec échoguidage par rapport à la technique basée sur les repères cutanés. Quatre pour cent des patients dans le groupe échographie ont dû bénéficier d'une analgésie de complément peropératoire comparée à 26 % dans le groupe « repères cutanés ». Ils font aussi état d'une diminution significative du volume de la solution d'anesthésique local utilisée dans le groupe échographie. De ce fait, il semble que le guidage échographique améliore la qualité et le taux de succès des blocs ilio-inguinaux et ilio-hypo-gastriques par rapport à l'utilisation de la technique basée sur des repères cutanés. La question de la sécurité est aussi indirectement traitée, étant donné que la dose plus faible d'anesthésique local utilisée dans le groupe « échographie » suggérerait que le risque de toxicité systémique

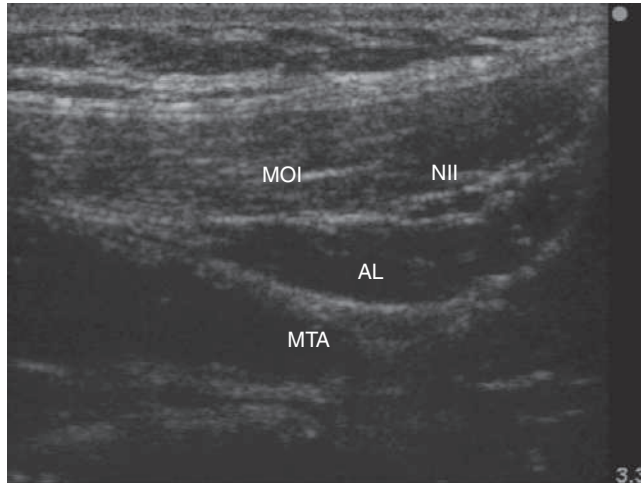


Figure 21.17. Vue échographique transverse médiale par rapport à l'épine iliaque antérosupérieure montrant la diffusion circconférentielle et symétrique de l'anesthésique local en utilisant un système SonoSite avec une sonde linéaire de 8 à 14 MHz. NII : nerf ilio-inguinal ; MOI : muscle oblique interne ; AL : anesthésique local ; MTA : muscle transverse de l'abdomen.

est diminué. Cela n'a cependant pas été démontré. La visualisation de l'aiguille, du nerf et du péritoine devrait permettre d'éviter les lésions nerveuses et viscérales rencontrées avec la technique traditionnelle.

POINTS CLÉS

- Analgésie excellente obtenue avec une distribution de l'anesthésique local au nerf ilio-inguinal et ilio-hypo-gastrique.
- Idéal dans le contexte de la chirurgie ambulatoire.
- Jusqu'à 25 % de taux d'échecs rapportés.
- Des perforations intestinales et des hématomes pelviens ont été signalés [14,15].
- Le bloc du nerf fémoral est une complication plutôt rare, mais ennuyeuse [16].
- Il a été montré que l'échographie améliorait la qualité de l'analgésie obtenue et augmentait le taux de succès du bloc ilio-inguinal/ilio-hypo-gastrique comparé aux approches non échoguidées [17].

Bloc de la gaine des grands droits

Le bloc de la gaine des grands droits peut être utilisé afin d'obtenir une analgésie per- et postopératoire pour la chirurgie ayant recours à une incision médiane de la paroi abdominale. La gaine des grands droits est formée des aponévroses tendineuses des muscles oblique externe, oblique interne et transverse de l'abdomen. La gaine entoure les muscles grands droits et pyramidal et contient aussi les branches cutanées terminales des six racines nerveuses thoraciques inférieures et de la première racine nerveuse lombaire. Les nerfs pénètrent

dans la gaine des grands droits latéralement par le muscle transverse de l'abdomen et reposent en une seule entité à la limite postérieure du corps du muscle grand droit. Les nerfs se divisent alors en branches cutanées sensibles lors de leur trajet vers la peau à travers le muscle. La gaine est une structure constituée de deux couches au niveau de la partie supérieure et moyenne de l'abdomen mais, en dessous de la ligne arquée, la gaine postérieure s'interrompt, laissant le muscle grand droit reposer sur le fascia transversalis (figures 21.18 et 21.19).

Anatomie échographique

Le muscle grand droit est facilement visualisé dans un plan échographique axial avec la gaine soulignée comme étant une structure claire, hyperéchogène, entourant le muscle.

Technique

Le bloc de la gaine des grands droits est habituellement réalisé après l'induction de l'anesthésie générale. La technique peut être réalisée chez les patients conscients. Un accès intraveineux ainsi qu'un monitoring par électrocardiographie, oxymétrie de pouls et pression artérielle non invasive sont mis en place. Le plateau d'anesthésie locorégionale est préparé comme indiqué précédemment. L'échographe et le plateau d'anesthésie locorégionale doivent être positionnés de façon à permettre à l'opérateur d'effectuer un balayage échographique tout en se servant dans le plateau d'anesthésie locorégionale avec un minimum de mouvements. Cette disposition demande de l'anticipation, mais la manœuvre en vaut la peine, car elle facilite le geste et augmente les chances de succès. L'opérateur se tient du côté devant être bloqué avec le patient en décubitus

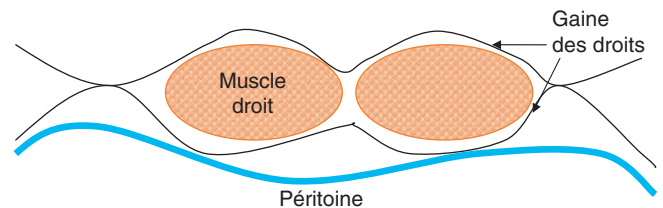


Figure 21.18. Illustration des muscles grands droits et de la gaine au-dessus de la ligne arquée.

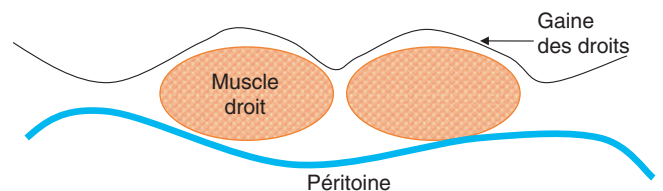


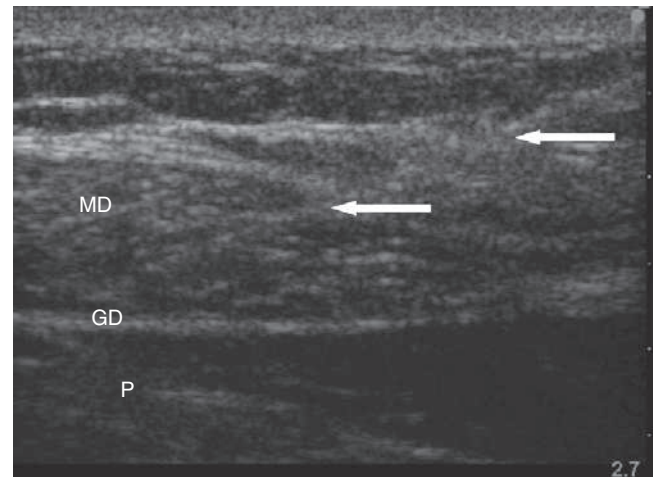
Figure 21.19. Illustration des muscles grands droits et de la gaine au-dessous de la ligne arquée.

dorsal (figure 21.20). La peau est désinfectée avec une solution antiseptique et des champs stériles sont apposés. La sonde d'échographie est introduite dans une housse stérile (CIVCO Medical Instruments) avec du gel échographique (Aquasonic®, Parker Laboratories). Une couche de gel est appliquée entre la housse stérile et la peau. La paroi abdominale est balayée au moyen d'une sonde linéaire de 6 à 13 MHz (Micro-Maxx®, SonoSite). L'écran de l'appareil d'échographie doit correspondre à la région explorée, c'est-à-dire que la droite de l'écran correspond à la droite du champ d'investigation. Les réglages de l'appareil, tels que le gain et la profondeur, sont optimisés. La vue de la paroi abdominale à ce niveau révèle le muscle grand droit et sa gaine de tissu conjonctif l'entourant avec le péritoine et les intestins en profondeur (figure 21.21). La cible est maintenue au centre de l'écran et le point de ponction se situe sur la face latérale de la sonde. Une aiguille de 21 gauges d'anesthésie locorégionale de 50 mm de long (Pajunk ou B. Braun) est insérée dans le plan des ultrasons (figure 21.22). L'aiguille est reliée à un système associant un prolongateur stérile connecté à une seringue de 20 ml, ceux-ci ayant été purgés avec une solution d'anesthésique local afin de supprimer toutes les bulles d'air. L'aiguille est alors introduite au niveau du bord latéral de la sonde et visualisée au cours de son cheminement en direction de la gaine postérieure des grands droits (figure 21.22). Il est important de ne pas avancer l'aiguille en l'absence d'une bonne visualisation de celle-ci. Cela peut nécessiter un repositionnement de l'aiguille ou de la sonde. Une fois l'aiguille placée dans la gaine postérieure, 2 à 3 ml d'une solution d'anesthésique local sont injectés, confirmant la bonne position de l'aiguille. Ensuite, 10 ml de cette solution peuvent être injectés, et un comblement de la partie postérieure de la gaine est observé (figure 21.23). La procédure est répétée de chaque côté de la ligne médiane, étant donné que le blocage des afférences sensitives contralatérales est nécessaire afin d'obtenir une analgésie de la ligne médiane. Il doit être noté qu'en dessous de la ligne arquée, la paroi postérieure de la gaine des grands droits est absente, et que le muscle repose sur le fascia

transversalis. L'injection d'anesthésique local dans cette zone peut diffuser en dessous du ligament inguinal et entraîner un bloc du nerf fémoral.

Pratique basée sur les preuves

Wilschke et al. [18] ont décrit la réalisation du bloc échoguidé de la gaine des grands droits chez l'enfant bénéficiant d'une cure de hernie ombilicale. Ils rapportent une analgésie satisfaisante en utilisant 0,1 mg/kg de lévo-bupivacaïne à 0,25 %. Il semble qu'il y ait une faible corrélation entre la taille, le poids ou la surface cutanée totale et la profondeur de la partie postérieure de la gaine des grands droits. L'utilisation de l'échographie pourrait diminuer l'incidence des complications et améliorer le taux de succès du bloc. Ceci doit encore être étudié.



■ **Figure 21.21.** Imagerie en temps réel du corps de l'aiguille lors de la réalisation d'un bloc de la gaine des grands droits échoguidé. MD : muscle droit ; GD : gaine des grands droits ; P : péritoine.



■ **Figure 21.20.** Vue globale de la réalisation d'un bloc de la gaine des grands droits.



■ **Figure 21.22.** Position de la sonde et de l'aiguille lors de la réalisation d'un bloc de la gaine des grands droits échoguidé. Noter l'orientation de l'aiguille dans le même plan que celui des ultrasons.

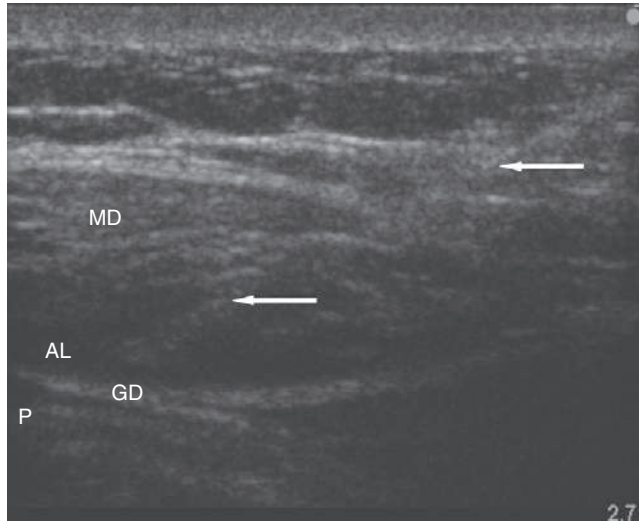


Figure 21.23. Apparence échographique de la solution d'anesthésique local injectée au niveau de la gaine postérieure des grands droits. AL : anesthésique local ; P : péritoine ; MD : muscle grand droit ; GD : gaine des grands droits.

POINTS CLÉS

- Excellente analgésie obtenue pour les incisions médianes.
- Il faut s'assurer d'infiltrer la partie postérieure de la gaine afin de garantir le blocage nerveux.
- Des hématomes rétropéritonéaux ont été signalés [19].
- Le bloc du nerf fémoral est une complication potentielle en raison des considérations anatomiques citées précédemment [20].
- L'échographie pourrait se montrer utile en diminuant le taux de complications et en améliorant le taux de succès du bloc de la gaine des grands droits.

Bloc du plan du muscle transverse de l'abdomen

Le plan du muscle transverse de l'abdomen repose entre les muscles oblique interne et transverse de l'abdomen, qui forment un conduit dans lequel chemine le rameau ventral de T6 à L1 (figure 21.13). La diffusion d'une solution d'anesthésique local dans ce plan a été démontrée dans des études radiologiques ainsi que sur cadavre [21]. Dans notre expérience, le bloc a été utilisé pour procurer une analgésie de la paroi abdominale antérieure après différents types de chirurgie, allant des résections intestinales lourdes à la prostatectomie par voie haute [22].

Anatomie échographique

Les muscles de la paroi abdominale antérieure sont facilement visibles en tant que trois couches distinctes (oblique externe, oblique interne, transverse de l'abdomen) (figure 21.24). Les couches musculaires sont visualisées comme des structures transversales marbrées entourées d'un fascia clair hyperéchogène. La cible,

pour ce bloc, est l'espace entre le muscle oblique interne et le muscle transverse de l'abdomen. Le point de ponction au niveau de la paroi abdominale latérale se situe juste au-dessus de la crête iliaque en arrière de la ligne axillaire moyenne.

Technique

Le bloc du plan du muscle transverse de l'abdomen est habituellement réalisé après l'induction de l'anesthésie générale. La technique peut être réalisée chez les patients conscients. Un accès intraveineux ainsi qu'un monitoring par électrocardiographie, oxymétrie de pouls et pression artérielle non invasive sont mis en place. Le plateau d'anesthésie locorégionale est préparé comme indiqué précédemment. L'échographe et le plateau d'anesthésie locorégionale doivent être positionnés de façon à permettre à l'opérateur d'effectuer un balayage échographique tout en se servant dans le plateau d'anesthésie locorégionale avec un minimum de mouvements. Cette disposition demande de l'anticipation, mais la manœuvre en vaut la peine, car elle facilite le geste et augmente les chances de succès. L'opérateur se tient du côté opposé au côté devant être bloqué, avec le patient en décubitus dorsal (figure 21.25). Dans notre expérience, cela permet d'obtenir des mouvements plus fins de la main et des doigts afin de guider l'aiguille. La peau est désinfectée avec une solution antiseptique et des champs stériles sont apposés. La sonde d'échographie est introduite dans une housse stérile (CIVCO Medical Instruments) avec du gel échographique (Aquasonic[®], Parker Laboratories). Une couche de gel est appliquée entre la housse stérile et la peau. La paroi abdominale latérale est balayée au moyen d'une sonde linéaire de 6 à 13 MHz (MicroMaxx[®], SonoSite). L'écran de l'appareil d'échographie doit correspondre à la région explorée, c'est-à-dire que la droite de l'écran correspond à la droite du champ d'investigation. Les réglages de l'appareil, tels que le gain et la profondeur, sont optimisés.

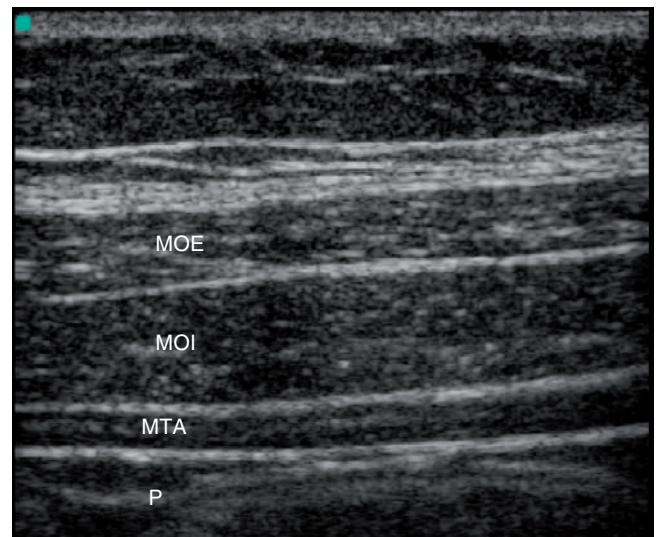


Figure 21.24. Apparence échographique de la paroi abdominale latérale. MOE : muscle oblique externe ; MOI : muscle oblique interne ; MTA : muscle transverse de l'abdomen ; P : péritoine.

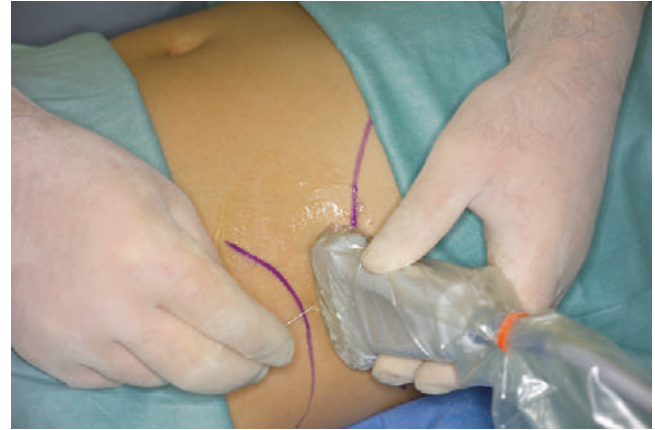


■ **Figure 21.25.** Vue globale de la réalisation d'un bloc du plan du muscle transverse de l'abdomen.

