

Échodoppler des artères des membres inférieurs

Jean-Eudes Trihan, Michel Dauzat, Antonia Perez-Martin, Damien Lanéelle, Guillaume Mahé

Plan du chapitre

Définition, généralités	54	Indications	67
Modalités : description d'un examen complet étage par étage	55	Examen pathologique	67
Interprétation des flux artériels des membres inférieurs	61		

Définition, généralités

L'exploration des artères des membres inférieurs concerne l'ensemble de l'arbre artériel des membres inférieurs depuis l'aorte jusqu'aux artères les plus distales (artère dorsale du pied). Selon la question posée, elle peut être déclinée en trois niveaux de complexité. Elle fournit des informations morphologiques et hémodynamiques et devrait systématiquement inclure la mesure de l'IPS (aux chevilles ou si possible aux orteils). L'exploration ultrasonique des membres inférieurs nécessite un niveau variable de compétence, de savoir et de temps selon l'indication de l'examen.

- Le dépistage de l'AOMI repose sur la mesure de l'IPSc ou l'IPSo selon le contexte. Aux chevilles, cette mesure est réalisée dans les meilleures conditions par doppler à émission continue [1]. Les mesures par échodoppler couleur, pulsé ou brassard automatique, bien que très usitées, n'ont jamais été validées de manière robuste. L'analyse des flux artériels distaux (mesure du temps d'ascension systolique sur les artères distales) est également une méthode en développement pour le dépistage de l'AOMI [2-5].
- La quantification de la sévérité de l'AOMI repose sur l'interrogatoire (distance maximale de marche, signes cliniques d'ischémie critique), la mesure des IPSc ou mieux des IPSo, l'échodoppler et, le cas échéant, la mesure de pression transcutanée en oxygène. À ce jour, l'évaluation de la sévérité d'une AOMI par doppler pulsé n'est validée que pour deux approches : l'analyse des flux en doppler pulsé selon la classification de Saint-Bonnet et la mesure du temps d'ascension systolique des artères distales du pied, fortement corrélé aux IPS de chevilles et d'orteil.
- Le diagnostic topographique des lésions et l'état des carrefours clés impliquent l'exploration de l'aorte, des artères

iliaques, fémorales et poplitées, et l'enregistrement des artères de cheville. Il est en particulier important de détecter d'éventuelles lésions menaçantes (sténose des bifurcations, anévrismes).

- Le suivi des recanalisation artérielles endovasculaires ou chirurgicales est traité dans le chapitre 16.

En cas d'ischémie critique ou de demande spécifique de bilan préopératoire, il est nécessaire de réaliser une exploration des axes veineux superficiels (notamment grandes veines saphènes et, si besoin, veines céphaliques brachiales) afin d'aider le chirurgien dans le choix de sa stratégie de revascularisation.

Structuration du compte rendu

Indication

Retranscrire de manière factuelle le motif pour lequel le patient est adressé.

Facteurs de risque cardiovasculaire (FdRCV) traditionnels

Les principaux sont : le sexe, l'âge, l'hypertension artérielle, la dyslipidémie, le diabète, le tabagisme actif ou sevré avec quantification en paquets-années, les antécédents familiaux de maladie athéromateuse précoce. D'autres facteurs de risque dits non traditionnels sont à rechercher : la ménopause, l'hypertension gravidique, la pollution atmosphérique, le statut socio-économique, la lipoprotéine (a), les maladies auto-immunes et l'inflammation chronique, le régime alimentaire, la sédent-

tarité, l'alcool, le surpoids, les troubles du sommeil, le stress psychologique et les troubles anxieux [6]. Leur mention est indispensable, notamment s'agissant des FdRCV modifiables, car la pathologie athéromateuse reste de très loin l'étiologie principale de l'AOMI. Ainsi, poser un diagnostic d'AOMI chez un patient sans ou avec peu de FdRCV doit inciter à rechercher les FdRCV dits « émergents » ou « non traditionnels ».

Traitement actuel

Il est important de dresser une liste exhaustive des médicaments pris par le patient.

Clinique

Le compte rendu doit mentionner les résultats de l'interrogatoire et les signes en faveur d'une atteinte artérielle, en particulier ceux évocateurs d'ischémie chronique permanente (douleur de décubitus, troubles trophiques, etc.). En cas de douleur à la marche, il est important de bien la caractériser, de noter les arguments en faveur d'une claudication de type artériel avec évaluation de la distance de marche.

Résultats de l'examen

Le compte rendu doit présenter un descriptif détaillé des atteintes artérielles observées chez le patient, avec des données morphologiques sur la nature et la topographie des lésions pariétales et des données hémodynamiques aux différents étages. Cette partie reste principalement adressée aux spécialistes de la pathologie vasculaire mais est indispensable car elle doit permettre de savoir quels axes artériels ont été examinés et quelles constatations précises ont été faites de façon à pouvoir apprécier l'éventuelle évolution lors des examens ultérieurs.

Conclusion de l'examen

Elle doit décrire le stade de l'artériopathie (AOMI asymptomatique, AOMI d'effort, ischémie critique), avec le résumé des principales atteintes. Cette partie, indispensable à tout examen, doit être rédigée en termes simples et compréhensibles de tous médecins, indépendamment de la spécialité.

Exemple

Artériopathie symptomatique du membre inférieur gauche au stade de claudication d'effort avec sténose serrée de l'artère iliaque commune gauche.

Recommandations de prise en charge

Cette partie est indispensable dans tout compte rendu et doit faire suite à la conclusion technique. Elle doit contenir :

1. un résumé des FdRCV non ou mal contrôlés ;
2. les modifications thérapeutiques préconisées. Tout patient avec un diagnostic d'AOMI (diminution des IPS de repos ou d'effort) doit bénéficier :
 - avant tout d'un réentraînement à la marche, si possible supervisé. En cas d'impossibilité d'un réentraînement supervisé, il convient de faire des recommandations claires,
 - d'un sevrage tabagique complet. Une prescription de substituts nicotiniques est recommandée. Une consultation auprès d'un médecin tabacologue doit être proposée,

- d'un traitement médical optimal reposant sur l'association statine-inhibiteur de l'enzyme de conversion (IEC) ou antagoniste du récepteur de l'angiotensine 2 (ARA2)-antiagrégant plaquettaire en monothérapie,
- des préconisations pour l'optimisation de FdRCV mal contrôlés (équilibre glycémique, objectif lipidique ou tensionnel) ;

3. les modalités de suivi. Bien spécifier le délai dans lequel le patient doit être revu et les raisons pour lesquelles un suivi spécialisé en médecine vasculaire est éventuellement recommandé.

Modalités : description d'un examen complet étage par étage

Aorte

Il est habituel de demander au patient de se présenter à un examen à jeun depuis au moins 6 à 8 heures, voire de suivre au préalable un régime sans résidu d'une durée de 3 jours afin d'améliorer la visualisation des axes aorto-iliaques et la réduction des interpositions digestives. On note qu'il n'existe pas d'étude bien conduite permettant de prouver l'efficacité de ces recommandations en termes d'amélioration de rendement d'examen, et il convient donc d'être prudent avec leur utilisation, notamment chez les patients diabétiques. En cas de prescription d'un jeûne préalable à l'examen, il doit être mentionné par écrit (sur la convocation) que l'eau est autorisée sans restriction et que la prise du traitement habituel est indispensable.

Pour l'examen, le sujet est en position de décubitus dorsal et de relâchement musculaire, si nécessaire avec genoux fléchis (fig. 6.1).



Fig. 6.1 Position du patient lors de l'échographie de l'aorte.

Pour l'exploration abdominale, une sonde convexe de basse fréquence (généralement 1 à 6 MHz) (fig. 6.2) est recommandée chez l'adulte, et une sonde microconvexe de basse fréquence (3 à 8 MHz) chez l'enfant.



Fig. 6.2 Sonde basse fréquence convexe pour l'échographie de l'aorte.

L'aorte est à gauche du rachis et de la veine cave inférieure et la bifurcation aorto-iliaque est située au niveau de l'ombilic. Elle doit être explorée sur la plus grande portion possible. L'examen se fait initialement en échotomographie (mode B), en coupe transversale (fig. 6.3), puis longitudinale,

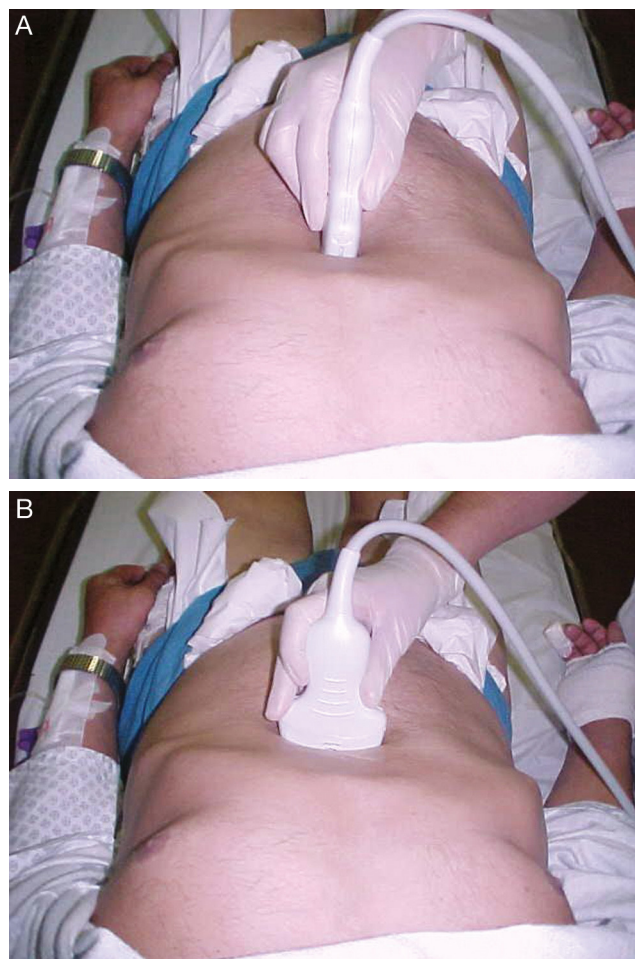


Fig. 6.3 Positions de la sonde d'échographie pour exploration de l'aorte en coupes longitudinale (A) et transversale (B).

en débutant dans le creux épigastrique au niveau de l'artère coeliaque, jusqu'à la bifurcation aorto-iliaque (fig. 6.4).

Il est recommandé d'enregistrer systématiquement un flux aortique en doppler à émission pulsée sur la portion la plus haute correctement accessible, car cela permet d'interpréter correctement les signaux doppler des artères d'aval en cas de flux pathologique dès l'étage aortique (par exemple allongement du temps d'ascension systolique en aval d'un rétrécissement valvulaire aortique, pic systolique de faible amplitude en cas d'insuffisance ventriculaire gauche, etc.).

Artères iliaques

Le patient reste en décubitus dorsal. L'exploration se fait en coupes transversale et longitudinale le long des différents trajets artériels, à partir de la bifurcation aorto-iliaque jusqu'à l'arcade crurale de chaque côté (fig. 6.5).

Les artères iliaques communes ont généralement un trajet à 45° à partir de la bifurcation aorto-iliaque, se dirigeant vers la profondeur. Après la bifurcation iliaque, l'artère iliaque interne (anciennement artère hypogastrique) est visualisable seulement sur ses premiers centimètres avec un trajet se prolongeant vers la profondeur tandis que l'artère iliaque externe s'incurve pour présenter un trajet plus sagittal remontant vers la surface (fig. 6.6). Les artères iliaques externe et fémorale commune sont généralement facilement analysables. En pratique, il est parfois plus facile de débiter l'examen par l'iliaque externe et de la suivre jusqu'à la bifurcation iliaque pour dégager ensuite l'artère iliaque commune (fig. 6.7).