La vue de la paroi abdominale à ce niveau révèle les trois couches musculaires entourées de leur gaine de tissu conjonctif. Le péritoine et les intestins sont visualisés en profondeur par rapport aux muscles (figure 21.24). La cible est maintenue au centre de l'écran et le point de ponction se situe au bord inférieur de la sonde linéaire. Une aiguille de 21 gauges d'anesthésie locorégionale de 50 mm de long (Pajunk ou B. Braun) est reliée à un système associant un prolongateur stérile connecté à une seringue de 20 ml, ceux-ci ayant été purgés avec une solution d'anesthésique local afin de supprimer toutes les bulles d'air. L'aiguille est alors introduite au bord inférieur de la sonde de façon perpendiculaire par rapport au faisceau d'ultrasons (figure 21.26). Il est important de ne pas avancer l'aiguille en l'absence d'une bonne visualisation de celle-ci. Cela peut nécessiter un repositionnement de l'aiguille ou de la sonde. Deux ressauts distincts seront ressentis lors de la traversée des muscles obliques externe et interne. Le deuxième ressaut annonce l'entrée dans le plan du muscle abdominal transverse. Ceci peut être confirmé en injectant 3 à 5 ml d'une solution d'anesthésique local suivis de l'observation de la diffusion de la solution dans le plan désiré. Après confirmation de la bonne position de l'aiguille, 20 ml de cette solution peuvent alors être injectés et le comblement du plan observé (figure 21.27). Pour les incisions chirurgicales n'impliquant pas la ligne médiane, un bloc unilatéral du côté chirurgical incisé suffit. Pour les incisions impliquant la ligne médiane, la procédure doit être répétée du côté opposé, étant donné que le blocage des afférences sensitives controlatérales est nécessaire afin d'obtenir une analgésie de la ligne médiane.

Pratique basée sur les preuves

Il n'y a aucune donnée publiée concernant la réalisation des blocs du plan du muscle transverse de l'abdomen échoguidés. L'utilisation de l'échographie pourrait aider l'anesthésiste à diminuer l'incidence des complications et à améliorer le taux de succès du bloc. Ceci doit encore être étudié. Le bloc du plan du muscle transverse de l'abdomen a été étudié dans une étude randomisée contrôlée au cours de laquelle son utilisation était

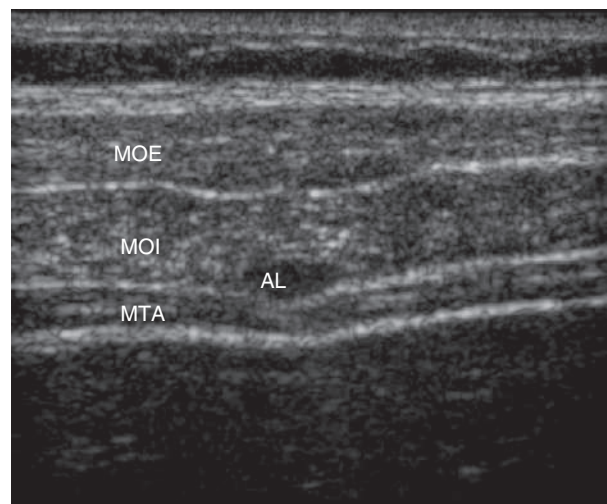


■ **Figure 21.26.** Position de la sonde et de l'aiguille lors de la réalisation d'un bloc du plan du muscle transverse de l'abdomen échoguidé. Noter l'orientation de l'aiguille dans le plan perpendiculaire au plan des ultrasons.

associée à une diminution de la consommation morphinique et à une amélioration des scores de douleur après chirurgie abdominale majeure [23].

POINTS CLÉS

- Excellente analgésie obtenue pour les incisions abdominales en dessous du dermatome correspondant à T7.
- Nécessite de réaliser le bloc de façon bilatérale en cas d'incision de la ligne médiane.
- Point de ponction au-dessus de la crête iliaque en arrière de la ligne axillaire moyenne.
- Injection de 20 ml de chaque côté.
- Aucune donnée disponible quant au guidage échographique.



■ **Figure 21.27.** Apparence échographique d'un volume de 20 ml d'une solution d'anesthésique local comblant le plan du muscle transverse de l'abdomen. MOE : muscle oblique externe ; MOI : muscle oblique interne ; AL : anesthésique local ; MTA : muscle transverse de l'abdomen.

RÉFÉRENCES

1. Snell RS : *Clinical Anatomy for Medical Students*, 3rd ed., Boston, Little, Brown, 1986.
2. Barrett J, Harmon D, Loughnane F, et al : *Perioperative Nerve Blocks and Perioperative Pain Relief*, London, Saunders, 2004.
3. D'Souza L, Jagannathan S, McManus F : The subcostal nerve (ouch !) : Anatomical awareness in Salter's innominate osteotomy. *J Pediatr Orthop* 14 (5) : 660-661, 1994.
4. Chou D, Storm PB, Campbell JN : Vulnerability of the subcostal nerve to injury during bone graft harvesting from the iliac crest. *J Neurosurg Spine* 1 (1) : 87-89, 2004.
5. Al-Dabbagh AK : Anatomical variations of the inguinal nerves and risks of injury in 110 hernia repairs. *Surg Radiol Anat* 24 : 102-107, 2002.
6. Papadopoulos NJ, Katritsis ED : Some observations on the course and relations of the iliohypogastric and ilioinguinal nerves (based on 348 specimens). *Anat Anz* 149 (4) : 357-364, 1981.
7. Van Schoor AN, Boon JM, Bosenberg AT, et al : Anatomical considerations of the pediatric ilioinguinal/iliohypogastric nerve block. *Paediatr Anaesth* 15 (5) : 371-377, 2005.
8. Eichenberger U., Greher M., Curatolo M. : Ultrasound in interventional pain management. *Techniques in Regional Anesthesia and Pain Management* 8 : 171-178.
9. Marhofer P, Schrogendorfer K, Wallner T : Ultrasonographic guidance reduces the amount of local anesthetic for 3-in-1 blocks. *Reg Anesth Pain Med* 23 : 584-588, 1998.
10. Byas-Smith MG, Gulati A : Ultrasound-guided intercostal nerve cryoablation. *Anesth Analg* 103 (4) : 1033-1035, 2006.
11. Davies RG, Myles PS, Graham JM : A comparison of the analgesic efficacy and side-effects of paravertebral vs epidural blockade for thoracotomy—a systematic review and meta-analysis of randomized trials. *Br J Anaesth* 96 (4) : 418-426, 2006.
12. Naja MZ, Gustafsson AC, Ziade MF, et al : Distance between the skin and the thoracic paravertebral space. *Anaesthesia* 60 (7) : 680-684, 2005.
13. Pusch F, Wildling E, Klimscha W, Weinstabl C : Sonographic measurement of needle insertion depth in paravertebral blocks in women. *Br J Anaesth* 85 (6) : 841-843, 2000.
14. Amory C, Mariscal A, Guyot E, et al : Is ilioinguinal/iliohypogastric nerve block always totally safe in children ? *Paediatr Anaesth* 13 (2) : 164-166, 2003.
15. Vaisman J : Pelvic hematoma after an ilioinguinal nerve block for orchialgia. *Anesth Analg* 92 : 1048-1049, 2001.
16. Ghani KR, McMillan R, Paterson-Brown S : Transient femoral nerve palsy following ilio-inguinal nerve blockade for day case inguinal hernia repair. *J R Coll Surg Edinb* 47 : 626-629, 2002.
17. Willschke H, Marhofer P, Bosenberg A, et al : Ultrasonography for ilioinguinal/iliohypogastric nerve blocks in children. *Br J Anaesth* 95 : 226-230, 2005.
18. Willschke H, Bosenberg A, Marhofer P, et al : Ultrasonography-guided rectus sheath block in paediatric anaesthesia—a new approach to an old technique. *Br J Anaesth* 97 : 244-249, 2006.
19. Yuen PM, Ng PS : Retroperitoneal hematoma after a rectus sheath block. *J Am Assoc Gynecol Laparosc* 11 : 448, 2004.
20. Ferguson S, Thomas V, Lewis I : Rectus sheath block in paediatric anaesthesia : New indications for an old technique ? *Paediatr Anaesth* 6 : 463-466, 1996.
21. McDonnell JG, O'Donnell BD, Tuite D, et al : The regional abdominal field infiltration (RAFI) technique : Computerized tomographic and anatomical identification of a novel approach to the transversus abdominis neuro-vascular fascial plane. *Anesthesiology* 101 : A899, 2004.
22. O'Donnell BD, McDonnell JG, McShane AJ : The transversus abdominis plane (TAP) block in open retropubic prostatectomy. *Reg Anesth Pain Med* 31 : 91, 2006.
23. McDonnell JG, O'Donnell B, Curley G, et al : The analgesic efficacy of transversus abdominis plane block after abdominal surgery : A prospective randomized controlled trial. *Anesth Analg* 104 : 193-197, 2007.



Ce chapitre traite de l'utilisation de l'échographie dans le cadre de l'anesthésie caudale en injection unique et des techniques d'anesthésie caudale avec mise en place d'un cathéter ; il fait largement référence, en tant que tel, à la pratique pédiatrique. L'anesthésie péridurale a été réalisée pour la première fois par Fidel Pages en 1921. Depuis, les bénéfices liés au fait de pouvoir ainsi éviter l'anesthésie générale, à la diminution de la réponse au stress, à la diminution de la morbidité postopératoire ainsi qu'à l'excellente analgésie postopératoire ont été bien documentés. En injection unique, l'anesthésie caudale est répandue pour les interventions sous-ombilicales (en particulier chez les enfants) et chez l'adulte dans les douleurs chroniques. Les techniques d'anesthésie caudale avec mise en place d'un cathéter sont indiquées pour les chirurgies pédiatriques thoraciques et abdominales lourdes, pour lesquelles l'anesthésiste souhaite éviter un abord thoracique et les risques y étant associés. Les complications pouvant être évitées incluent les défauts d'analgésie, les rachi-anesthésies involontaires, les syndromes post-ponction lombaire, les injections intravasculaires et, plus rarement, les traumatismes centraux.

Anatomie échographique

Le hiatus sacré est un échec de fusion postérieure du 5^e (et parfois du 4^e) arc neural. Il est recouvert par la membrane sacrococcygienne constituée, postérieurement, par les ligaments sacrés et, antérieurement, par le ligament jaune. La distance entre la peau et l'espace péridural est rarement supérieure à 2 cm et, chez le nouveau-né, elle est inférieure à 0,5 cm.

Les structures neuro-axiales sont visualisées à l'échographie entre les arcs vertébraux postérieurs et la colonne vertébrale. La taille de la fenêtre échographique est limitée par l'os. Chez le nouveau-né, l'arc vertébral postérieur de la colonne est de façon prédominante cartilagineux et, de ce fait, la fenêtre échographique est plus large ; la qualité de l'imagerie échographique diminue après les 3 à 4 premiers mois de vie en raison de l'ossification. La moelle épinière est une structure tubulaire hypo-échogène aux contours hyperéchogènes (cependant, chez les nouveau-nés, avec le bénéfice des échographes plus puissants, une meilleure définition est possible). La moelle épinière est située entre la moitié et le tiers de la distance séparant les murs antérieur et postérieur du canal vertébral ; toute situation plus

dorsale pourrait indiquer un syndrome de la moelle attachée. Le cône terminal est situé au niveau de L2 (avec une variation de T10 à L3) et, chez les prématurés, il peut être aussi bas que L2-L4. La queue-de-cheval est visualisée en tant que multiples ombres hyperéchogènes linéaires issues du cône médullaire, celui-ci devant être pulsatile (ce qui marque l'absence d'adhérence). Au sein de la queue-de-cheval, le filum terminal est visualisé en tant que prolongement hyperéchogène de la moelle épinière ; chez le nouveau-né, son épaisseur doit être inférieure à 2 mm (une épaisseur > 2 mm indique un syndrome de la moelle attachée). Le liquide céphalorachidien environnant est hypo-échogène. La dure-mère est visualisée antérieurement et postérieurement en tant que couche hyperéchogène et le ligament jaune est visualisé en tant que couche moins hyperéchogène, à proximité immédiate de la face postérieure de la dure-mère.

Anesthésie caudale échoguidée et évaluée par échographie

Chez les patients à l'anatomie facilement définie, l'échographie est utilisée pour évaluer la position de l'aiguille après insertion. L'évaluation échographique avant le bloc peut aussi être utile afin d'identifier les patients présentant des stigmates de dysraphisme spinal. Lorsque l'anatomie est difficile (par exemple, en cas d'obésité) ou en cas d'échec des techniques basées sur les repères cutanés, une technique échoguidée est appropriée. Avant toute anesthésie caudale, un abord intraveineux et un monitoring doivent être mis en place. Le patient est habituellement placé en décubitus latéral gauche, bien que le décubitus ventral (avec des appuis sous les hanches) puisse être utilisé. L'échographe est placé du côté opposé par rapport à l'opérateur (figure 22.1). Une sonde haute fréquence linéaire de 38 mm est utilisée, étant donné que l'empreinte cutanée importante permet une visualisation de plusieurs espaces intervertébraux à la fois. L'échographe doit être réglé en mode « nerf » ou « petits organes », avec la plus haute résolution possible. L'anatomie de surface peut alors être évaluée. Celle-ci doit ensuite être complétée par un balayage échographique. La sonde échographique doit être tenue à sa base de façon à permettre à l'anesthésiste de toucher le patient en même temps ; ainsi, lorsque le bloc est réalisé, la main et la sonde peuvent être facilement maintenues en position. Du gel échographique stérile doit être utilisé



■ **Figure 22.1.** Vue globale de la réalisation d'un bloc caudal.

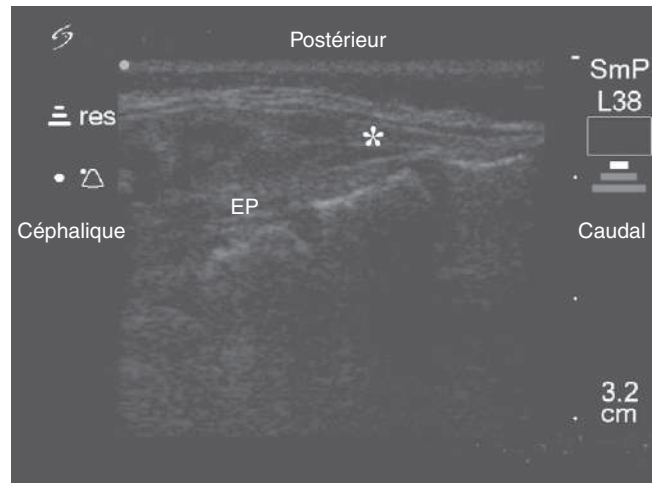
de façon à s'assurer de l'absence d'air. La sonde échographique est initialement maintenue dans un plan sagittal, au niveau de la région lombosacrée sur la ligne médiane ; à ce niveau, les éléments anatomiques utiles peuvent être visualisés entre les apophyses épineuses. De façon à améliorer la visualisation, un positionnement paramédian est parfois nécessaire. La sonde est ensuite mobilisée caudalement et le niveau du sac dural peut être noté en fonction du degré d'ossification. En poursuivant le balayage échographique caudalement, le hiatus sacré et la membrane sacrococcygienne peuvent être visualisés, ainsi que la courbure du canal sacré ; de ce fait, l'angle de pénétration de l'aiguille peut être mesuré (figure 22.2). La sonde peut alors être tournée de 90° dans le plan transverse ; les apophyses épineuses peuvent être visualisées, se divisant pour donner les cornes sacrées (figure 22.3). Les précautions standard d'asepsie sont employées et, pour les techniques échoguidées, un pansement occlusif transparent est placé sur la sonde.

Pour les techniques d'anesthésie caudale échoguidées, la sonde est replacée sur la ligne médiane, dans le plan sagittal, avec la membrane sacrococcygienne positionnée à l'extrémité caudale de l'image. La sonde est maintenue fixe dans cette position en laissant reposer le bord ulnaire de la main sur le dos du patient. L'aiguille (dont le biseau doit faire face à la sonde d'échographie afin d'améliorer la visualisation de l'extrémité de l'aiguille) est insérée dans le même axe que l'axe longitudinal de la sonde (figure 22.4). La progression de l'aiguille est observée par les mouvements tissulaires induits ; cependant, avec de la pratique, il devient possible de maintenir l'alignement entre l'aiguille et le faisceau d'ultrasons. L'aiguille peut être visualisée lors du franchissement de la membrane sacrococcygienne. L'aiguille est ensuite laissée à l'air libre pendant 10 s afin de permettre la détection d'un reflux sanguin ou de liquide céphalorachidien ; un test d'aspiration est ensuite réalisé. Si ces tests sont négatifs, une dose-test de sérum physiologique est réalisée. Cela consiste en l'injection de 0,1 à 0,3 ml/kg de sérum physiologique sur plusieurs secondes ; l'expansion de l'espace péri-dural postérieur est à l'origine d'un déplacement ventral de la dure-mère (figure 22.5). Au même moment, l'opérateur doit surveiller la peau en cas de formation d'un œdème superficiel et rechercher une augmentation de la résistance à l'injection, signant une injection sous le périoste. L'utilisation de sérum physiologique évite de gâcher de l'anesthésique local en cas d'aiguille mal placée et est sans danger en cas d'injection intravasculaire ou intrathécale. Les techniques échoguidées utilisent les informations recueillies lors du balayage échographique afin de choisir l'angle et la profondeur d'insertion de l'aiguille. Une fois l'aiguille insérée, la sonde est placée à nouveau sur le patient et la dose-test de sérum physiologique est injectée pour confirmer la position péri-durale.

Dans les deux techniques, les injections ultérieures d'AL peuvent être suivies par échographie en déplaçant la sonde de façon céphalique (sur un axe médian ou paramédian), confirmant ainsi la position péri-durale et le niveau de diffusion (vidéo 1).