L'examen débute en échotomographie. Le doppler couleur facilite aussi le repérage des artères et permet le dépistage de lésions sténosantes. La quantification des sténoses repose sur la mesure, en doppler pulsé, de la vitesse circulatoire maximale. La difficulté réside principalement dans l'obtention d'un angle d'incidence satisfaisant, ce qui peut s'avérer problématique avec les sondes convexes où l'orientation du tir en doppler pulsé n'est pas possible. L'examineur doit donc décaler et orienter la sonde obliquement par rapport à l'axe artériel exploré (fig. 6.8).

À noter

Le terme « iliaque primitive » doit être abandonné au profit du terme « iliaque commune », et le terme « hypogastrique » au profit du terme « iliaque interne ».

Dépistage d'atteinte artérielle si l'examen direct des artères iliaques est peu ou pas contributif

Chez le sujet asymptomatique (ou avec symptomatologie d'effort non évocatrice d'une cause artérielle), un flux artériel normal (modulation Saint-Bonnet N ou A, avec temps d'ascension systolique < 85 ms) sur l'artère fémorale commune au repos est considéré par certains comme suffisant pour éliminer une sténose iliaque significative (> 60 % de réduction de calibre) [7].

En cas de symptomatologie d'effort évocatrice, une sténose moins importante peut bien évidemment n'avoir aucune incidence sur le flux fémoral commun au repos mais devenir symptomatique à l'effort. Dans ce cas, il est recommandé de prévoir un test d'effort, soit une TcPO₂

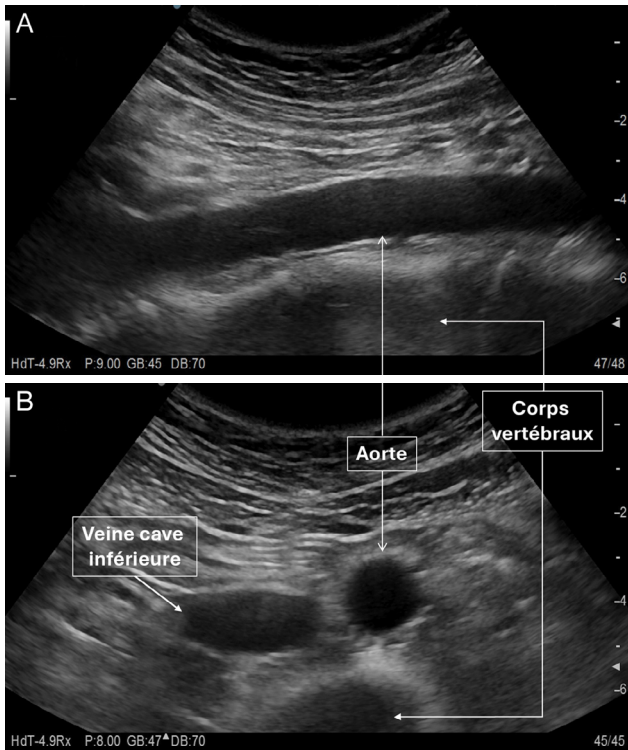


Fig. 6.4 Examen normal de l'aorte, en coupes longitudinale (A) et transversale (B).

(mesure transcutanée de la pression en oxygène) d'effort, soit une mesure des IPS posteffort. La première permet un dépistage d'une atteinte iliaque interne à la différence de la seconde [8]. Plusieurs tests d'hyperhémie lors de l'examen par échodoppler ont été proposés dans la littérature mais aucune étude systématique n'a été réalisée sur le sujet, de sorte qu'il n'est pas encore possible de proposer une standardisation du protocole d'effort ni de déterminer un seuil pathologique lors de l'hyperhémie.

Artères fémorales

L'examen se poursuit par l'artère fémorale commune, qui prolonge l'artère iliaque externe après son passage sous l'arcade crurale. La bifurcation fémorale se situe quelques centimètres en dessous de l'arcade crurale, en regard de la tête fémorale. Elle peut être mieux dégagée par la position du membre inférieur en abduction-rotation externe. Elle est étudiée attentivement en mode B (échetomographie) en coupes transversale et longitudinale (fig. 6.9) à l'aide d'une sonde linéaire de fréquence moyenne (6 à 10 MHz).

L'artère fémorale profonde s'oriente initialement vers l'arrière en s'éloignant rapidement de l'artère fémorale proprement dite (la nomenclature anatomique officielle récuse le terme de fémorale « superficielle ») et se divise rapidement en de multiples branches collatérales terminales. L'artère fémorale, dans sa portion initiale, reste superficielle (d'où son ancienne dénomination), rectiligne et donc facilement abordable en échodoppler. L'artère circonflexe fémorale naît sur le versant profond, un peu en amont de la bifurcation fémorale.

L'analyse des flux artériels en doppler pulsé doit être réalisée sur l'artère fémorale commune proximale (voire la jonction iliofémorale), ainsi que sur l'origine de l'artère fémorale profonde (AFP) et le segment initial de l'artère fémorale (AF). En l'absence de surcharge athéromateuse à la bifurcation, une vitesse systolique maximale (VSM) plus élevée à l'origine de l'AFP que de l'AF peut faire suspecter une lésion obstructive significative de l'AF ou de l'artère poplitée impliquant une circulation collatérale compensatrice par l'AFP. En effet, l'AF irrigue un territoire musculaire plus vaste et son débit est donc normalement supérieur à celui de l'AFP même au repos, ce qui se traduit par une VSM plus élevée (comme de règle dans les artères de haute résistance dont l'indice de résistance, IR, est égal à 1 en raison de l'absence de flux diastolique continu) (fig. 6.10).

L'examen doit ensuite explorer la totalité de l'AF, en coupes longitudinales avec doppler couleur. L'AF présente un trajet rectiligne sur la face antéro-interne avec une profondeur croissante, puis devient curviligne au tiers inférieur de cuisse (au niveau du canal adducteur, également appelé « canal de Hunter ») afin d'atteindre la face postérieure du genou (fig. 6.11 à 6.13).

À noter

Les termes « canal de Hunter » et « triangle de Scarpa » doivent être abandonnés au profit des termes « canal adducteur » et « triangle fémoral », respectivement. La classification anatomique internationale (Terminologia Anatomica, 2^e édition de 2019) ne reconnaît pas le terme d'artère (ou veine) fémorale superficielle mais le terme d'artère (ou veine) fémorale [9].

Artère poplitée

D'un point de vue anatomique, l'artère poplitée est le prolongement de l'artère fémorale superficielle. Elle débute après son passage au sein du canal adducteur et se termine par la bifurcation entre l'artère tibiale antérieure et le tronc tibiofibulaire. Le tronc tibiofibulaire est une courte portion artérielle (généralement 2 à 3 cm avec des variantes anatomiques) donnant naissance aux artères tibiale postérieure et fibulaire. L'examen se fait par voie postérieure (fig. 6.14).

Le patient peut être positionné en décubitus ventral ou rester en décubitus dorsal et fléchir les jambes de manière à permettre le positionnement de la sonde par voie postérieure (fig. 6.15).

Si le repérage fait appel à une coupe transversale, c'est la coupe longitudinale qui est ici privilégiée car elle permet l'analyse complète de l'artère poplitée. Il est important d'étudier toutes les portions de cette artère, notamment la portion proximale (« sus-articulaire »), siège préférentiel des anévrysmes poplités.

À noter

Bien que régulièrement utilisé dans la littérature médicale, le terme « tronc tibiofibulaire » n'est pas reconnu par la nomenclature anatomique internationale (Terminologia Anatomica, 2^e édition de 2019) [9]. Dans cette nomenclature, l'artère tibiale postérieure naît directement de l'artère poplitée après la bifurcation avec l'artère tibiale antérieure. L'artère fibulaire est alors considérée comme une branche collatérale de l'artère tibiale postérieure. Dans tous les cas, le terme « tronc tibiopéronier » doit être abandonné au profit du terme « tronc tibiofibulaire ».



Fig. 6.5 Balayage par la sonde du trajet artériel de la bifurcation aorto-iliaque jusqu'à l'arcade crurale de chaque côté.

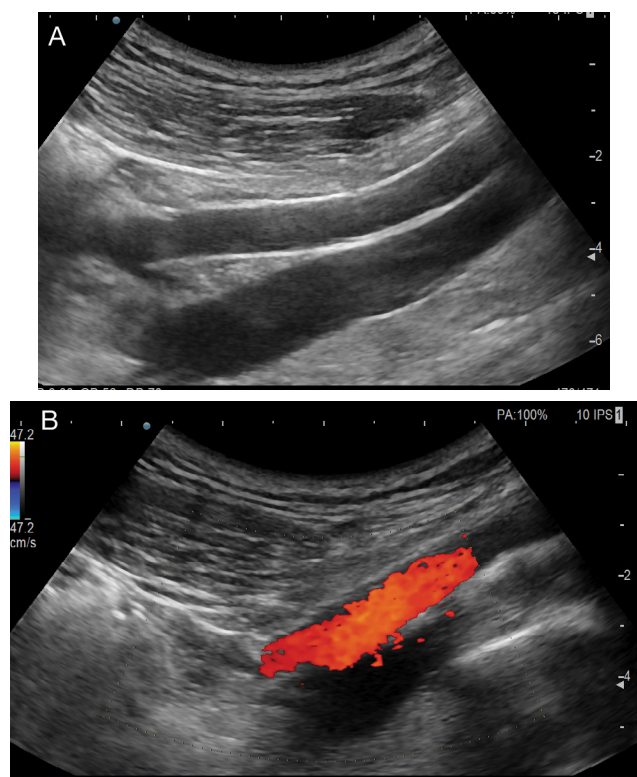


Fig. 6.6 Examen normal de l'artère iliaque externe.

Artères jambières

L'examen des artères de jambe comporte au minimum l'analyse des flux artériels en doppler pulsé au niveau de la cheville. Il est possible d'examiner l'ensemble des axes artériels de jambe en échodoppler mais cette exploration rallonge significativement la durée de l'examen et peut être réservée à des contextes particuliers (bilan préopératoire notamment). En effet, une analyse précise des flux entre l'artère poplitée et de la distalité des artères jambières permet d'estimer avec fiabilité la présence de lésions hémodynamiques sur l'axe artériel en question, notamment par la mesure du temps d'ascension systolique : un allongement du temps d'ascension systolique

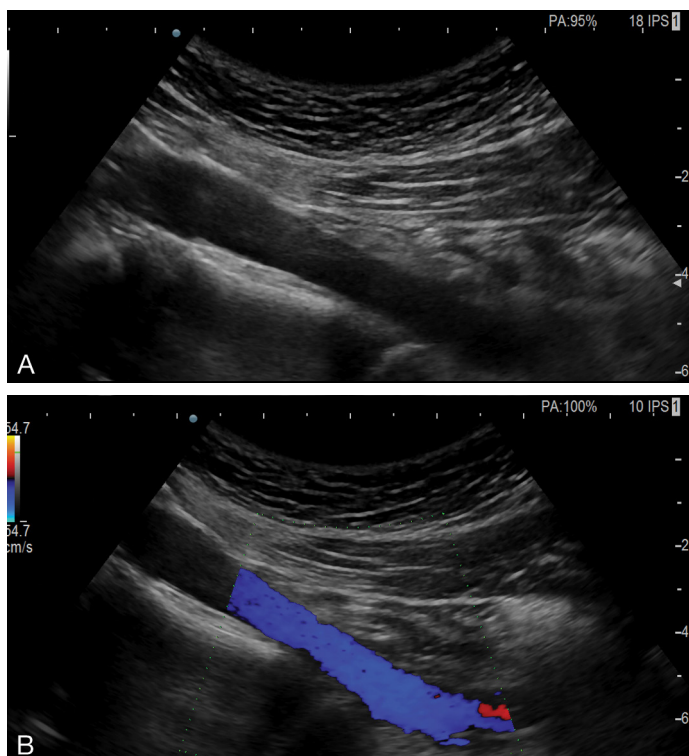


Fig. 6.7 Examen normal de l'artère iliaque commune.