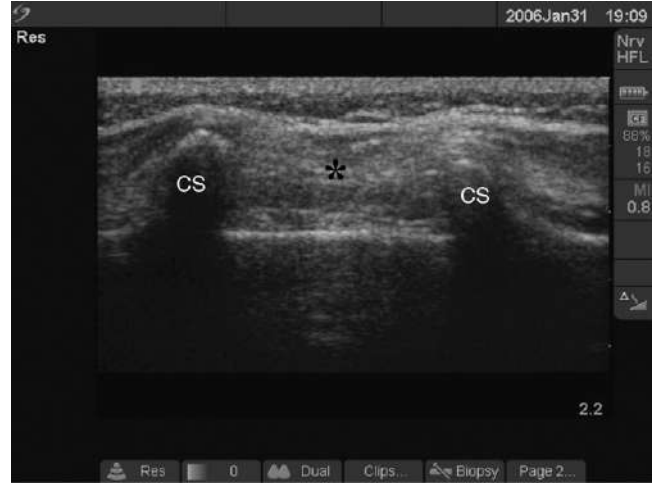


A



B

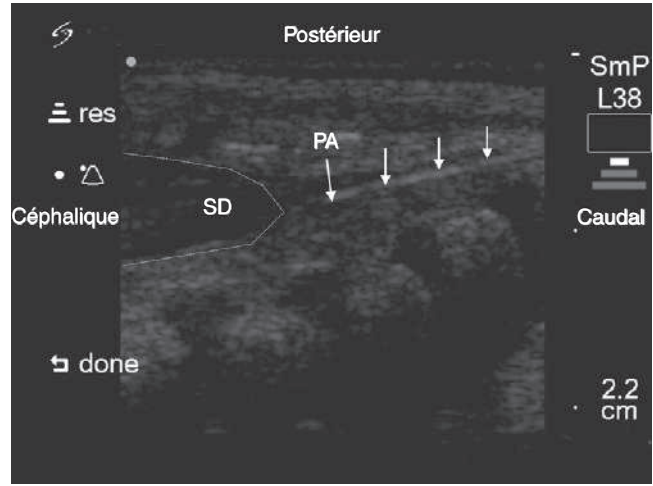
■ **Figure 22.2.** Espace caudal dans le plan sagittal : position de la sonde échographique (A) et image ultrasonore (B) EP : espace péri-dural.



A

B

Figure 22.3. Espace caudal dans le plan transverse : position de la sonde échographique (A) et image ultrasonore (B). CS : corne sacrée.



A

B

Figure 22.4. Bloc caudal avec approche dans le plan (A) et vue échographique (B). SD : sac dural ; PA : pointe de l'aiguille. Les flèches blanches indiquent l'aiguille.

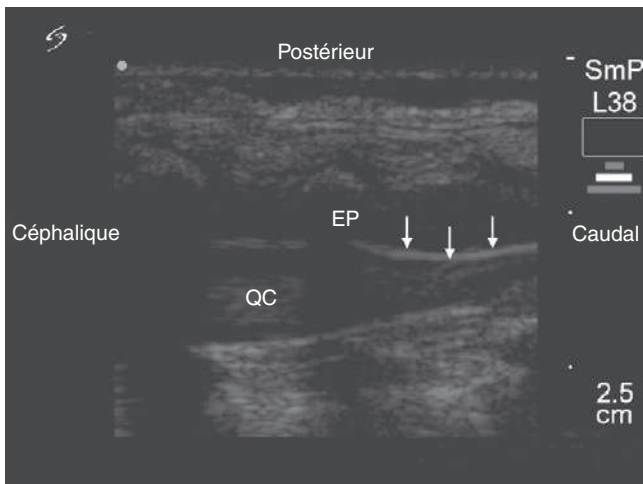


Figure 22.5. La dure-mère déplacée en position ventrale par l'AL. QC : queue-de-cheval ; EP : espace péri-dural. Les flèches blanches indiquent l'aiguille.

Anesthésie caudale avec mise en place de cathéter

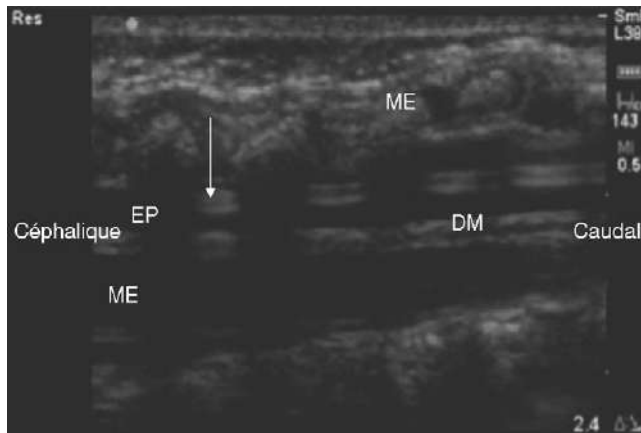
Une analgésie efficace nécessite que l'extrémité du cathéter soit à un niveau correspondant à celui de l'intervention ; cela permet d'injecter de plus faibles volumes d'anesthésique local et d'éviter l'utilisation d'opiacés en péri-dural. Cela peut être réalisé en insérant l'aiguille de Tuohy au niveau spinal adéquat ; de façon alternative, le cathéter peut être monté en direction céphalique, à partir d'un niveau caudal ou lombaire. Des kits spécifiques pour anesthésie caudale peuvent être achetés ; il est préférable d'utiliser un cathéter avec un mandrin, car celui-ci est plus facilement visualisé à l'échographie et à la radiographie. Cette technique nécessite deux opérateurs : le premier pour tenir la sonde et le deuxième pour réaliser l'abord péri-dural. Comme pour les techniques d'anesthésie caudale, la machine est installée à l'opposé des opérateurs avec un patient en décubitus latéral gauche. La sonde



■ **Figure 22.6.** Estimation de la longueur d'insertion du cathéter.

d'échographie L38 permet la visualisation d'une plus grande longueur de rachis. Une fois de plus, un balayage échographique est réalisé afin d'évaluer l'espace caudal et le rachis thoracique et lombaire. Il convient d'indiquer sur la peau du patient, au crayon dermographique, le niveau devant être atteint par le cathéter. La longueur de cathéter devant être introduite est évaluée de façon externe, en mesurant la distance entre le hiatus sacré et le niveau chirurgical (figure 22.6). L'aiguille est insérée de la même façon que pour la technique avec injection unique. La sonde est recouverte d'une housse stérile et maintenue en position médiane à la jonction lombosacrée.

Le deuxième opérateur introduit ensuite le cathéter pendant que le premier opérateur manipule la sonde d'échographie afin de le localiser. L'identification du cathéter peut s'avérer difficile en raison de son étroitesse ainsi que de celle du faisceau d'ultrason ; par ailleurs, même si le cathéter est doté d'un mandrin, son trajet n'est pas forcément rectiligne. Afin de faciliter la localisation de l'extrémité du cathéter, la sonde échographique est déplacée de la ligne médiane vers le plan sagittal paramédian qui procure une meilleure fenêtre échographique. Le cathéter peut aussi être mobilisé



■ **Figure 22.7.** Cathéter caudal dans l'espace péri-dural antérieur. EP : espace péri-dural ; DM : dure-mère ; ME : moelle épinière ; AE : apophyses épineuses. Les flèches indiquent l'extrémité du cathéter péri-dural.

avec précaution de façon à occasionner un mouvement tissulaire, ou bien un bolus de 0,1 ml/kg de sérum physiologique peut être injecté afin d'objectiver un déplacement dural. Le cathéter est habituellement visualisé dans l'espace péri-dural postérieur ; cependant, il est aussi important de le rechercher dans l'espace péri-dural antérieur (figure 22.7). Le déplacement dural antérieur est plus subtil, sans doute en raison d'un espace d'expansion moindre. Les difficultés pour monter le cathéter peuvent être surmontées en effectuant une injection de sérum physiologique et/ou en effectuant une extension/flexion du rachis. La montée du cathéter en direction céphalique est suivie par la sonde d'échographie, ce qui peut obliger l'opérateur à ajuster continuellement l'angulation de la sonde compte tenu des changements de position du cathéter dans l'espace péri-dural. Au niveau thoracique, le plan paramédian procure habituellement une meilleure visualisation. Avec les cathéters sans mandrin, l'extrémité n'est pas toujours visualisée et l'effet expansif du bolus de sérum physiologique au sein de l'espace péri-dural est utilisé pour déduire la position du cathéter. Même lorsque l'extrémité est visualisée, un bolus de sérum physiologique est obligatoire avant toute injection d'anesthésique local afin de confirmer la position du cathéter dans l'espace péri-dural (vidéo 2).

Anesthésie caudale : pratique basée sur les preuves

La technique d'anesthésie caudale est considérée comme sûre chez les enfants et les adultes. Cependant, dans l'enquête de l'Association des anesthésistes-réanimateurs d'expression française (ADARPEF) relative à la réalisation de 15 013 blocs centraux sur une période de 1 an, il était retrouvé que la majorité des complications survenaient avec les anesthésies caudales ($n = 23$) – complications fréquemment secondaires à une technique non optimale [1]. Chez l'enfant, l'anesthésie caudale occasionne globalement un taux de complication de 1,5 pour 1000, bien que ce taux puisse être plus important chez les patients de moins de 10 kg et chez les enfants de plus de 7 ans. Les ponctions veineuses ont une incidence de 10,6 %, bien que les injections intravasculaires soient rares (incidence de 0,4 %). Dans la population adulte, le taux d'échec peut atteindre 36 % lorsque l'aiguille est en bonne position (évaluation par fluoroscopie) [2]. Même lorsque l'opérateur est sûr du bon positionnement de l'aiguille, un échec est observé dans 15 % des cas. Une introduction difficile de l'aiguille peut être en partie expliquée par les études anatomiques sur le sacrum adulte, une agénésie du hiatus sacré survenant dans 6 % des cas, et 6 % des patients présentent un canal sacré de moins de 2 mm de diamètre, excluant de ce fait l'utilisation d'une aiguille de 22 gauges [3]. Un facteur aggravant supplémentaire est l'obésité, les chances de bon positionnement de l'aiguille sont réduites chez les patients obèses (un index de masse corporelle [IMC] > 30 par rapport à un IMC < 30 est à l'origine d'un *odds ratio* [OR] = 0,34) [2]. La détection et la prévention des complications nécessitent l'utilisation d'un équipement approprié par des opérateurs qualifiés. La complication principale est l'injection intravasculaire et intrathécale ; il est de

bonne pratique de laisser l'aiguille à l'air libre pendant 10 s afin de permettre un reflux sanguin ou de liquide céphalorachidien, puis de réaliser ensuite un test d'aspiration. Ces simples tests sont loin d'être fiables. Particulièrement en cas d'utilisation d'une aiguille de petit calibre, le reflux sanguin ou de liquide céphalorachidien peut ne pas survenir et, lors du test d'aspiration, les veines de petite taille peuvent se coller. Plusieurs méthodes ont été élaborées afin d'évaluer la position de l'aiguille. Le « *whoosh* » test¹ [4,5], dans sa description initiale, consistait en l'injection de 2 ml d'air ; la bonne position de l'aiguille était confirmée par l'auscultation de la région lombaire. Des doutes quant à la fiabilité de ce test chez l'enfant ont été rapportés [6] et l'injection d'air a été associée à des lésions neurologiques et des embolies gazeuses. Par la suite, ce test fut modifié et l'air fut remplacé par de l'anesthésique local ; le « *woosh* » test modifié est appelé « *swoosh* » test² [5,7]. Le principal désavantage du « *swoosh* » test est que l'anesthésique local peut être injecté en intraveineux. L'addition de drogues vaso-actives à l'anesthésique local, par exemple de l'adrénaline, afin de provoquer une réponse cardiovasculaire en cas d'injection intravasculaire accidentelle, a été décrite [8]. Ceci n'est cependant pas fiable : les modifications cardiovasculaires peuvent mettre 90 s à survenir, la réponse peut varier en fonction de l'anesthésique injecté et cela ne permet pas de détecter une injection intrathécale. L'utilisation de la neurostimulation [9,10] a été décrite afin de confirmer la position caudale ; les taux de succès varient de 80 à 100 %. Cependant, ce test ne détecte pas l'injection intravasculaire ou intrathécale et ne peut pas être utilisé en présence de curares. Les preuves scientifiques en faveur de l'utilisation du guidage échographique chez l'adulte et l'enfant sont limitées. Les enfants sont particulièrement vulnérables, étant donné que la majorité des anesthésies caudales sont réalisées sous anesthésie générale, masquant potentiellement les signes et symptômes d'une complication. Cependant, les enfants sont de meilleurs sujets pour l'échographie compte tenu du fait que les structures sont plus superficielles, permettant ainsi l'utilisation de sondes échographiques de plus haute fréquence (≥ 10 MHz). Avec l'augmentation du degré d'ossification avec l'âge, la fenêtre échographique diminue ; de fait, les nouveau-nés sont les meilleurs patients pour ces techniques. La fenêtre échographique est aussi dépendante du niveau vertébral balayé par l'échographe ; les fenêtres échographiques sacrées sont approximativement quatre fois plus larges qu'au niveau thoracique [11]. La seule étude échographique dans la littérature était une étude observationnelle et portait sur l'évaluation échographique du positionnement de l'aiguille [12]. Un bolus test de sérum physiologique montrait le bon positionnement de l'aiguille au sein de l'espace péri-dural, entraînant le déplacement de la dure-mère [12]. Ce signe était observé chez 96 % des patients (100 % des patients de moins de 2 ans). L'échec chez deux patients était attribué à la courbe d'apprentissage de l'opérateur et au plus haut degré d'ossification chez le patient le plus âgé. Chez tous les patients, la membrane sacrococcygienne, le sac dural et

la queue-de-cheval avaient été visualisés. Ainsi, la distance entre la peau et le sac dural peut être facilement évaluée, diminuant potentiellement le risque d'injection intrathécale. En cas de reflux sanguin, il est habituel de recommencer le geste depuis le début. En cas d'utilisation de l'échographie, l'aiguille est laissée en place et l'injection de sérum physiologique est surveillée. Si le déplacement de la dure-mère n'est pas visualisé, alors l'aiguille doit être réintroduite. En cas de marqueurs cutanés de dysraphisme spinal, l'échographie peut être utilisée pour identifier ces patients [13,14], permettant ainsi la réalisation d'anesthésie caudale chez des patients qui auraient été exclus auparavant. La diffusion d'anesthésique local peut être surveillée en temps réel de façon à obtenir un positionnement continu dans l'espace péri-dural et à surveiller la hauteur du bloc. Un avantage additionnel de cette technique est qu'elle est indépendante du type d'anesthésique administré. Le principal désavantage est l'ossification chez les patients plus âgés, qui représente un obstacle à la visualisation de la dure-mère. La dose-test devrait peut-être être limitée aux enfants de moins de 3 ans. Cependant, chez l'adulte, le sacrum est complètement ossifié, limitant de ce fait l'utilisation de l'échographie pour localiser le hiatus sacré. À ce jour, la fluoroscopie est considérée comme la méthode de référence pour l'injection caudale péri-durale de corticoïdes. Les désavantages de cette technique incluent les radiations ionisantes (en particulier chez les patients en âge de procréer) et la nécessité de disposer d'un appareil de radiographie et d'un radiologue. Les études réalisées chez l'adulte ont montré que l'anatomie sacrée est facilement visualisée à l'échographie chez les patients présentant des repères cutanés fiables ou non [15,16]. Chez les patients très obèses, il peut être nécessaire d'utiliser une sonde convexe de 2 à 5 MHz afin de visualiser le hiatus sacré, situé plus profondément. L'utilisation d'air comme produit de contraste a été décrite. Si l'aiguille est correctement positionnée, l'air ne peut s'échapper à partir de sous la membrane sacrococcygienne. Le positionnement superficiel de l'aiguille entraîne une fuite d'air ; sous surveillance échographique, cela apparaît comme un « flash » blanc. Le principal désavantage de l'échographie est qu'à la différence de la fluoroscopie, elle ne peut pas identifier les injections intraveineuses. Cela ne constitue plus un problème lorsque de l'anesthésique local est administré de façon conjointe avec les corticoïdes. Chez les patients présentant des repères anatomiques difficiles, il se pourrait que le recours à l'échographie diminue le nombre de tentatives de ponction et rende, de ce fait, la procédure moins inconfortable.

Anesthésie caudale avec mise en place de cathéter : pratique basée sur les preuves

L'anesthésie caudale péri-durale continue a été décrite pour la première fois chez l'enfant [17], et bien qu'elle ait été utilisée chez des patients plus âgés, une approche directe, thoracique ou lombaire, semble plus appropriée pour les groupes de patients plus âgés. Chez les nouveau-nés et les jeunes enfants, l'anesthésie caudale péri-durale peut être préférée en raison d'une difficulté technique moindre et d'un plus faible risque de traumatisme neurologique. Le positionnement exact du

¹ *Whoosh* signifie « grincement ». (N.D.T.)

² *Swoosh* signifie « bruissement ». (N.D.T.)

cathéter est important compte tenu du fait qu'un cathéter implanté trop bas peut être à l'origine d'une mauvaise analgésie et qu'un cathéter implanté trop haut peut entraîner une dépression respiratoire. Malgré le fait que le positionnement du cathéter soit un problème significatif, seuls 2 % des anesthésistes britanniques vérifient sa position [18]. L'introduction facile du cathéter constituant un mauvais indicateur du bon positionnement de celui-ci, un certain nombre de méthodes évaluant le niveau de positionnement du cathéter ont été décrites [19,20]. Les radiographies standard peuvent permettre de vérifier la position de l'extrémité du cathéter si celui-ci est radio-opaque ; s'il est radiotransparent, un produit de contraste peut être injecté. Cette méthode expose le patient aux radiations et à une possible anaphylaxie ; de plus, l'identification sur les clichés peut être difficile.