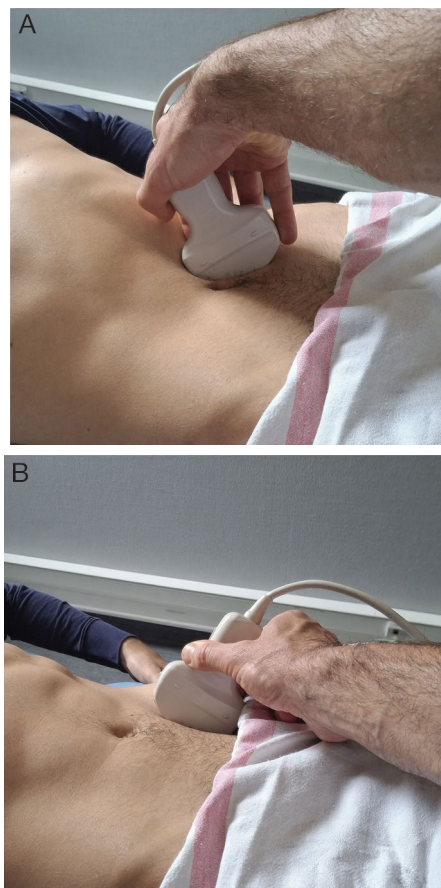


Fig. 6.8 Orientation de la sonde convexe pour obtenir un angle d'insonation satisfaisant sur l'artère iliaque commune (A) et l'artère iliaque externe (B).

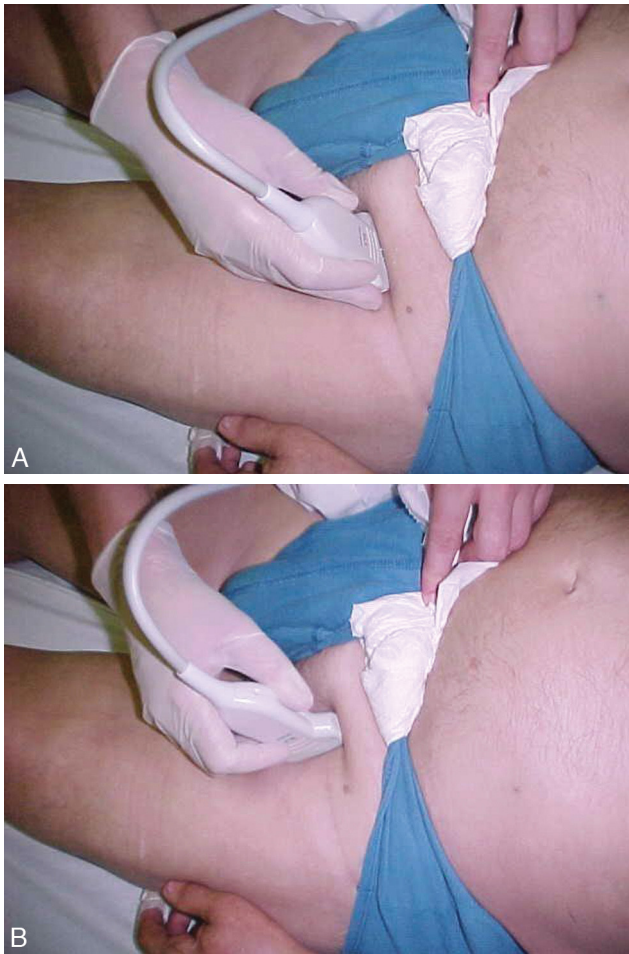


Fig. 6.9 Examen des artères fémorales en coupes transversale (A) et longitudinale (B).

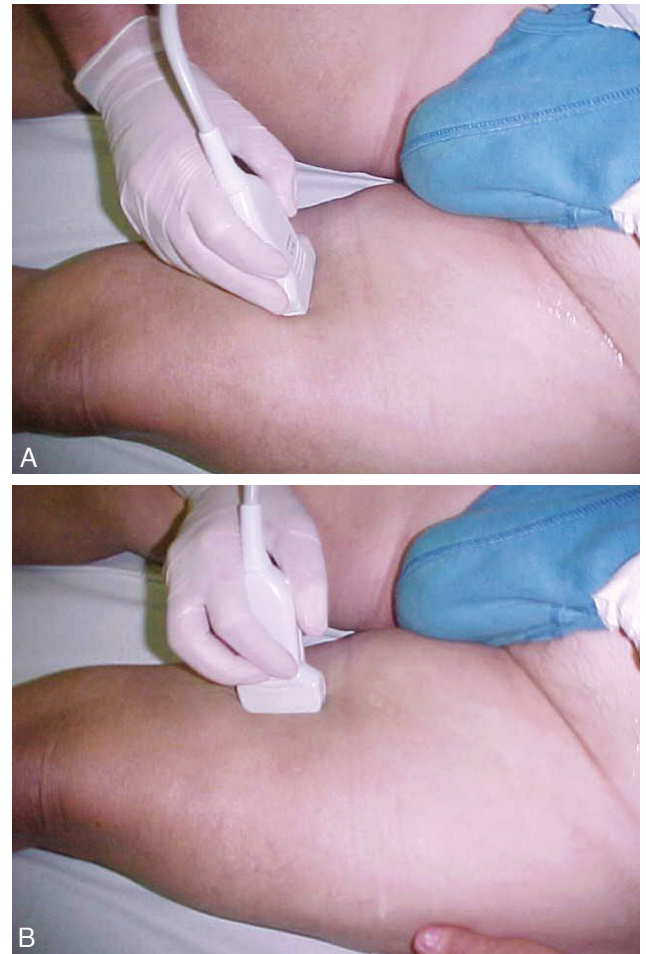


Fig. 6.10 Exploration du trajet de l'artère fémorale à la face antéromédiale de cuisse jusqu'au canal adducteur : transversale (A) et longitudinale (B).

témoigne de la présence d'une sténose significative ou d'une occlusion-réinjection en amont du point de mesure.

Attention

La modification de vitesse ou la présence d'un flux diastolique positif en distalité ne sont pas des signes fiables de lésion hémodynamique en amont car ils sont également déterminés par les conditions hémodynamiques d'aval (par exemple vasorelaxation anormale sur neuropathie végétative) ou les besoins locaux (hyperhémie inflammatoire en cas de plaie en cours de cicatrisation).