Récemment, l'utilisation de la neurostimulation a été décrite. La « technique de Tsui » [21] utilise un cathéter équipé d'un mandrin relié à un neurostimulateur. L'identification du niveau du myotome stimulé permet de connaître le niveau de l'extrémité du cathéter et, dans des mains expertes, il a été rapporté un taux de succès de 89 %. Un bénéfice supplémentaire est la possibilité d'identifier un positionnement sous-arachnoïdien, dans les cas où un courant de stimulation plus faible est observé. Cependant, cette technique ne peut être utilisée qu'en l'absence de curares et en présence d'anesthésiques locaux périduraux. Tsui a aussi décrit l'utilisation d'un guidage électrocardiographique [22]. Le cathéter péridural est adapté de façon à ce qu'il fonctionne comme une dérivation ECG. Le niveau vertébral est évalué en comparant le tracé obtenu avec le cathéter lors de sa progression avec un tracé de référence provenant d'un cathéter dont l'extrémité est au niveau requis. Cette technique a l'avantage de ne pas être affectée par les curares ou les anesthésiques locaux périduraux. Cependant, elle ne confirme pas que le cathéter est dans l'espace péridural, et à des niveaux thoraciques élevés, il peut être difficile de faire une différence entre les différents niveaux vertébraux, compte tenu du fait que les modifications électrocardiographiques sont subtiles. L'imagerie échographique de l'espace péridural chez l'adulte a été décrite pour la première fois par Cork en 1980 [23]. Depuis, de nombreuses études chez l'adulte ont montré une forte corrélation entre la profondeur échographique de l'espace péridural et la profondeur réelle de celui-ci [24]. Récemment, cette corrélation a été confirmée chez l'enfant [11,25]. Il a été montré qu'une sonde linéaire dans le plan longitudinal paramédian procurait des images de meilleure qualité au niveau lombaire et thoracique [26,27]. En raison de l'ossification, la qualité d'image diminue avec l'âge. L'âge idéal se situe entre la naissance et 3 mois.

L'utilisation de l'échographie pour évaluer la position du cathéter chez l'enfant a été décrite pour la première fois par Chawathe et al. [28]. Au cours des 24 premières heures suivant la mise en place d'un cathéter péridural, un radiologue réalisait une échographie au moyen d'une sonde linéaire Toshiba SSH 140A[®] de 7,5 MHz. Bien que le cathéter péridural ait été détecté dans 75 % des cas, l'extrémité du cathéter n'était visualisée chez aucun patient ; ceci peut être attribué au type de cathéter

utilisé, mais cette information n'était pas disponible dans l'étude. Depuis, il a été montré qu'avec l'utilisation de matériel d'échographie portable, l'extrémité du cathéter péridural pouvait être aussi bien localisée directement et indirectement au moment de sa mise en place [29]. Afin d'améliorer la visualisation du cathéter, un cathéter de type FlexTip[®] (Arrow International, Reading, États-Unis) peut être utilisé. Le mandrin et la bobine à l'intérieur de l'extrémité du cathéter augmentent l'échogénicité, permettant une visualisation avec les échographes portables de base. Lorsque l'extrémité ne peut être visualisée directement, sa position peut être déduite en injectant un bolus de sérum physiologique qui dilate l'espace péridural et déplace la dure-mère. Les avantages de la technique échographique incluent le caractère non invasif, la disponibilité grandissante des échographes, l'évaluation en temps réel et la détection du positionnement dans l'espace péridural.

POINTS CLÉS

- Le degré d'ossification augmente avec l'âge, limitant de ce fait la visualisation des structures rachidiennes.
- Plus l'imagerie échographique est céphalique, plus la fenêtre échographique est petite.
- La taille de la fenêtre échographique est la plus grande dans le plan sagittal paramédian.
- Les sondes linéaires procurent les meilleures images.
- Chez les enfants, la dose-test de sérum physiologique identifie la bonne position de l'aiguille dans l'espace caudal péridural.
- L'utilisation de cathéters périduraux équipés de mandrins améliore la visualisation échographique.

RÉFÉRENCES

1. Giafre E, Dalens B, Gombert A : Epidemiology and morbidity of regional anesthesia in children—a one-year prospective survey of the ADARPEF. *Anesth Analg* 83 : 897-900, 1996.
2. Price CM, Rogers PD, Prosser AS, et al : Comparison of the caudal and lumbar approaches to the epidural space. *Ann Rheum Dis* 59 : 879-882, 2000.
3. Senoglu N, Senoglu M, Oksuz H, et al : Landmarks of the sacral hiatus for caudal epidural block : An anatomical study. *Br J Anaesth* 95 (5) : 692-695, 2005.
4. Lewis ON, Thomas P, Wilson LF, et al : The « whoosh » test. A clinical test to confirm correct needle placement in caudal epidural injection. *Anaesthesia* 47 : 57-58, 1992.
5. Bollinger P, Mayne P : The « whoosh » test in children. *Anaesthesia* 47 : 1002-1003, 1992.
6. Guinard JP, Bordoien M : Probable venous air embolism during caudal anesthesia in a child. *Anesth Analg* 76 : 1134-1135, 1993.
7. Orme RM, Berg SJ : The « swoosh » test—an evaluation of a modified « whoosh » test in children. *Br J Anaesth* 90 : 62-65, 2003.
8. Kozek-Langenecker S, Marhofer P, Jonas K, et al : Cardiovascular criteria for epidural test dosing in sevoflurane and halothane-anesthetized children. *Anesth Analg* 90 : 579-583, 2000.
9. Tsui BCH, Tarkilla P, Gupta S, et al : Confirmation of caudal needle placement using nerve stimulation. *Anesth Analg* 91 : 374-378, 1999.
10. Singh M, Khan RM : Use of a peripheral nerve stimulator for predicting caudal epidural analgesia. *Anaesthesia* 55 : 830-831, 2000.
11. Rapp HJ, Folger A, Grau T : Ultrasound-guided epidural catheter insertion in children. *Anesth Analg* 101 : 333-339, 2005.

12. Roberts SA, Guruswamy V, Galvez I : Caudal injectate can be reliably imaged using portable ultrasound—a preliminary study. *Paediatr Anaesth* 15 (11) : 948-952, 2005.
13. Kriss VM, Desai NS : Occult spinal dysraphism in neonates : Assessment of high-risk cutaneous stigmata on sonography. *Am J Roentgenol* 171 (6) : 1687-1692, 1998.
14. Dick EA, Patel K, Owens CM, et al : Spinal ultrasound in infants. *Br J Radiology* 75 : 384-392, 2002.
15. Klocke R, Jenkinson T, Glew D : Sonographically guided caudal epidural steroid injections. *J Ultrasound Med* 22 : 1229-1232, 2003.
16. Chen CP, Tang SF, Hsu TC, et al : Ultrasound guidance in caudal epidural needle placement. *Anesthesiology* 101 : 181-184, 2004.
17. Bosenberg AT, Bland BAR, Schulte-Steinberg O, Downing JW : Thoracic epidural anesthesia via caudal route in infants. *Anesthesiology* 69 : 265-269, 1988.
18. Aphthorp N, Challands J, Visram A : A survey of the usage of caudal catheters amongst paediatric anaesthetists practicing in the UK. *Paediatr Anaesth* 10 : 692, 2000.
19. Valairucha S, Seefelder C, Houck CS : Thoracic epidural catheters placed by the caudal route in infants ; the importance of radiographic confirmation. *Pediatric Anesthesia* 12 (5) : 424-428, 2002.
20. Van Nierkerk J, Bax-Vermeire BMJ, Geurts JWM, et al : Epidurography in premature infants. *Anesthesia* 45 (9) : 722-725, 1990.
21. Tsui BC, Wagner A, Cave D, et al : Thoracic and lumbar epidural analgesia via the caudal approach using electrical stimulation guidance in pediatric patients. *Anesthesiology* 100 : 683-689, 2004.
22. Tsui BCH, Seal R, Koller J : Thoracic epidural catheter placement via the caudal approach in infants using electrocardiographic guidance. *Anesth Analg* 95 (2) : 326-330, 2002.
23. Cork RC, Kryc JJ, Vaughan RW : Ultrasonic localization of the lumbar epidural space. *Anesthesiology* 52 : 513-516, 1980.
24. Grau T, Leipold RW, Horter J, et al : The lumbar epidural space in pregnancy : Visualization by ultrasonography. *Br J Anaesth* 86 : 798-804, 2001.
25. Willschke H, Marhofer P, Bosenberg A, et al : Epidural catheter placement in children : Comparing a novel approach using ultrasound guidance and a standard loss-of-resistance technique. *Br J Anaesth* 97 : 200-207, 2006.
26. Grau T, Leipold RW, Horter J, et al : Paramedian access to the epidural space : The optimum window for ultrasound imaging. *J Clin Anesth* 13 : 213-217, 2001.
27. Marhofer P, Bosenberg A, Sitzwohl C, et al : Pilot study of neuraxial imaging by ultrasound in infants and children. *Paediatr Anaesth* 15 : 671-676, 2005.
28. Chawathe MS, Jones RM, Gildersleve CD, et al : Detection of epidural catheters with ultrasound in children. *Paediatr Anaesth* 13 : 681-684, 2003.
29. Roberts SA, Galvez I : Ultrasound assessment of caudal catheter position in infants. *Paediatr Anaesth* 15 (5) : 429-432, 2005.

Procédures échoguidées pour douleurs chroniques

23

DOMINIC HARMON



Les techniques en rapport avec les douleurs chroniques sont soit diagnostiques, soit thérapeutiques. Les blocs diagnostiques ne facilitent pas l'identification du mécanisme de la douleur, seulement l'origine anatomique de la douleur. Ils consistent à injecter une très petite dose d'anesthésique local directement à côté des nerfs innervant la zone anatomique à l'origine de la douleur. Une diminution de l'intensité de la douleur, possiblement associée à une amélioration fonctionnelle, indique que la région innervée peut être à l'origine de la douleur. Cette pratique a été largement validée pour le diagnostic des douleurs de l'articulation zygo-apophysaire (ou interapophysaire postérieure), pour lesquelles ni l'examen clinique, ni les techniques d'imagerie ne procurent de diagnostic fiable [1]. D'autres techniques diagnostiques incluent l'injection intra-articulaire d'anesthésique local pour différents types de pathologie articulaire [2], ainsi que la discographie pour le diagnostic de déplacement du disque intervertébral [3].

Il existe plusieurs types de techniques thérapeutiques, incluant la neurotomie par radiofréquence pour les douleurs de l'articulation zygo-apophysaire, les injections foraminales de corticoïdes pour les douleurs radiculaires [5], les injections intra-articulaires de corticoïdes [2], l'annuloplastie électrothermique intradiscale pour les déplacements du disque intervertébral [3], la stimulation de la moelle épinière [6], les opiacés intrathécaux par l'intermédiaire de pompes implantées [7], la neurolyse chimique [8] et la cryo-analgésie [9]. Les procédures, thérapeutiques et diagnostiques, nécessitent une grande précision dans le positionnement des instruments. Pour les blocs nerveux diagnostiques, il est essentiel que l'aiguille soit placée aussi près que possible des structures nerveuses cibles et que la dose d'anesthésique local injectée soit la plus faible possible. L'échec en la matière est à l'origine d'un manque de sélectivité avec un fort taux de faux positifs. Les mêmes principes s'appliquent à l'utilisation des agents chimiques neurolytiques, tels que l'alcool ou le phénol : le positionnement approximatif de l'aiguille ou la diffusion excessive de la solution injectée peut entraîner la neurolyse d'autres structures avec des complications possibles. Pour les procédures de radiofréquence ou de cryo-analgésie, la sonde doit être placée à proximité immédiate du nerf cible, étant donné que la lésion est située autour de l'extrémité active de la sonde.

Un positionnement approximatif entraîne invariablement un échec de traitement ou peut être à l'origine de complications sévères. Il est évident que nombre de techniques utilisées dans les douleurs chroniques ne doivent pas être réalisées à l'aveugle, c'est-à-dire simplement basées sur des repères anatomiques de surface. L'algologue peut réaliser la plupart des procédures interventionnelles efficacement et en sécurité avec la seule aide des techniques d'imagerie.

Avantages de l'échographie pour les techniques interventionnelles de gestion de la douleur

L'échographie peut identifier les muscles, les ligaments, les vaisseaux, les articulations et les surfaces osseuses. Les nerfs peuvent être visualisés pour peu qu'une sonde à haute résolution soit employée. Ces caractéristiques ne sont partagées par aucune autre technique d'imagerie et constituent une explication importante du fort potentiel d'utilité de l'échographie dans les techniques interventionnelles de gestion de la douleur. À la différence de la fluoroscopie et de la tomodensitométrie (TDM), l'échographie n'expose pas le patient et le personnel aux radiations ionisantes. L'injection du liquide est facilement visualisée en temps réel. De ce fait, si le nerf cible est identifié, l'échographie peut fournir une occasion unique de s'assurer de la diffusion de la solution d'anesthésique local au niveau du site à bloquer, et ce sans exposition aux radiations ionisantes. Les vaisseaux sont visualisés encore plus clairement lorsque le mode Doppler est disponible. Ainsi, le risque d'injection intravasculaire d'anesthésique local ou de lésion vasculaire au cours de techniques destructrices est minimisé. L'échographie est bien moins onéreuse que la TDM et, en fonction du choix de l'appareil, l'échographie peut être moins onéreuse que la fluoroscopie.

Certaines structures (par exemple les os) sont à l'origine d'un cône d'ombre postérieur rendant difficile l'identification des structures dans cette zone. L'utilisation de sondes hautes fréquences est obligatoire pour obtenir la résolution nécessaire à l'identification des petits nerfs. Cependant, plus la résolution est haute et moins la profondeur d'exploration est importante (pénétration tissulaire).

Infiltration des zones gâchettes

Il n'y a pas d'accord sur la définition des zones gâchettes dans les douleurs chroniques. Il n'y a pas non plus de méthode diagnostique validée pour détecter ces zones gâchettes. La zone gâchette musculaire est douloureuse à la compression et peut déclencher des douleurs projetées (c'est-à-dire des douleurs à distance de la zone de stimulation), une dysfonction motrice et des phénomènes impliquant le système nerveux autonome [10]. Chez les patients présentant des points musculaires douloureux, les critères diagnostiques précités ne sont souvent pas remplis et, de ce fait, ils peuvent être nommés « points sensibles ». Les points sensibles sont associés à une douleur de la zone de palpation sans nécessairement déclencher une douleur projetée ou des phénomènes associés. Il n'est pas encore clairement établi si les points douloureux sont la résultante de changements pathologiques au niveau même du site de la douleur ou bien si ces points sont la résultante d'une douleur projetée.

Anatomie échographique

Il n'y a pas d'apparence échographique typique des zones gâchettes musculaires. L'échographie du point d'injection dépend de la position du point d'injection. Le muscle présente une apparence échographique hyperéchogène due au périnysium (tissu conjonctif). D'autres structures pertinentes, telles que les vaisseaux sanguins, les nerfs, l'os et la plèvre, présentent une structure échographique typique décrite dans le chapitre 12.

Technique d'injection

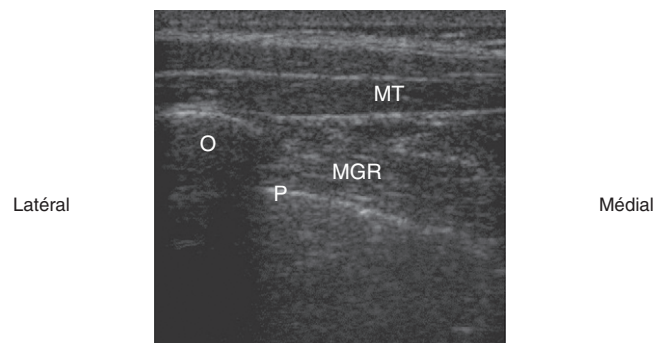
Pour les injections échoguidées au niveau des zones gâchettes, la position du patient dépend du site d'injection. Sur la [figure 23.1](#), le point de ponction se situe au niveau paravertébral en dedans de l'épaule. Le patient est placé en décubitus ventral. L'opérateur se tient du côté à bloquer. Pour la réalisation de l'injection échoguidée au niveau de la zone gâchette, l'écran de l'échographe est placé au-dessus de l'épaule, du côté devant être bloqué. Le balayage échographique, au moyen d'une sonde linéaire (13 MHz MicroMaxx[®], SonoSite, Bothell, États-Unis), peut permettre d'identifier l'endroit ayant la sensibilité maximale. Dans la région thoracique paravertébrale, la sonde échographique est maintenue dans une orientation transverse ([figure 23.2](#)). Le balayage échographique doit être effectué de dehors (latéral) en dedans (médial). Le bord médial de l'omoplate se présente comme une fine ligne hyperéchogène avec perte de l'image en profondeur ([figure 23.3](#)). La peau est désinfectée avec une solution antiseptique et des champs stériles sont apposés. La sonde d'échographie est introduite dans une housse stérile (CIVCO Medical Instruments, Kalona, États-Unis) avec du gel échographique (Aquasonic[®], Parker Laboratories, Fairfield, États-Unis). Une couche de gel est appliquée entre la housse stérile et la peau. Une anesthésie locale est réalisée à distance de la sonde d'échographie de façon à améliorer l'asepsie et à permettre un angle d'approche tangentiel pour améliorer la visualisation de l'aiguille. Une aiguille



■ **Figure 23.1.** Vue globale de la réalisation d'une injection au niveau d'une zone gâchette.



■ **Figure 23.2.** Orientation de la sonde échographique lors de la réalisation d'une injection au niveau d'une zone gâchette.



■ **Figure 23.3.** Vue transverse d'une injection au niveau d'une zone gâchette dans la région scapulaire médiale au moyen d'un appareil SonoSite avec une sonde linéaire 6 à 13 MHz. O : bord médial de l'omoplate ; MT : muscle trapèze ; P : plèvre ; MGR : muscle grand rhomboïde.

de 22 gauges de 50 mm de long est introduite parallèlement au faisceau d'ultrasons ([figure 23.4](#)). Lors de cette approche, l'opérateur peut faire glisser ou incliner la sonde de façon à maintenir, autant que possible, l'extrémité de l'aiguille visible. La plèvre est visualisée en



Figure 23.4. Positionnement de la sonde et de l'aiguille au cours de la réalisation d'une injection au niveau d'une zone gâchette. Noter l'orientation de l'aiguille dans le plan des ultrasons.

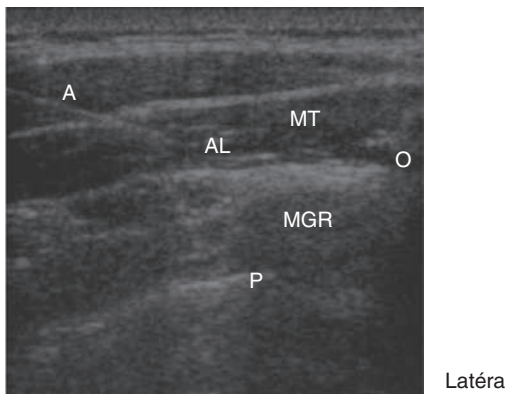


Figure 23.5. Imagerie en temps réel de l'introduction de l'aiguille pour la réalisation d'une injection au niveau d'une zone gâchette. Noter le corps et l'extrémité de l'aiguille dans le muscle trapèze. O : bord médial de l'omoplate ; MT : muscle trapèze ; P : plèvre ; A : aiguille ; AL : anesthésique local ; MGR : muscle grand rhomboïde.

permanence. L'aiguille est avancée jusqu'à ce qu'elle atteigne la zone musculaire ciblée. On confirme par échographie le bon positionnement de l'extrémité de l'aiguille au niveau de la zone musculaire désirée. Le patient indique aussi qu'il s'agit d'une zone douloureuse. Les doses-tests permettant d'évaluer la diffusion d'anesthésique local doivent être faibles (0,5–2 ml). Si la diffusion de l'anesthésique local n'est pas visualisée à l'écran, l'injection doit être stoppée. L'anesthésique local apparaît comme une plage hypo-échogène (figure 23.5). Si une solution de corticoïdes est utilisée, elle apparaît comme une plage hyperéchogène.

Pratique basée sur les preuves

Les preuves scientifiques concernant l'efficacité de l'injection de sérum physiologique, d'anesthésique local ou de la simple ponction des zones gâchettes ou des zones sensibles sont peu solides. Néanmoins, elles sont largement utilisées dans le cadre du traitement des patients présentant des douleurs musculosquelettiques.

Récemment, la réalisation d'injections non spécifiques a été à l'origine de résultats impressionnants dans le cadre des lombalgies chroniques, suggérant que les traitements non spécifiques puissent avoir une valeur dans ce type de douleurs [11]. Une des explications possibles pour le peu d'effet des infiltrations des zones gâchettes/zones sensibles réside peut-être dans le fait qu'il est difficile d'injecter spécifiquement la zone cible. La localisation précise et l'infiltration des structures profondes peut être problématique. Il est aussi difficile d'infiltrer toutes les couches musculaires et les fascias correspondant au point douloureux. Une approche possible est d'injecter un grand volume de la solution lors du retrait de l'aiguille, ce qui peut augmenter le risque de toxicité des anesthésiques locaux, en particulier lorsque plusieurs points sont infiltrés. Une approche alternative consiste à réaliser une infiltration de la zone gâchette/zone sensible sous échographie. Dans certains cas, il est possible de visualiser un spasme musculaire lorsque l'aiguille pénètre la zone gâchette du muscle cible [12]. Différents muscles et fascias peuvent être infiltrés sélectivement. Un avantage supplémentaire de cette méthode est le fait d'éviter de pénétrer par inadvertance dans les structures profondes [13,14], en particulier au niveau des régions thoraciques et cervicales basses, où l'imagerie échographique pourrait éviter une ponction de la plèvre qui peut se trouver à seulement quelques millimètres en profondeur par rapport aux muscles cibles. De la même façon que pour les indications précédentes, l'échographie ne constitue pas une technique permettant de justifier le recours à des modalités thérapeutiques controversées, mais elle constitue plutôt une technique additionnelle pour les praticiens croyant à l'efficacité des infiltrations des zones gâchettes/zones sensibles.

POINTS CLÉS

- Il n'y a pas de test diagnostique validé concernant les zones musculaires gâchettes.
- Les preuves concernant l'efficacité des injections au niveau des zones gâchettes sont peu solides.
- La localisation précise des structures profondes est problématique en l'absence d'imagerie.
- Le guidage échographique évite certaines complications comme le pneumothorax.
- Les solutions à base de corticoïdes sont hyperéchogènes.

Infiltrations de l'articulation sacro-iliaque

Il est difficile de pénétrer dans l'articulation sacro-iliaque avec une aiguille, en raison de sa configuration complexe. Dans une étude en double insu, Rosenberg et al. [15] ont rapporté la réalisation d'injections de l'articulation sacro-iliaque guidées cliniquement et contrôlées par TDM. Dans cette étude, le taux d'injections intra-articulaires était de 22 %. Ce taux très bas indique que cette technique guidée cliniquement doit être utilisée avec parcimonie et qu'un guidage par imagerie est nécessaire afin de réaliser de façon fiable une injection au niveau de l'articulation sacro-iliaque.

Anatomie échographique

L'articulation sacro-iliaque est formée par les os du sacrum et l'os iliaque. La surface osseuse apparaît comme une ligne hyperéchogène avec perte de visualisation en dessous. L'articulation sacro-iliaque apparaît comme une fente entre deux surfaces osseuses.

Technique d'injection

Pour l'injection échoguidée au niveau de l'articulation sacro-iliaque, le patient est placé en décubitus ventral. Un coussin est placé en dessous de l'abdomen de façon à effacer la lordose lombaire. L'opérateur se tient du côté à bloquer (figure 23.6). L'écran de l'échographe est placé du côté bloqué. La sonde basse fréquence (C60e, 4-5 MHz) curvilinéaire (MicroMaxx®, SonoSite) est optimale pour la réalisation d'une injection au niveau de l'articulation sacro-iliaque. Une sonde haute fréquence peut être utilisée chez l'enfant et l'adulte de petit gabarit. Au niveau du hiatus sacré, la sonde échographique est orientée en position transverse (figure 23.7). Un balayage échographique de dehors en dedans depuis le hiatus sacré permet d'identifier le bord latéral du sacrum. Ce rebord osseux est suivi en direction céphalique avec la sonde échographique maintenue en position transverse. Un second rebord osseux, l'ilion, est alors identifié. La fente entre ces deux rebords osseux constitue l'articulation sacro-iliaque (figure 23.8). La peau est désinfectée avec une solution antiseptique et des champs stériles sont apposés. La sonde d'échographie est introduite dans une housse stérile (CIVCO Medical Instruments) avec du gel échographique (Aquasonic®, Parker Laboratories). Une couche de gel est appliquée entre la housse stérile et la peau. Une anesthésie locale est réalisée au niveau du bord interne de la sonde. Une aiguille de 22 gauges pour rachi-anesthésie est insérée dans le plan des ultrasons (figure 23.9). L'aiguille est avancée de dedans en dehors jusqu'à ce qu'elle soit positionnée dans l'articulation sacro-iliaque (figure 23.10). Une fois que la position intra-articulaire de l'extrémité de l'aiguille est confirmée par échographie, la solution peut alors être injectée. La visualisation de l'injection de la solution est difficile en



■ **Figure 23.6.** Vue globale de la réalisation d'une injection de l'articulation sacro-iliaque.



■ **Figure 23.7.** Orientation de la sonde échographique lors de la réalisation d'une injection au niveau de l'articulation sacro-iliaque.

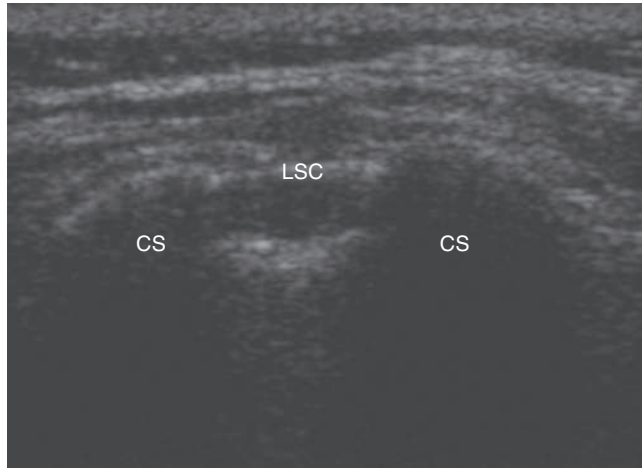
raison des contours osseux et du faible volume utilisé. L'anesthésique local apparaît comme une image hypoéchogène. Si une solution de corticoïdes est utilisée, elle apparaît de façon hyperéchogène.

Pratique basée sur les preuves

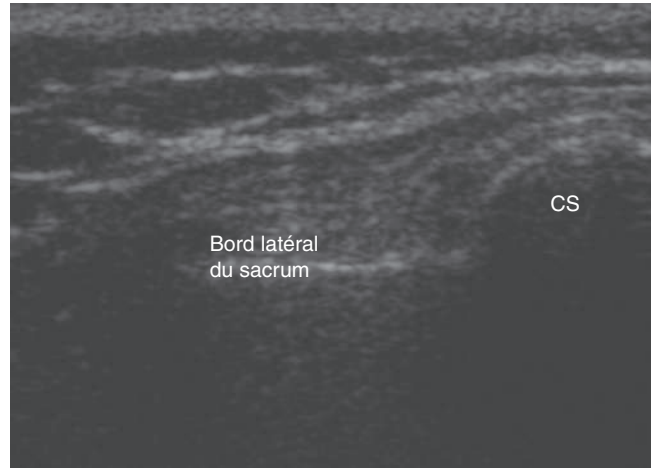
À ce jour, de nombreuses études ont rapporté l'efficacité thérapeutique, ainsi que les effets favorables à court et long terme des injections guidées par fluoroscopie, TDM et imagerie par résonance magnétique (IRM) au niveau de l'articulation sacro-iliaque [16-19]. Arslan et al. [20] ont montré que la partie postérieure de l'articulation sacro-iliaque pouvait être visualisée à l'échographie Doppler couleur et puissance. Ils ont étudié la vascularisation à l'intérieur et autour de l'articulation dans le cadre du diagnostic de sacro-illite aiguë ainsi que pour la surveillance de la réponse thérapeutique ; cependant, ils n'ont pas réalisé d'injection à visée thérapeutique. Pekkafehli et al. [21] ont étudié la faisabilité et l'efficacité des injections échoguidées au niveau de l'articulation sacro-iliaque. Leur intention n'était pas de comparer leur taux de succès avec les autres modes de guidage, tels que la fluoroscopie, la TDM ou l'IRM. De plus, l'efficacité thérapeutique et les résultats cliniques n'étaient pas rapportés.

Il y a des avantages et des désavantages évidents à l'utilisation du guidage échographique en comparaison des autres techniques de guidage. Il est certain que toute intervention pouvant être réalisée sous guidage échographique en remplacement de la fluoroscopie ou de la TDM est préférable, car la minimisation de l'exposition aux radiations ionisantes doit toujours être un but. Cela permet aussi de répéter la procédure sans craindre les effets des radiations ionisantes. De plus, la main de l'opérateur échappe aux radiations ionisantes par rapport au positionnement de l'aiguille guidé par fluoroscopie. Un avantage supplémentaire est que l'échographie est plus facilement disponible que l'IRM, la TDM ou la fluoroscopie.

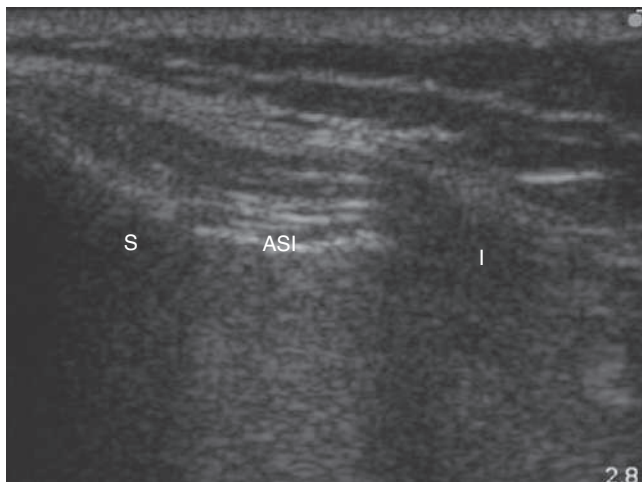
Pekkafehli et al. [21] ont rapporté des difficultés avec la technique échoguidée. Au début de l'étude, ils n'étaient pas toujours capables de distinguer clairement



A



B



C

Figure 23.8. Une orientation transverse de la sonde est utilisée de façon à identifier l'articulation sacro-iliaque. Le balayage latéral depuis le hiatus sacré (A) permet d'identifier le bord latéral du sacrum (B). Ce rebord osseux est suivi en direction céphalique avec la sonde échographique maintenue en position transverse. Un second rebord osseux, l'ilion, est alors identifié (C). La fente entre ces deux rebords osseux constitue l'articulation sacro-iliaque (ASI). CS : corne sacrée ; LSC : ligament sacrococcygien ; S : sacrum ; I : ilion ; ASI : articulation sacro-iliaque.



Figure 23.9. Positionnement de la sonde et de l'aiguille au cours de la réalisation d'une injection au niveau de l'articulation sacro-iliaque. Noter l'orientation de l'aiguille dans le plan des ultrasons.

les structures anatomiques et le taux d'injection intra-articulaire n'était pas satisfaisant. Certaines des difficultés étaient dues aux limites de l'échographie, telle que la forte réflexion de l'os qui empêche toute visualisation des structures internes osseuses et articulaires. De plus, en cas d'interligne articulaire étroit, il était difficile d'identifier la fente hypo-échogène représentant l'espace articulaire. Avec l'expérience acquise, Pekkafehli et al. [21] ont pu voir leur taux de succès passer de 60 % (lors des 30 premières injections) à 93,5 % (lors des 30 dernières injections). Ils utilisaient des aiguilles de taille 20 gauges, ce qui est tout de même une taille assez importante ; cela permettait d'obtenir une visibilité suffisante et l'échogénicité de l'extrémité de l'aiguille facilitait le recours à la technique échographique.

Les futures études doivent porter sur l'efficacité thérapeutique des injections intra-articulaires au niveau de l'articulation sacro-iliaque. Le taux de succès doit aussi être comparé à celui obtenu avec les autres moyens de guidage tels que la fluoroscopie, la TDM ou l'IRM.

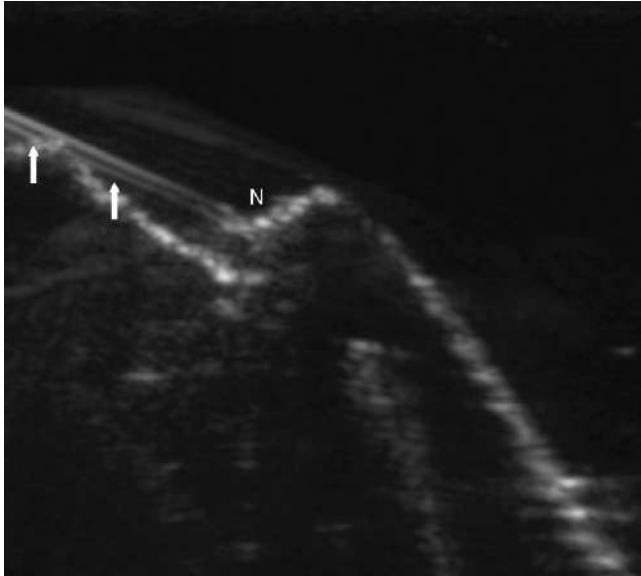


Figure 23.10. Imagerie en temps réel de l'introduction de l'aiguille lors de la réalisation d'une injection dans l'articulation sacro-iliaque. Noter le corps de l'aiguille indiqué par les flèches et l'extrémité de l'aiguille (A) au niveau de l'articulation sacro-iliaque.

POINTS CLÉS

- L'injection guidée cliniquement au niveau de l'articulation sacro-iliaque n'est intra-articulaire que dans 22 % des cas.
- Plusieurs techniques d'imagerie ont été utilisées.
- La faisabilité de l'échoguidage pour la réalisation de l'injection au niveau de l'articulation sacro-iliaque a été démontrée.
- Les avantages particuliers de l'échoguidage incluent la disponibilité de l'appareil et l'absence de radiations ionisantes.
- Mon opinion est que l'échoguidage est associé à une amélioration du confort du patient.

Bloc de la branche lombaire interne

Les douleurs de l'articulation zygo-apophysaire sont une cause courante de lombalgies chroniques. À ce jour, le seul test validé capable de diagnostiquer avec fiabilité les douleurs lombaires zygo-apophysaires est le bloc à l'anesthésique local des nerfs innervant l'articulation zygo-apophysaire cible (bloc de la branche médiane) [22]. La fluoroscopie est la technique standard de contrôle du positionnement de l'aiguille. Le diagnostic est fait en utilisant une faible dose d'anesthésique local de façon à bloquer les nerfs innervant l'articulation. Après identification des articulations impliquées, les nerfs peuvent être détruits en utilisant une technique par radiofréquence percutanée. Cette méthode est bien validée et peut procurer un soulagement prolongé. Typiquement, les blocs à visée diagnostique sont réalisés sous contrôle de la fluoroscopie. Cependant, ni la fluoroscopie ni la TDM ne visualisent les nerfs. En raison

du fait que plusieurs injections sont souvent nécessaires pour identifier l'articulation impliquée ou pour éliminer une origine zygo-apophysaire de la douleur, la technique peut exposer le patient et le personnel à des doses considérables de radiations ionisantes. Récemment, une méthode échoguidée pour bloquer ces nerfs a été développée [23].