L'utilisation du doppler couleur ou énergie est utile au repérage des axes artériels à l'étage jambier mais seul le doppler pulsé permet une évaluation hémodynamique précise des lésions. Il est particulièrement important d'adapter l'échelle des vitesses lors de l'utilisation du mode doppler couleur chez un sujet en ischémie critique. De même, l'absence de remplissage couleur ne suffit pas pour retenir le diagnostic d'occlusion, celui-ci étant fait par l'absence de signal en doppler pulsé, malgré l'optimisation des réglages. En cas d'occlusion sur le segment exploré, il convient de rechercher une éventuelle réinjection sur les segments d'aval.

Anatomiquement, l'artère tibiale postérieure (ATP) naît du tronc tibiofibulaire (ou de l'artère poplitée, selon la nomenclature en vigueur, cf. commentaire supra). Elle présente un trajet rectiligne au sein de la loge postérieure de jambe (loge crurale postérieure), généralement située à mi-distance entre le tibia et la fibula. Ainsi, malgré son nom, l'ATP est aussi proche du tibia que de la fibula. En distalité, l'ATP chemine à la face postérieure de la malléole médiale (fig. 6.16), puis se termine par la bifurcation entre l'artère plantaire latérale et l'artère plantaire médiale, située approximativement à la face latérale du talus. L'exploration ultrasonographique de l'artère tibiale postérieure se fait en décubitus dorsal ou bien ventral. La sonde doit être positionnée sur la face postéromédiale de jambe, juste en arrière du tibia.

L'artère tibiale antérieure (ATA) naît de l'artère poplitée à sa face antérieure. Sa portion initiale semble alors plonger en profondeur lorsque la sonde est positionnée sur la face postérieure de la loge poplitée, en dessous de la ligne articulaire. Elle descend avec un trajet rectiligne dans de la loge antérieure de jambe (loge crurale antérieure) localisée à proximité du tibia sur sa face antérolatérale. Elle se termine lors de son passage sous le rétinaculum des muscles extenseurs du pied où elle devient l'artère dorsale du pied.

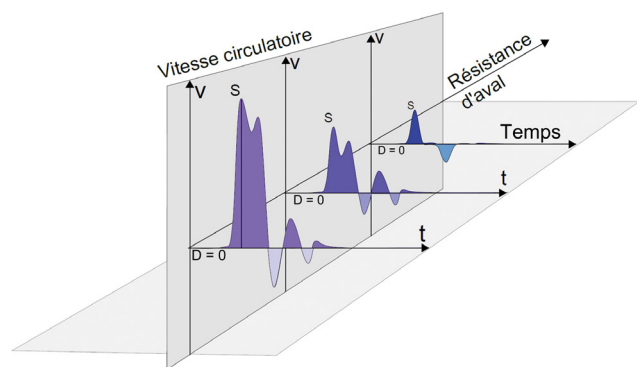


Fig. 6.11 Schéma de l'évolution d'un spectre doppler pulsé d'un territoire à haute résistance selon la résistance circuloire d'aval.

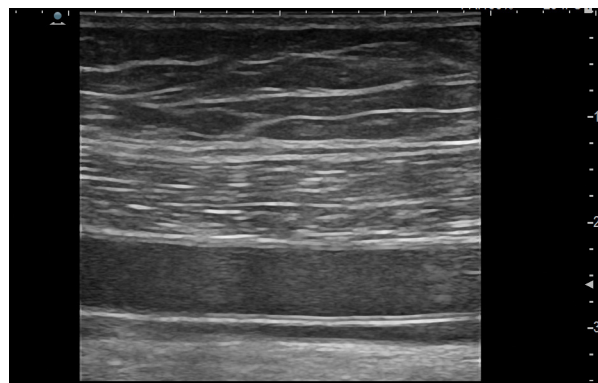


Fig. 6.12 Examen normal de l'artère fémorale.

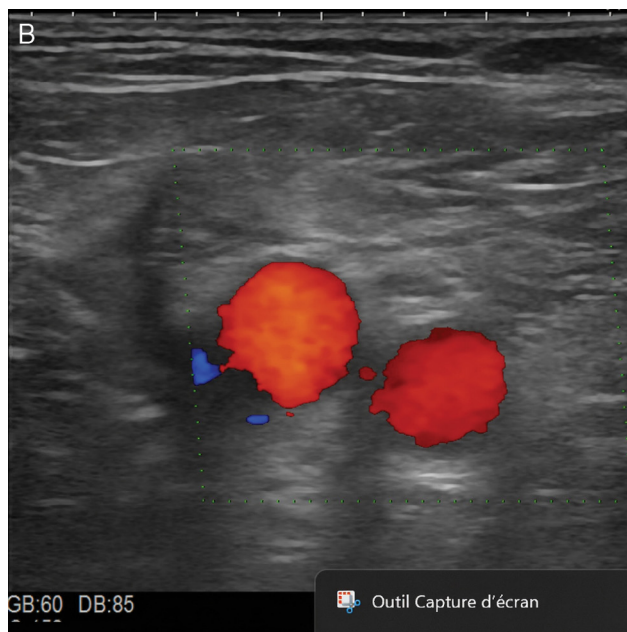


Fig. 6.13 Examen normal de la bifurcation fémorale. Coupe transversale en échotomographie (mode B) (A) et doppler couleur (B).

L'ATA est étudiée par voie antérieure en décubitus dorsal (fig. 6.17).

L'artère fibulaire naît sur la face latérale du tronc tibiofibulaire (en réalité de l'ATP selon la nomenclature anatomique), chemine sur le versant latéral de la loge postérieure de jambe (loge crurale postérieure) et se trouve donc à proximité de la fibula. Elle se termine, au tiers inférieur de jambe, en se divisant en plusieurs branches collatérales venant participer à l'arcade plantaire, dont le rameau perforant de l'artère fibulaire. En ce sens, l'artère fibulaire est la voie de réinjection artérielle distale préférentielle en cas d'occlusion proximale de l'ATP ou de l'ATA. C'est également pour cette raison que la mesure de la pression d'occlusion de l'artère fibulaire n'est pas recommandée lors de la prise d'IPS à la cheville [1, 6].

L'exploration ultrasonographique de l'artère fibulaire se fait en décubitus dorsal, genou plié, ou bien en décubitus ventral. La sonde doit être positionnée sur la face postéro-latérale de jambe, juste en arrière de la fibula (fig. 6.18).

Artères du pied

L'exploration des artères du pied est utile et devrait être intégrée à l'exploration ultrasonographique de routine des artères des membres inférieurs mais nécessite de préférence une sonde linéaire de haute fréquence (9 à 15 MHz). Cette exploration a été notamment « remise au goût du jour » depuis 2020 à la suite de la publication de plusieurs études montrant une forte corrélation entre la mesure du temps de montée systolique (TMS) des artères dorsale du pied et plantaire latérale, avec les IPSc et IPSo. En ce sens, la mesure du TMS des artères distales est, à ce jour, le seul marqueur ultrasonographique corrélé à la sévérité d'une AOMI.

L'artère dorsale du pied naît de la prolongation de l'artère tibiale antérieure après son passage sous le rétinaculum des muscles extenseurs du pied, chemine à la face dorsale du pied, très superficiellement, et se termine par sa division en 1^{re} artère intermétatarsienne (irriguant l'hallux) et

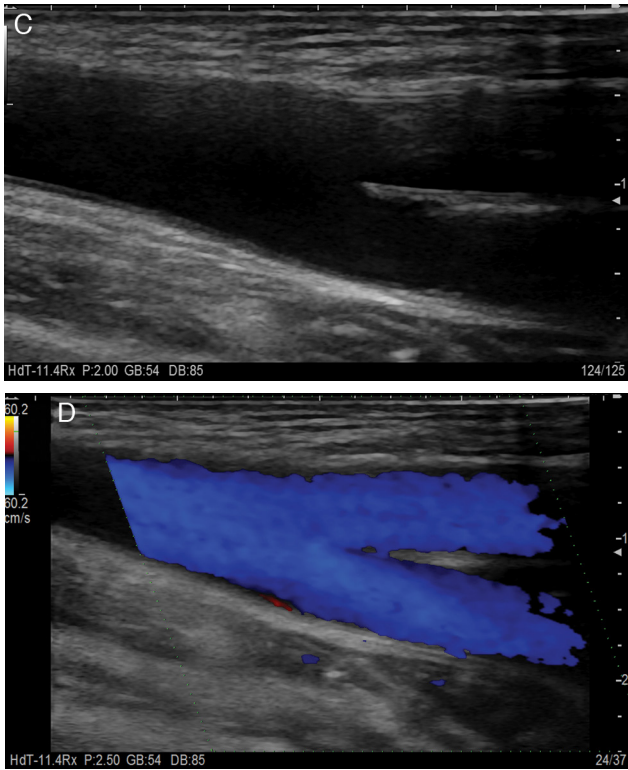


Fig. 6.13 Examen normal de la bifurcation fémorale. Coupe longitudinale en échotomographie (mode B) (C) et doppler couleur (D).

artère plantaire profonde pour former l'arcade plantaire. Il est recommandé de l'explorer dans sa portion distale, juste en amont de la bifurcation terminale, où elle présente une orientation favorable car plonge en profondeur. La sonde doit être localisée entre le 1^{er} et 2^e métatarse (fig. 6.19).

L'artère plantaire latérale est la principale branche de division de l'artère tibiale postérieure. Elle chemine au niveau de la voûte plantaire. Cette artère ne présente pas un trajet rectiligne : elle se dirige en avant et latéralement jusqu'à la partie moyenne du bord latéral du pied, puis s'incurve médialement, avec un angle de 60 à 80°, vers la base du 1^{er} métatarsien (fig. 6.20). Son examen se fait en posant la sonde sur la voûte plantaire, avec une faible profondeur d'exploration, en essayant de repérer les veines plantaires. En effet, sur une coupe postérieure (sonde posée sur la voûte plantaire), l'artère plantaire latérale se trouve au-dessus des veines plantaires que l'on comprime délicatement afin d'obtenir une meilleure visibilité de l'artère (fig. 6.21). L'exploration de l'artère plantaire latérale reste délicate et nécessite une certaine expérience.

Certains auteurs recommandent également l'exploration d'autres artères du pied, telles que l'artère arquée ou l'artère plantaire médiale, mais cela entraîne un allongement significatif de la durée d'examen [10].

L'exploration des artères distales du pied peut être proposée dans les pathologies responsables d'une artériopathie à prédominance distale (diabète, insuffisance rénale chronique, thromboangéite oblitérante, sclérodémie systémique, etc.). Pour l'évaluation distale de ces pathologies, la mesure de pres-

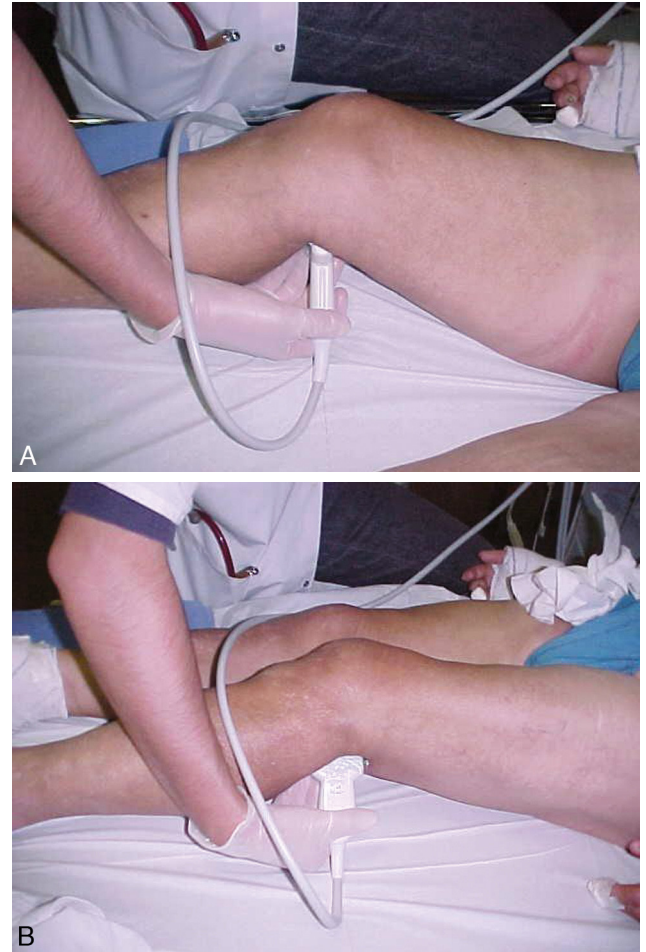


Fig. 6.14 Positions de la sonde d'échographie pour exploration de l'artère poplitée en décubitus dorsal en coupes transversale (A) et longitudinale (B).

sion systolique d'orteil, corrélée au risque d'amputation, reste la référence.