Anatomie échographique

Afin de localiser les différents niveaux rachidiens, une échographie postérieure, paravertébrale et parasagittale est réalisée. Les processus transverses sont identifiés dans la région paravertébrale en tant que lignes hyperéchogènes avec perte du signal en dessous de celles-ci. Les processus épineux et les structures adjacentes (lame vertébrale, articulation zygo-apophysaire, processus transverse, facettes articulaires inférieures et supérieures et isthme vertébral) sont délimitées au moyen d'une échographie en orientation transverse à chaque niveau rachidien. Les muscles rachidiens à identifier incluent les muscles psoas et érecteur du rachis.

Technique d'injection

Pour la réalisation du bloc échoguidé de la branche médiane lombaire, le patient est placé en décubitus ventral. Un coussin est placé en dessous de l'abdomen, de façon à effacer la lordose lombaire. L'opérateur se tient du côté à bloquer. L'écran de l'échographe est placé du côté bloqué (figure 23.11). Une sonde linéaire haute fréquence ou une sonde curvilinéaire basse fréquence peut être utilisée (MicroMaxx[®], SonoSite). La sonde est orientée selon un axe longitudinal dans la région paravertébrale afin d'identifier les niveaux rachidiens (figure 23.12). Le niveau rachidien peut être identifié en comptant les processus transverses en remontant depuis le sacrum. La sonde est tournée de 90°, de façon à identifier la zone cible (figure 23.13). Les structures utiles à identifier incluent le processus épineux, le muscle érecteur du rachis, le processus articulaire supérieur et le processus transverse (figure 23.14). La cible à atteindre est la jonction entre le processus articulaire supérieur et le processus transverse (figure 23.15).



Figure 23.11. Vue globale de la réalisation d'un bloc échoguidé de la branche médiane lombaire.

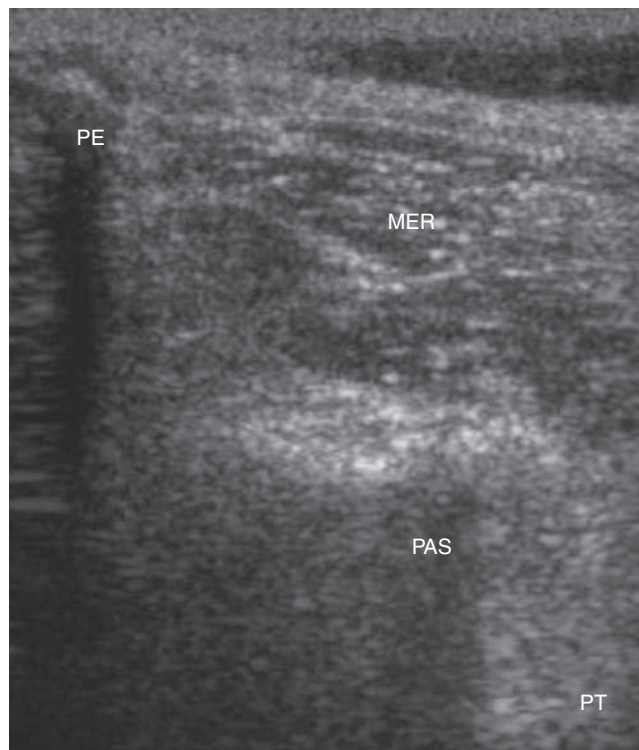


■ **Figure 23.12.** Orientation longitudinale de la sonde afin d'identifier les niveaux rachidiens lors de la réalisation d'un bloc échoguidé de la branche médiane lombaire.



■ **Figure 23.13.** Orientation transverse de la sonde afin d'identifier la zone cible lors de la réalisation d'un bloc échoguidé de la branche médiane lombaire.

La peau est désinfectée avec une solution antiseptique et des champs stériles sont apposés. La sonde d'échographie est introduite dans une housse stérile (CIVCO Medical Instruments) avec du gel échographique (Aquasonic[®], Parker Laboratories). Une couche de gel est appliquée entre la housse stérile et la peau. Une anesthésie locale est réalisée au niveau du bord interne de la sonde. Une aiguille de 22 gauges pour rachi-anesthésie est insérée dans le plan des ultrasons afin de visualiser la totalité du corps de l'aiguille et du biseau (figure 23.16). L'extrémité de l'aiguille doit être clairement identifiée à l'écran avant d'avancer l'aiguille. L'aiguille est avancée jusqu'à ce qu'elle atteigne la jonction entre le processus articulaire supérieur et le processus transverse (figure 23.17). Une fois confirmé par échographie que l'extrémité de l'aiguille se trouve à la jonction entre le processus articulaire supérieur et le processus transverse, la solution d'anesthésique local peut alors être injectée. La visualisation de l'injection de la solution est difficile en raison des contours osseux et du faible volume utilisé. L'injection est réalisée à différents étages en fonction de l'origine suspectée de la douleur.



■ **Figure 23.14.** Vue transverse échographique de l'anatomie paravertébrale en utilisant un système SonoSite avec une sonde linéaire de 6 à 13 MHz. MER : muscle érecteur du rachis ; PAS : processus articulaire supérieur ; PE : processus épineux ; PT : processus transverse.

Pratique basée sur les preuves

L'échographie ne peut visualiser les branches médianes et, de ce fait, les repères osseux rachidiens constituent les structures cibles de la procédure. Dans ce but, il est possible d'utiliser une sonde convexe avec une fréquence comprise entre 2 et 6 MHz (utilisée habituellement pour les explorations de l'abdomen) connectée à un échographe portable. Une étude récente réalisée en trois temps, sur cadavre, sur volontaires sains puis sur des patients, a permis d'identifier les repères échographiques et de décrire les vues échographiques en petit et grand axe nécessaires au guidage fiable de l'aiguille vers les branches médiales de L2 à L4 [23]. Les mesures échographiques ont révélé une augmentation significative de la distance peau/cible entre L3 et L5. Une série de cas cliniques contrôlés par fluoroscopie portant sur 28 blocs échoguidés a souligné la faisabilité de la technique [23]. La précision des blocs échoguidés de la branche médiane de T12 à L4 a été récemment confirmée par une étude sur cadavre avec contrôle par TDM : les données préliminaires ont montré un taux de bon positionnement de l'aiguille de plus de 90 % [24].

Malgré les résultats encourageants cités précédemment, la technique présente des limites. L'obésité peut être à l'origine d'une mauvaise qualité d'image échographique. De plus, il est plus difficile d'identifier les repères osseux afin de bloquer le rameau dorsal de L5 à la jonction entre l'aileron sacré et le processus articulaire supérieur du sacrum. Ce nerf fournit, en



Figure 23.15. La zone cible pour la réalisation du bloc de la branche médiane lombaire se trouve à la jonction entre le processus artériel supérieur (PAS) et le processus transverse (PT).

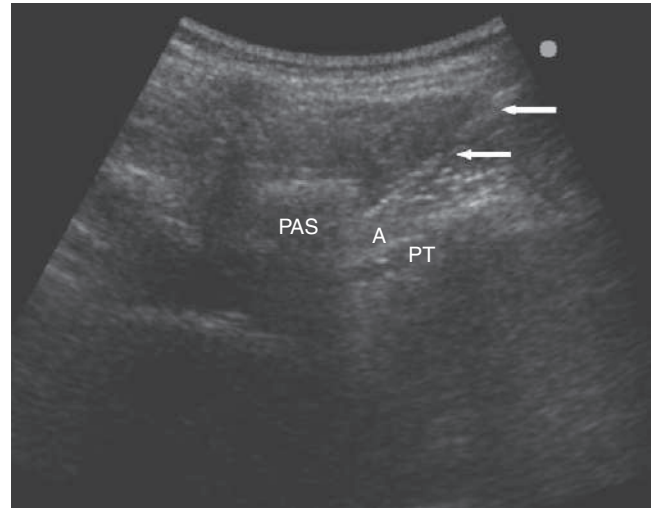


Figure 23.17. Imagerie en temps réel de l'introduction de l'aiguille lors de la réalisation d'un bloc échoguidé de la branche médiane lombaire. Notez le corps de l'aiguille indiqué par les flèches et l'extrémité de l'aiguille (A) à la jonction entre le processus artériel supérieur (PAS) et le processus transverse (PT).

association avec la branche médiane de L4, l'innervation des articulations zygo-apophysaires de L5 à S1 qui représentent une cause fréquente de lombalgies [25]. En conclusion, le guidage échographique est une technique prometteuse pour les blocs nerveux des articulations zygo-apophysaires lombaires.

Les injections au niveau des articulations facettaires ont un rôle dans le diagnostic et le traitement des douleurs lombaires zygo-apophysaires [26]. Galiano et al. [27] ont mené une étude afin de développer une approche échoguidée des injections au niveau des facettes articulaires du rachis lombaire. Cinq articulations zygo-apophysaires (L1-S1) ont été étudiées sur cinq cadavres embaumés, et ce de façon bilatérale, donnant un total de 50 examens. L'espace artériel a été observé par échographie. Le milieu de l'espace artériel, défini comme le milieu de l'extension crânio-caudale de l'articulation au niveau de sa surface dorsale, était pris comme point de référence, et sa position était calculée en fonction de sa profondeur et de sa distance latérale depuis les processus transverses. Quarante-deux des 50 approches ont pu être clairement visualisées. Par la suite, ces distances ont été comparées à celles obtenues par TDM. Afin d'évaluer l'efficacité de l'échographie pour le positionnement de l'aiguille, toutes les facettes articulaires lombaires d'un cadavre embaumé ont été abordées. La position exacte des extrémités des aiguilles a été évaluée par TDM. Chacune des dix extrémités se trouvait dans l'espace artériel lors de ces injections simulées de ces articulations facettaires. Ainsi, le guidage échographique pourrait constituer une aide utile dans le cadre des injections au niveau des facettes articulaires lombaires. De nouvelles études sont nécessaires avant que le guidage échographique pour les blocs de la branche médiane lombaire et pour les injections au niveau des facettes articulaires puisse être présenté comme une alternative à la fluoroscopie.



Figure 23.16. Positionnement de l'aiguille et de la sonde lors de la réalisation d'un bloc échoguidé de la branche médiane lombaire. Notez l'orientation de l'aiguille dans le plan des ultrasons.

POINTS CLÉS

- Les douleurs de l'articulation zygo-apophysaire sont une cause courante de lombalgies chroniques.
- Les techniques d'imagerie sont nécessaires aussi bien pour le diagnostic que pour le traitement.
- La faisabilité du guidage échographique pour le bloc de la branche médiane lombaire a été démontrée.
- La faisabilité du guidage échographique pour les injections au niveau des facettes articulaires a été démontrée.
- Les avantages particuliers du guidage échographique incluent la disponibilité des équipements et l'absence de radiations ionisantes.
- Mon opinion est que l'échoguidage est associé à une amélioration du confort du patient.
- Des études portant sur les résultats de la technique sont nécessaires.

Bloc du ganglion stellaire

Le bloc du ganglion stellaire constitue une option thérapeutique possible chez les patients souffrant de pathologies vasculaires ou de douleurs de la face ou des membres supérieurs d'origine sympathique [28]. La technique la plus fréquemment réalisée consiste à palper le tubercule de Chassaignac à la base du processus transverse de C6 tout en déplaçant latéralement l'artère carotide. Une aiguille est ensuite introduite à l'aveugle sans visualisation radiologique en arrière du doigt palpant le tubercule avec une orientation verticale et en direction de la zone cible. À ce niveau est localisé le ganglion cervical moyen, le ganglion stellaire étant situé plus caudalement et plus postérieurement au niveau du thorax, en regard de la tête de la première côte. Afin de diminuer le fort risque de pneumothorax, la technique à l'aveugle doit se limiter à C6. Cependant, avec la technique à l'aveugle, plusieurs effets secondaires ou complications peuvent survenir, telles que le bloc des nerfs récurrent, phrénique ou des racines nerveuses, la survenue d'une injection péri-durale/intrathécale ou intravasculaire d'anesthésique local, la survenue d'une ponction de la thyroïde ou d'un gros vaisseau à l'origine d'un hématome [29,30]. Même une ponction de l'œsophage (au niveau du côté gauche du cou) à l'origine d'une médiastinite peut survenir. Des techniques d'imagerie, telles que la fluoroscopie, la TDM et l'IRM, ont été proposées pour la réalisation d'un bloc du ganglion stellaire [31]. Cependant, ces techniques ne sont pas employées de façon routinière en raison des coûts, de la disponibilité des équipements et de leur caractère chronophage.

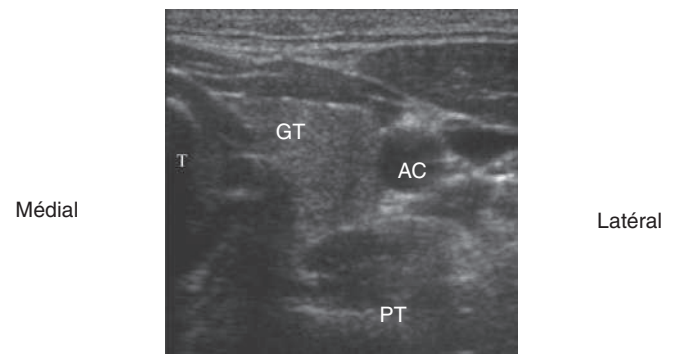
Anatomie échographique

Le ganglion stellaire n'est pas visible à l'échographie. La cible de l'injection se situe au niveau du processus transverse de C6 (tubercule de Chassaignac). Avec une sonde en orientation transverse, la trachée, la glande thyroïde,

l'artère carotide commune et la veine jugulaire interne peuvent être identifiées. En dedans et en profondeur de l'artère carotide commune est identifiée une ligne hyperéchogène représentant le processus transverse de C6 (figure 23.18). Les autres structures pouvant être visualisées incluent l'œsophage, le nerf phrénique et les racines nerveuses cervicales. En balayant le cou de façon plus distale, on peut identifier l'artère vertébrale.

Technique d'injection

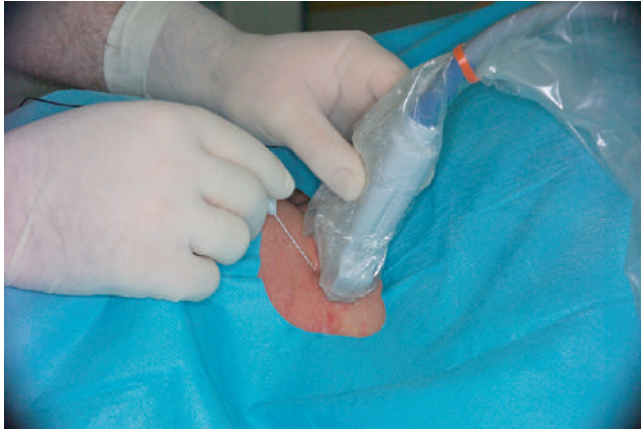
Pour la réalisation du bloc du ganglion stellaire, le patient est placé en décubitus dorsal. L'opérateur se tient du côté à bloquer. L'écran de l'échographe est positionné en dessous de l'épaule du côté à bloquer (figure 23.19). Une sonde linéaire haute fréquence (13 MHz) est utilisée (MicroMaxx[®], SonoSite). Le cartilage cricoïde est repéré et marqué au crayon dermatographique. Au niveau du cartilage cricoïde, la sonde est orientée de façon perpendiculaire au cou (figure 23.20). Il s'agit d'une orientation transverse. La trachée, la thyroïde, l'artère carotide commune et la veine jugulaire interne sont repérées. En dedans et en profondeur de l'artère carotide commune est identifiée une ligne



■ **Figure 23.18.** Vue échographique transverse au niveau cervical avec une sonde linéaire de 6 à 13 MHz mettant en évidence les structures anatomiques utiles lors de la réalisation d'un bloc échoguidé du ganglion stellaire. AC : artère carotide ; T : trachée ; GT : glande thyroïde ; PT : processus transverse.



■ **Figure 23.19.** Vue globale de la réalisation d'un bloc échoguidé du ganglion stellaire.

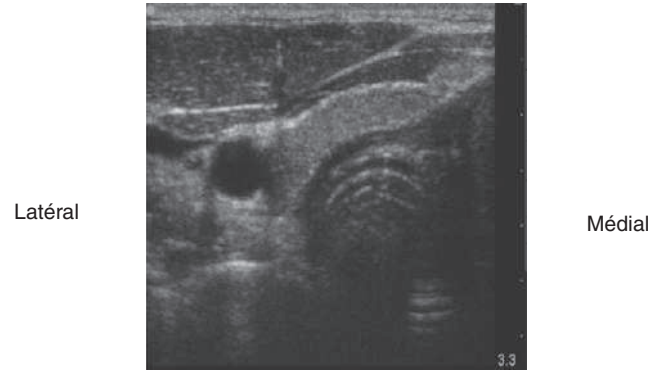


■ **Figure 23.21.** Positionnement de l'aiguille et de la sonde lors de la réalisation d'un bloc échoguidé du ganglion stellaire. Noter l'orientation de l'aiguille, perpendiculaire au plan des ultrasons.

hyperéchogène représentant le processus transverse de C6. La peau est désinfectée avec une solution antiseptique et des champs stériles sont apposés. La sonde d'échographie est introduite dans une housse stérile (CIVCO Medical Instruments) avec du gel échographique (Aquasonic®, Parker Laboratories). Une couche de gel est appliquée entre la housse stérile et la peau. Une anesthésie locale est réalisée à proximité de la sonde. Une approche en petit axe est utilisée (figure 23.21). Une aiguille de 22 gauges de 50 mm de longueur est introduite en dehors du plan de l'image et par conséquent de façon perpendiculaire au faisceau d'ultrasons. L'extrémité de l'aiguille doit être clairement identifiée à l'écran avant toute progression de l'aiguille (figure 23.22). L'aiguille est avancée jusqu'à ce qu'elle atteigne le processus transverse de C6. La dose-test permettant d'évaluer la diffusion de l'anesthésique local doit être de faible volume (0,5-2 ml). Si la diffusion de l'anesthésique local n'est pas constatée à l'écran, l'injection doit être stoppée. L'anesthésique local apparaît comme une plage hypo-échogène (figure 23.23).



■ **Figure 23.20.** Orientation transverse de la sonde lors de la réalisation d'un bloc échoguidé du ganglion stellaire.



■ **Figure 23.22.** Imagerie en temps réel de l'introduction de l'aiguille lors de la réalisation d'un bloc échoguidé du ganglion stellaire. Noter le corps de l'aiguille indiqué par la flèche avec perte du signal en dessous.



■ **Figure 23.23.** Anesthésique local (AL) au niveau du processus transverse de C6 au décours d'un bloc du ganglion stellaire. AC : artère carotide ; T : trachée ; GT : glande thyroïde ; PT : processus transverse.

Pratique basée sur les preuves

L'échographie permet la visualisation de toutes les structures anatomiques utiles au niveau de la région du ganglion stellaire. Son utilité comme moyen de guidage pour la réalisation du bloc du ganglion stellaire a été décrite pour la première fois en 1995 [32]. La visualisation directe de la cible, des structures adjacentes, de l'aiguille et de la diffusion de l'anesthésique local permet la réalisation d'un bloc sympathique avec efficacité et en toute sécurité. Dans cette étude, une réduction de 5 ml d'anesthésique local était obtenue par rapport au groupe « technique en aveugle ». De plus, le délai d'installation du bloc était accéléré par l'utilisation de l'échographie. Aucun hématome n'a été observé dans le groupe échographie, mais 3 des 12 patients de ce groupe ont aussi été traités par une technique à l'aveugle. Depuis, les progrès réalisés au niveau des sondes et du traitement du signal ont permis d'améliorer encore l'identification précise des différentes structures anatomiques lors de la réalisation des blocs du ganglion stellaire échoguidés. À ce jour, les blocs échoguidés du ganglion stellaire constituent la technique standard utilisée par Kapral et al. [32] Malgré le manque d'études

cliniques, il semble raisonnable de penser que, comparées à la technique en aveugle, les ponctions réalisées sous contrôle échographique ont un taux de complications potentiellement diminué et un meilleur taux d'efficacité.

POINTS CLÉS

- Le bloc du ganglion stellaire constitue une option thérapeutique possible chez les patients souffrant de pathologies vasculaires ou de douleurs de la face ou des membres supérieurs d'origine sympathique.
- Le ganglion stellaire est situé à l'étage thoracique, au niveau de la tête de la première côte.
- Afin de diminuer le fort risque de pneumothorax, la technique à l'aveugle doit se limiter à C6.
- La ligne hyperéchogène se trouvant en profondeur et en dedans de la carotide représente le processus transverse.
- L'échographie permet la visualisation de toutes les structures anatomiques utiles au niveau de la région du ganglion stellaire.
- Le bloc du ganglion stellaire échoguidé est associé à une diminution du volume nécessaire d'anesthésique local et à une diminution de l'incidence des complications.

Injections articulaires

Des incertitudes relatives au bon positionnement des injections au niveau des articulations ont été rapportées [33]. Le positionnement exact des aiguilles pour l'injection des corticoïdes et de l'acide hyaluronique est important afin d'obtenir les effets thérapeutiques escomptés et pour éviter les effets secondaires locaux de ces substances. Alors que les injections intra-articulaires au niveau du genou sont habituellement réalisées sans imagerie, les injections ou les ponctions intra-articulaires au niveau de la hanche sont réalisées la plupart du temps sous guidage radiologique [34,35].

Technique d'injection au niveau de l'articulation du genou

Pour réaliser des injections intra-articulaires au niveau du genou, le patient est placé en décubitus dorsal. L'opérateur se tient du côté à bloquer (figure 23.24). L'écran de l'échographe est placé du côté opposé au côté à bloquer, permettant à l'opérateur d'avoir une vue complète sur l'écran. Une sonde linéaire haute fréquence (13 MHz) est utilisée (MicroMaxx[®], SonoSite). Le balayage échographique doit se faire avec une sonde en orientation transverse au niveau de la région suprapatellaire (figure 23.25). Le ligament quadricipital est identifié, ainsi que les contours osseux de la patella et du fémur (figures 23.26 et 23.27). En cas de présence de liquide synovial au niveau de la bourse synoviale suprapatellaire, il se présente à l'échographie comme une plage hypo-échogène. La peau est désinfectée avec une solution antiseptique et des champs stériles sont apposés. La sonde d'échographie est introduite dans



■ **Figure 23.24.** Vue globale de la réalisation d'une injection intra-articulaire au niveau du genou.



■ **Figure 23.25.** Orientation transverse de la sonde lors de la réalisation d'une injection intra-articulaire au niveau du genou.

une housse stérile (CIVCO Medical Instruments) avec du gel échographique (Aquasonic[®], Parker Laboratories). Une couche de gel est appliquée entre la housse stérile et la peau. Une anesthésie locale est réalisée au niveau du bord latéral de la sonde et de l'articulation du genou. Une aiguille de 22 gauges pour rachianesthésie est insérée dans le plan des ultrasons (figure 23.28). Ainsi, le corps et le biseau de l'aiguille sont visualisés à l'écran. L'aiguille est avancée jusqu'à ce qu'elle atteigne une collection de liquide synovial. En cas d'absence de liquide synovial, l'aiguille est introduite juste en dessous de la patella, dans la cavité articulaire. Avec cette approche, l'aiguille est recouverte par de l'os et n'est, par conséquent, pas visualisée. L'air injecté au niveau de la cavité articulaire migre au niveau de la bourse suprapatellaire, la rendant visible.

Pratique basée sur les preuves

Les injections intra-articulaires réalisées sans utilisation de techniques d'imagerie ont une précision variant de 50 à 80 % [36]. Des injections échoguidées au niveau

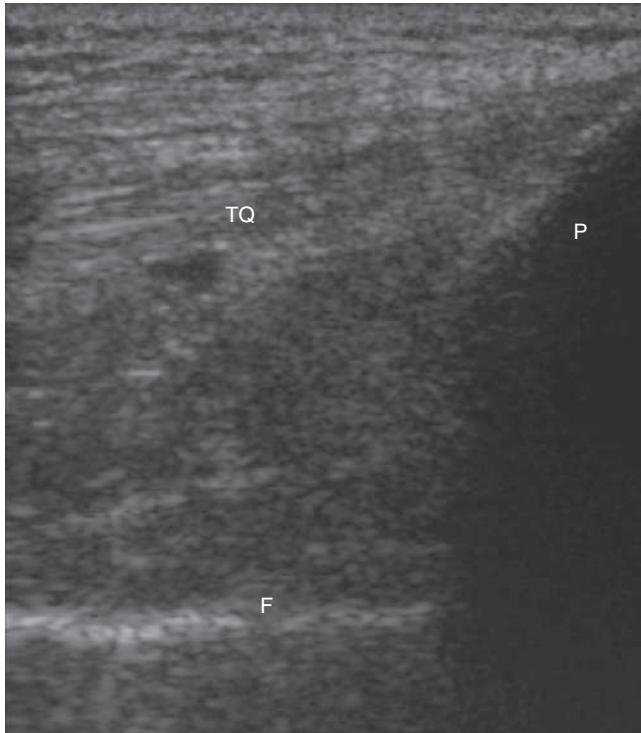


Figure 23.26. Vue longitudinale du genou avec une sonde linéaire de 6 à 13 MHz. TQ : tendon quadricipital ; P : patella ; F : fémur.

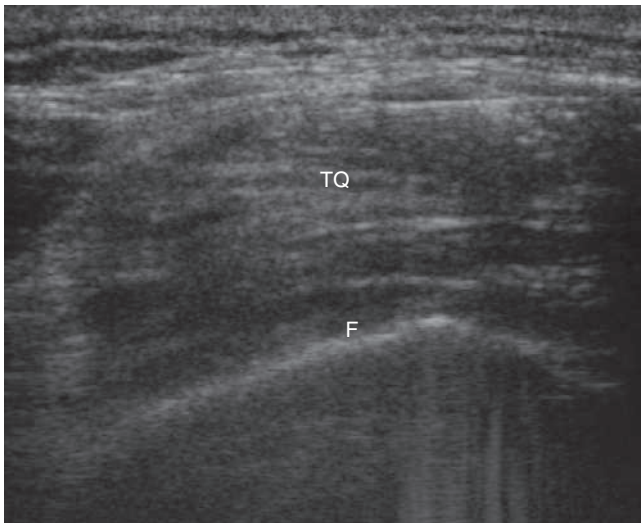


Figure 23.27. Vue transverse du genou avec une sonde linéaire de 6 à 13 MHz mettant en évidence les structures anatomiques utiles à la réalisation d'une injection intra-articulaire au niveau du genou. TQ : tendon quadricipital ; F : fémur.

de la hanche [37], du genou [38] et de l'épaule [39] ont été rapportées. Pourbagher et al. [40] ont rapporté un taux d'injections intra-articulaires de 100 % au niveau de la hanche après contrôle par TDM. Le positionnement de l'aiguille est dépendant de l'expérience et de l'habileté de l'opérateur ; l'échographie peut constituer un apport supplémentaire permettant de documenter



Figure 23.28. Positionnement de l'aiguille et de la sonde lors de la réalisation d'une injection intra-articulaire au niveau du genou. Notez l'orientation de l'aiguille dans le plan des ultrasons.

le bon déroulement de l'injection. L'air est très échogène à l'échographie et la possibilité d'utiliser un guidage échographique de l'aiguille lors des injections au niveau de la hanche et du genou a été démontrée [41]. Les cristaux de triamcinolone ou de méthylprednisolone sont échogènes et peuvent, de ce fait, être visualisés à l'échographie en cas d'utilisation de corticoïdes [42,43].

POINTS CLÉS

- Un pourcentage significatif des injections intra-articulaires non échoguidées est en fait en dehors la zone cible.
- L'air présente une forte échogénicité à l'échographie.
- Les cristaux de triamcinolone ou de méthylprednisolone sont échogènes.

Autres techniques échoguidées dans le cadre des douleurs chroniques

La profondeur des tissus constitue une limite potentielle à l'utilisation du guidage échographique dans le cadre du diagnostic et du traitement des douleurs rachidiennes. Cela a une incidence sur la résolution, en particulier avec les échographes bas de gamme. Des descriptions de nouvelles techniques sont rapportées. Le bloc échoguidé de la branche médiane lombaire a été décrit précédemment dans cet ouvrage. Les injections intra-articulaires au niveau des facettes sont aussi utilisées dans le cadre du diagnostic et du traitement des douleurs zygo-apophysaires lombaires [44]. La fluoroscopie a été régulièrement utilisée afin de guider les injections. Les techniques échoguidées ont été décrites au niveau du rachis cervical et lombaire [45,46]. Des blocs sélectifs des racines nerveuses peuvent être utilisés pour diagnostiquer l'étiologie des symptômes radiculaires lorsque l'imagerie met en évidence des compressions multiples des racines nerveuses [47,48].

Dans certains cas, ils peuvent avoir une valeur prédictive. Derby et al. [49] ont établi une corrélation entre le résultat chirurgical et le soulagement obtenu après injection périurale transforaminale de corticoïdes. La fluoroscopie a été utilisée régulièrement pour guider les injections. Galiano et al. [50] ont décrit une technique échoguidée pour les racines nerveuses cervicales et lombaires [51]. L'injection périurale de corticoïdes est fréquemment réalisée dans le traitement des douleurs radiculaires. Les injections de corticoïdes par voie caudale sont faciles à réaliser et sont largement utilisées par les praticiens sans recours aux techniques d'imagerie. Cependant, le hiatus sacré peut être difficile à identifier et l'échographie peut être utile afin d'obtenir un positionnement caudal approprié de l'aiguille [52].

Les neuropathies par compression au niveau des nerfs périphériques peuvent être une source de douleur chronique [53]. Les techniques d'injection sont aussi bien utilisées dans le cadre du diagnostic que dans celui du traitement. Les techniques ayant recours aux anesthésiques locaux peuvent procurer un soulagement temporaire. Les nerfs sensitifs peuvent être traités en ayant recours à la neurotomie par radiofréquence [54], à la cryo-analgésie ou à la neurolyse chimique afin d'obtenir un soulagement plus durable. Les preuves scientifiques justifiant ces pratiques sont minces. Dans ces cas, l'échographie pourrait constituer un outil supplémentaire permettant d'augmenter l'efficacité et la sécurité. Les exemples de nerfs pouvant potentiellement intéresser l'algologue incluent le nerf radial superficiel, le nerf ilio-inguinal [55], le nerf intercostal [56], la branche antérieure du nerf cutané abdominal [57,58], et bien d'autres. Les nerfs ou les compartiments anatomiques dans lesquels ils reposent peuvent être identifiés à l'échographie et observés au cours des techniques mises en œuvre pour lutter contre la douleur. Les névromes des moignons après amputation d'un membre peuvent être une cause de douleur chronique au niveau du moignon. L'échographie peut être utile dans le diagnostic de tels névromes du moignon [59]. Après un bloc test positif aux anesthésiques locaux, l'injection de phéno- l' au niveau du névrome peut constituer une option thérapeutique [60]. L'échographie a été utilisée afin de réaliser des blocs du plexus coeliaque avec une approche antérieure dans le cadre de douleurs cancéreuses [61]. Cependant, un cas d'abcès rétropéritonéal a été rapporté après réalisation d'un bloc du plexus coeliaque échoguidé [62], et cette approche n'est pas communément utilisée. Greher et al. [63] ont décrit l'utilisation de l'échographie afin de localiser le site d'injection d'une pompe implantée.

Conclusion

Il existe un nombre croissant de procédures diagnostiques et thérapeutiques échoguidées décrites dans le cadre de la douleur chronique. Les avantages particuliers incluent l'absence de radiations ionisantes dans le cadre de procédures répétées, la disponibilité du matériel, le moindre coût comparé aux autres techniques d'imagerie et possiblement un meilleur confort du patient ; cependant, cette conclusion doit être complétée par de futures études.

RÉFÉRENCES

- Barnsley L, Bogduk N : Medial branch blocks are specific for the diagnosis of cervical zygapophyseal joint pain. *Reg Anesth* 18 : 343-350, 1999.
- Aprill C, Axinn MJ, Bogduk N : Occipital headaches stemming from the lateral atlanto-axial (c1-2) joint. *Cephalalgia* 22 : 15-22, 2002.
- Karasek M, Bogduk N : Twelve-month follow-up of a controlled trial of intradiscal thermal anulo- plasty for back pain due to internal disc disruption. *Spine* 25 : 2601-2607, 2000.
- Lord SM, Barnsley L, Wallis BJ, et al : Percutaneous radio-frequency neurotomy for chronic cervical zygapophyseal-joint pain. *N Engl J Med* 335 : 1721-1726, 1996.
- Vad VB, Bhat AL, Lutz GE, Cammisa F : Transforaminal epidural steroid injections in lumbosacral radiculopathy : A prospective randomized study. *Spine* 27 : 11-16, 2002.
- Kemler MA, Barendse GA, van Kleef M, et al : Spinal cord stimulation in patients with chronic reflex sympathetic dystrophy. *N Engl J Med* 343 : 618-624, 2000.
- Rainov NG, Heidecke V, Burkert W : Long-term intrathecal infusion of drug combinations for chronic back and leg pain. *J Pain Symptom Manage* 22 : 862-871, 2001.
- Wong GY, Schroeder DR, Carns PE, et al : Effect of neurolytic celiac plexus block on pain relief, quality of life, and survival in patients with unresectable pancreatic cancer : A randomized controlled trial. *JAMA* 291 : 1092-1099, 2004.
- Barnard D, Lloyd J, Evans J : Cryoanalgesia in the management of chronic facial pain. *J Maxillofac Surg* 9 : 101-102, 1981.
- Han SC, Harrison P : Myofascial pain syndrome and trigger-point management. *Reg Anesth* 22 : 89-101, 1997.
- Yelland MJ, Glasziou PP, Bogduk N, et al : Prolotherapy injections, saline injections, and exercises for chronic low-back pain : A randomized trial. *Spine* 29 : 9-16, 2004.
- Gerwin RD, Duranleau D : Ultrasound identification of the myofascial trigger point. *Muscle Nerve* 20 (6) : 767-768, 1997.
- Nelson LS, Hoffman RS : Intrathecal injection : unusual complication of trigger-point injection therapy. *Ann Emerg Med* 32 (4) : 506-508, 1998.
- Shafer N : Pneumothorax following « trigger point » injection. *JAMA* 213 (7) : 1193, 1970.
- Rosenberg JM, Quint TJ, de Rosayro AM : Computerized tomographic localization of clinically-guided sacroiliac joint injections. *Clin J Pain* 16 : 18-21, 2000.
- Braun J, Bollow M, Seyrekbasan F, et al : Computed tomography guided corticosteroid injection of sacroiliac joint in patients with spondyloarthropathy with sacroiliitis : Clinical outcome and follow-up by dynamic magnetic resonance imaging. *J Rheumatol* 23 : 659-664, 1996.
- Silbergleit R, Mehta BA, Sanders WP, Talati SJ : Imaging-guided injection techniques with fluoroscopy and CT for spinal pain management. *Radiographics* 21 : 927-942, 2001.
- Bollow M, Braun J, Taupitz M, et al : CT-guided intraarticular corticosteroid injection into the sacroiliac joints in patients with spondyloarthropathy : Indication and follow-up contrast-enhanced MRI. *J Comput Assist Tomogr* 20 : 512-521, 1996.
- Pereira PL, Günaydn I, Trübenbach J, et al : Interventional MR imaging for injection of sacroiliac joints in patients with sacroiliitis. *AJR Am J Roentgenol* 175 : 265-266, 2000.
- Arslan H, Sakarya ME, Adak B, et al : Duplex and color Doppler sonographic findings in active sacroiliitis. *AJR Am J Roentgenol* 173 : 677-680, 1999.
- Pekkafahli MZ, Kiralp MZ, Basekim CC, et al : Sacroiliac joint injections performed with sonographic guidance. *J Ultrasound Med* 22 (6) : 553-559, 2003.
- Schwarzer AC, Aprill CN, Derby R, et al : Clinical features of patients with pain stemming from the lumbar zygapophyseal joints. Is the lumbar facet syndrome a clinical entity? *Spine* 19 : 1132-1137, 1994.
- Greher M, Scharbert G, Kamolz LP, et al : Ultrasound-guided lumbar facet nerve block : A sonoanatomic study of a new methodologic approach. *Anesthesiology* 100 : 1242-1248, 2004.
- Greher M, Kirchmair L, Enna B, et al : Ultrasound-guided lumbar facet nerve block : High accuracy of a new technique confirmed

- by CT-scan control. *Eur J Anaesthesiol* 21 (Suppl. 32) : A-461, 2004.
25. Schwarzer AC, Wang SC, Bogduk N, et al : Prevalence and clinical features of lumbar zygapophysial joint pain : A study in an Australian population with chronic low back pain. *Ann Rheum Dis* 54 : 100-106, 1995.
 26. Bogduk N : International Spinal Injection Society guidelines for the performance of spinal injection procedures. Part 1: Zygapophysial joint blocks. *Clin J Pain* 13 : 285-302, 1997.
 27. Galiano K, Obwegeser AA, Bodner G, et al : Ultrasound guidance for facet joint injections in the lumbar spine: A computed tomography- controlled feasibility study. *Anesth Analg* 101 (2) : 579-583, 2005.
 28. Price DD, Long S, Wilsey B, et al : Analysis of peak magnitude and duration of analgesia produced by local anesthetics injected into sympathetic ganglia of complex regional pain syndrome patients. *Clin J Pain* 14 : 216-226, 1998.
 29. Wulf H, Maier C : Complications and side effects of stellate ganglion blockade. Results of a questionnaire survey. *Anaesthetist* 41 : 146-151, 1992.
 30. Bruyns T, Devulder J, Vermeulen H, et al : Possible inadvertent subdural block following attempted stellate ganglion blockade. *Anaesthesia* 46 : 747-749, 1991.
 31. Erickson SJ, Hogan QH : CT-guided injection of the stellate ganglion : Description of technique and efficacy of sympathetic blockade. *Radiology* 188 : 707-709, 1993.
 32. Kapral S, Krafft P, Gosch M, et al : Ultrasound imaging for stellate ganglion block : Direct visualization of puncture site and local anesthetic spread. A pilot study. *Reg Anesth* 20 : 323-328, 1995.
 33. Jones A, Regan M, Ledingham J, et al : Importance of placement of intra-articular steroid injections. *BMJ* 307 : 1329-1330, 1993.
 34. Egsmose C, Lund B, Bach AR : Hip joint distension in osteoarthritis. A triple-blind controlled study comparing the effect of intra-articular indoprofen with placebo. *Scand J Rheumatol* 13 : 238-242, 1984.
 35. Yun AG, Reinker K : Accurate needle placement by the suction-bubble technique for hip arthrography. *J Pediatr Orthop* 19 : 632-634, 1999.
 36. Sethi PM, El Attrache N : Accuracy of intra-articular injection of the glenohumeral joint : A cadaveric study. *Orthopedics* 29 (2) : 149-152, 2006.
 37. Qvistgaard E, Kristoffersen H, Terslev L, et al : Guidance by ultrasound of intra-articular injections in the knee and hip joints. *Osteoarthritis Cartilage* 9 (6) : 512-517, 2001.
 38. Carson BW, Wong A : Ultrasonographic guidance for injections of local steroids in the native hip. *J Ultrasound Med* 18 (2) : 159-160, 1999.
 39. Vierola H : Ultrasonography-guided contrast media injection to shoulder joint using a posterior approach : A technique worth trying. *Acta Radiol* 45 (6) : 616-617, 2004.
 40. Pourbagher MA, Ozalay M, Pourbagher A : Accuracy and outcome of sonographically guided intra-articular sodium hyaluronate injections in patients with osteoarthritis of the hip. *J Ultrasound Med* 24 (10) : 1391-1395, 2005.
 41. Bliddal H : Placement of intra-articular injections verified by mini air-arthrography. *Ann Rheum Dis* 58 : 641-643, 1999.
 42. Hollander JL, Moore R : Studies in osteoarthritis using intra-articular temperature response to injection of hydrocortisone acetate and prednisone. *Ann Rheum Dis* 15 : 320-326, 1956.
 43. Hochberg MC, Altman RD, Brandt KD, et al : Guidelines for the medical management of osteoarthritis. Part II. Osteoarthritis of the knee. American College of Rheumatology. *Arthritis Rheum* 38 : 1541-1546, 1995.
 44. Galiano K, Obwegeser AA, Bodner G, et al : Ultrasound guidance for facet joint injections in the lumbar spine : A computed tomography-controlled feasibility study. *Anesth Analg* 101 (2) : 579-583, 2005.
 45. Galiano K, Obwegeser AA, Bodner G, et al : Ultrasound-guided facet joint injections in the middle to lower cervical spine : A CT-controlled sonoanatomic study. *Clin J Pain* 22 (6) : 538-543, 2006.
 46. Eichenberger U, Greher M, Kapral S, et al : Sonographic visualization and ultrasound-guided block of the third occipital nerve : Prospective for a new method to diagnose C2-C3 zygapophysial joint pain. *Anesthesiology* 104 (2) : 303-308, 2006.
 47. Stanley D, McLaren MI, Euinton HA, et al : A prospective study of nerve root infiltration in the diagnosis of sciatica : A comparison with radiculography, computed tomography, and operative findings. *Spine* 6 : 540-543, 1990.
 48. Van Akkerveeken PF : The diagnostic value of nerve sheath infiltration. *Acta Orthop San* 64 : 61-63, 1993.
 49. Derby R, Kine G, Saal JA, et al : Response to steroid and duration of radicular pain as predictors of surgical outcome. *Spine* 17 (Suppl) : 176-183, 1992.
 50. Galiano K, Obwegeser AA, Bodner G, et al : Real-time sonographic imaging for periradicular injections in the lumbar spine : A sonographic anatomic study of a new technique. *J Ultrasound Med* 24 (1) : 33-38, 2005.
 51. Galiano K, Obwegeser AA, Bodner G, et al : Ultrasound-guided periradicular injections in the middle to lower cervical spine : An imaging study of a new approach. *Reg Anesth Pain Med* 30 (4) : 391-396, 2005.
 52. Chen CP, Tang SF, Hsu TC, et al : Ultrasound guidance in caudal epidural needle placement. *Anesthesiology* 101 : 181-184, 2004.
 53. Rayan GM : Compression neuropathies, including carpal tunnel syndrome. *Clin Symp* 49 (2) : 2-32, 1997.
 54. Rozen D, Ahn J : Pulsed radiofrequency for the treatment of ilioinguinal neuralgia after inguinal herniorrhaphy. *Mt Sinai J Med* 73 (4) : 716-718, 2006.
 55. Willschke H, Marhofer P, Bosenberg A, et al : Ultrasonography for ilioinguinal/iliohypogastric nerve blocks in children. *Br J Anaesth* 95 (2) : 226-230, 2005.
 56. Doi K, Nikai T, Sakura S, Saito Y : Intercostal nerve block with 5 % tetracaine for chronic pain syndromes. *J Clin Anesth* 14 (1) : 39-41, 2002.
 57. Willschke H, Bosenberg A, Marhofer P, et al : Ultrasonography-guided rectus sheath block in paediatric anaesthesia—a new approach to an old technique. *Br J Anaesth* 97 (2) : 244-249, 2006.
 58. Komar J, Varga B : Syndrome of the rectus abdominis muscle : A peripheral neurological condition causing abdominal diagnostic problems. *J Neurol* 210 (2) : 121-125, 1975.
 59. Provost N, Bonaldi VM, Sarazin L, et al : Amputation stump neuroma: Ultrasound features. *J Clin Ultrasound* 25 : 85-89, 1997.
 60. Gruber H, Kovacs P, Peer S, et al : Sonographically guided phenol injection in painful stump neuroma. *AJR Am J Roentgenol* 182 : 952-954, 2004.
 61. Malick KJ, McGrath KM : Endoscopic ultrasound-guided injection : A close look at celiac plexus block and celiac plexus neurolysis. *Gastroenterol Nurs* 26 : 159-163, 2003.
 62. Navarro-Martinez J, Montes A, Comps O, et al : Retroperitoneal abscess after neurolytic celiac plexus block from the anterior approach. *Reg Anesth Pain Med* 28 : 528-530, 2003.
 63. Greher M, Eichenberger U, Gustorff B : Sonographic localization of an implanted infusion pump injection port : Another useful application of ultrasound in pain medicine. *Anesthesiology* 102 (1) : 243, 2005.

A

abord veineux, 27, 29, 31
 axillaire, 29
 basilique, 31
 brachial, 31
 fémoral, 31
 jugulaire interne, 27
 sous-clavière, 29
 central, 28
 périphérique
 difficile, 38
 abord vasculaire artériel, 47
 aiguille, 4, 117, 118
 insertion, 117
 visualisation, 118
aliasing, 79
 anesthésie
 caudale, 186
 ophtalmologique, 137
 péridurale, 186
 anesthésique
 local, 22, 119
 diffusion, 119
 anévrisme de l'aorte abdominale, 47
 angle d'incidence, 8
 aorte, 79, 85
 abdominale, 63
 thoracique, 79
 descendante, 63
 arrêt cardiaque peropératoire, 92
 artéfact
 de renforcement postérieur, 122
 de réverbération, 122
 par cône d'ombre postérieur, 121, 122
 artère
 axillaire, 35
 carotide, 101
 cérébrale, 111
 moyenne, 111, 112
 postérieure, 102
 communicante antérieure, 102
 fémorale, 37
 hépatique, 54
 thrombose, 54
 radiale, 33
 articulation sacro-iliaque, 238
 auricule gauche, 66
 autorégulation statique, 103
 axillaire
 abord veineux, 29

B

basilique
 abord veineux, 31
 biopsie
 hépatique, 54
 rénale, 58
 bloc
 «3 en 1», 188
 axillaire, 170
 de la branche lombaire interne, 198

 de la gaine des grands droits, 181
 diagnostique, 193
 du ganglion stellaire, 201
 du nerf fémoral, 162
 du nerf fémoral «3 en 1», 177
 du nerf intercostal, 175
 du nerf saphène, 155, 171
 du nerf sciatique, 162
 du plan du muscle transverse
 de l'abdomen, 183
 du plexus sacré, 162
 du tronc, 206
 ilio-hypo-gastrique, 179
 ilio-inguinal, 179
 interscalénique, 136
 paravertébral thoracique, 177
 péribulbaire, 124
 rétrobulbaire, 124
 infra-claviculaire, 144
 chez l'enfant, 144
 sous-ténoïdien, 124
 brachial
 abord veineux, 31
 brassard de cuisse (test), 104
 Budd-Chiari (syndrome de), 54

C

cardiomyopathie hypertrophique, 79
 catécholamines, 91
 cathéter artériel, 33
 cathétérisme artériel pulmonaire, 96
 chambre de chasse du ventricule gauche, 68,
 71, 79, 89
 obstruction, 79
 chirurgie
 non cardiaque, 99
 orthopédique, 95
 vasculaire, 92
 choc cardiogénique, 73, 74
 cholécystite alithiasique, 49
 cholécystotomie percutanée, 51
 cholestase hépatique, 53
 coelioscopie, 96, 103
 communication interventriculaire, 8
 cône d'ombre postérieur, 175
 artéfact, 122
 cône terminal, 186
 contentieux, 23
 contractilité myocardique, 74, 92
 coupe
 cinq cavités, 67
 quatre cavités, 68
 coût en matériel, 22
 crosse aortique, 63, 85

D

débit
 cardiaque, 64, 89
 sanguin cérébral, 101
 délai d'installation (du patient), 21

dissection aortique, 64, 79
 Doppler
 continu, 8, 11, 65-67, 79
 couleur, 65-67, 79, 96
 pulsé, 8, 10, 64, 67
 transcrânien, 111
 douleur
 traitement, 123
 chronique, 234
 dysfonction diastolique, 87

E

échocardiographie
 transœsophagienne, 66
 échographie
 thoracique, 46
 transœsophagienne peropératoire en
 chirurgie non cardiaque, 98
 échocardiographie transthoracique, 66, 72
 économie, 23
 effet
 Doppler, 7
 piézoélectrique, 3
 embolie
 cérébrale, 105
 de thrombus, 99
 gazeuse, 95, 99
 graisseuse, 99
 pulmonaire, 64, 85, 95
 systémique, 85
 endartériectomie carotidienne, 105
 endocardite, 79
 épanchement
 péricardique, 73, 79
 pleural, 97
 équation de continuité, 79
 équipement, 14

F

fémoral
 abord veineux, 31
 fenêtre acoustique, 15
 fistule artérioveineuse, 47
 flux
 mitral, 73
 tricuspide, 73
 focale, 121
 foie, 52
 fonction ventriculaire
 droite, 74
 gauche, 74, 85
 foramen ovale perméable, 66, 85, 96
 fraction d'éjection
 du ventricule gauche, 74
 supérieure, 85

G

gain (réglage), 121
 ganglion stellaire, 201
 genou, 203
 guide d'aiguille, 19

H

harmonique (imagerie d'), 73
 hémodynamique, 91
 hémorragie sous-arachnoïdienne, 106
 hépatite, 52
 histoire des ultrasons, 3
 hydronéphrose, 58
 hypertension artérielle pulmonaire (HTAP), 85, 99
 hypertrophie du ventricule droit, 87
 hypotension, 73

I

impédance acoustique, 6
 indice
 de pulsatilité, 102
 de résistance, 101, 102
 d'autorégulation, 104
 infarctus du myocarde, 74
 injection
 articulaire, 203
 injection intra-articulaire du genou, 203
 installation patient/opérateur, 12
 insuffisance
 hépatique, 97
 mitrale, 74
 tricuspide, 95
 interface, 6
 ischémie myocardique, 74

J

jugulaire interne
 abord veineux, 27

L

limite de Nyquist, 8
 lithiase biliaire, 49
 longueur d'onde, 6, 14

M

matériel, 22
 mesure
 des distances, 7
 du mouvement, 7
 mode
 A, 3, 9
 B, 3, 9
 M, 9
 moelle épinière, 186
 monitoring hémodynamique, 73
 mort cérébrale (diagnostic), 106
 muscle papillaire, 74
 nécrose, 74

N

nécrose du muscle papillaire, 74
 nerf
 axillaire, 148
 cutané latéral, 159
 fémoral, 153, 154, 159
 ilio-hypo-gastrique, 179
 ilio-inguinal, 179
 intercostal, 174, 175, 177
 médian, 150
 musculocutané, 148, 150
 obturateur, 159
 optique, 124
 périphérique, 116

radial, 148, 150
 saphène, 155, 171
 sciatique, 159, 164
 sous-costal, 174, 175
 ulnaire, 150
 neurochirurgie, 95
 neurostimulation, 21, 22

O

obésité, 39
 œdème pulmonaire aigu, 85, 97
 ophtalmologie, 137
 oreillette
 droite, 65
 gauche, 66

P

pancréas, 53
 piézoélectrique (effet), 10
 PISA, 79
 plexus
 brachial, 30, 132, 136, 138, 140, 142, 148
 cervical, 138
 lombaire, 153, 159
 sacré, 162
 polygone de Willis, 101
 ponction pleurale, 44
 postcharge, 85, 96
 précharge, 74, 87, 92, 96, 99
 pression
 auriculaire
 oreillette droite, 89
 capillaire pulmonaire, 89
 de perfusion cérébrale, 103, 105
 de remplissage, 87
 profondeur de champ, 10, 14
 propagation de l'onde, 6
 pseudoanévrisme
 artère fémorale, 45
 pulsé (Doppler), 67

Q

queue de comète
 artéfact, 122
 queue-de-cheval, 186

R

rate, 52
 ratio de Lindgaard, 106
 réactivité au dioxyde de carbone, 103
 réflexion (ultrasons), 6
 régurgitation mitrale, 79
 remplissage vasculaire, 89, 91, 92
 renforcement postérieur (artéfact), 122
 rein, 58
 résistance vasculaire cérébrale, 102
 résolution
 spatiale, 10
 temporelle, 10
 réverbération (artéfact), 122
 rupture
 du septum interventriculaire, 77
 du ventricule, 77

S

salle de blocs, 21

sécurité, 23
 Seldinger (technique de), 30
 sepsis, 74
 septum
 interauriculaire, 65, 95, 96
 interventriculaire, 85
 site de la ponction, 17
 solution saline agitée, 66, 85
 sonde, 14
 curviligne, 14
 linéaire, 14
 multiplan, 62
 sous-clavière
 abord veineux, 29

T

tamponnade, 73, 97
 technique de Seldinger, 30
 temps de demi-pression, 79
 test
 d'hyperhémie transitoire, 104
 des brassards de cuisse, 104
 thrombose veineuse profonde, 45
 transducteur, 4, 7, 8, 14
 piézoélectrique, 6
 transmission, 6
 transplantation hépatique, 97
 traumatisé (patient), 97
 traumatisme crânien, 106

V

valve
 aortique, 63, 65, 71, 77
 mitrale, 67, 69, 71, 77
 pulmonaire, 66, 77
 tricuspide, 66, 77
 varice œsophagienne, 97
 veine
 axillaire, 29
 basilique, 31, 38
 brachiale, 31
 cave inférieure, 89, 97
 indice cave, 89
 céphalique, 31, 38
 cubitale, 38
 fémorale, 31, 45
 jugulaire interne, 27
 porte, 54
 thrombose, 54
 pulmonaire, 67
 saphène, 39
 vélocité de flux, 101, 102
 ventricule
 droit, 66, 85, 87, 95
 dilatation, 85, 95
 hypertrophie, 87
 hypokinésie, 85
 gauche, 67
 vésicule biliaire, 48
 visualisation de l'aiguille, 19
 voie
 sous-costale, 72
 veineuse centrale, 27
 volume d'éjection
 systolique, 92

Z

zone gâchette, 194