À noter

Le terme « artère pédieuse » doit être abandonné au profit du terme « artère dorsale du pied ».

La notion d'« angiosomes » a été introduite en 1987 et soutient le fait qu'un territoire cutané (et tissu sous-jacent) d'un membre inférieur est vascularisé préférentiellement par une artère spécifique [11]. Cette notion est peu utilisée en pratique courante et non mentionnée dans les dernières recommandations européennes sur le sujet [6].

Interprétation des flux artériels des membres inférieurs

Les membres inférieurs sont composés principalement de muscles ne nécessitant qu'un faible débit sanguin au repos, leur perfusion s'effectuant alors uniquement en systole. On parle de territoire artériel à « haute résistance » caractérisé par un flux diastolique nul, rendu possible par l'équilibre des pressions artérielles entre l'aorte et les artéioles. Cet équi-

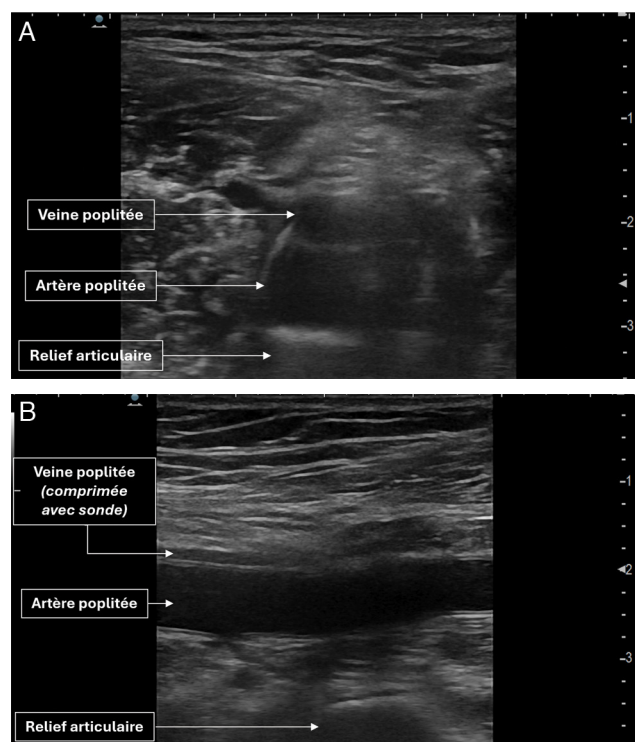


Fig. 6.15 Échographie d'une artère poplitée non pathologique par voie postérieure en coupes transversale (A) et longitudinale (B).

libre est un mécanisme rapide et en perpétuelle adaptation. Une modification des besoins sanguins sur un territoire d'aval entraîne rapidement une diminution des résistances périphériques par différents mécanismes. Cette vasorelaxation distale se traduit par l'apparition d'un flux diastolique positif car la colonne sanguine se déplace passivement dans le sens du différentiel de pression : lors de la baisse des résistances périphériques, la pression artériolaire devient plus faible que la pression aortique.

La présence d'un flux en diastole est alors le reflet des besoins nutritionnels du territoire d'aval. Il peut arriver que la présence d'un flux diastolique soit associée à une lésion artérielle d'amont et en reflète indirectement le retentissement hémodynamique. En effet, l'ischémie marquée induit la libération tissulaire de métabolites vasoactifs qui entraînent l'ouverture des artéioles distales. Cette vasorelaxation « ischémique » des artéioles terminales peut expliquer la présence d'un flux positif au cours de la diastole. Ce cas de figure s'accompagne alors d'une modification du tracé doppler témoignant de la présence de plaques en amont qui gênent la transmission de l'onde artérielle et modifient le profil du signal doppler. La classification de Saint-Bonnet, dont l'utilisation est recommandée par la Société française de médecine vasculaire (SFMV), illustre parfaitement ce propos en précisant qu'un flux artériel (enregistré en doppler pulsé) peut présenter un flux diastolique positif indépendamment de sa modulation (triphasique/biphasique/monophasique) (fig. 6.22), et montre que les flux pathologiques peuvent être avec ou sans composante diastolique.



Fig. 6.16 Exploration de l'artère tibiale postérieure sur la face postérieure de la malléole médiale.

Terminologie

La classification de Saint-Bonnet est recommandée pour l'interprétation des flux artériels enregistrés en doppler pulsé [12, 13], par rapport à celles de Spronk [14] ou de Descotes et Cathignol (fig. 6.23) [15]. Cette classification permet une classification précise des flux artériels en s'appuyant principalement sur la modulation. Bien que cette classification présente une reproductibilité interobservateur médiocre, elle reste reproductible par le même opérateur et permet d'utiliser un langage commun non équivoque [16].

Concernant la terminologie, l'utilisation des termes suivants est recommandée pour la description des flux artériels :

- **modulation** : la modulation normale du flux des artères de membres au repos est triphasique (pic systolique, reflux, rebond). La perte de cette modulation peut être systémique et banale (apparition d'un flux artériel biphasique chez les patients âgés) ou pathologique, révélant une lésion artérielle significative ;
- **ralentissement** : le ralentissement d'un flux se définit par une diminution de la VSM indépendamment de la modulation ou de l'amortissement. Pour un territoire artériel de haute résistance comme les membres inférieurs, un ralentissement témoigne d'une diminution de débit et donc d'une augmentation des résistances périphériques. En l'absence de démodulation ou d'amortissement, un flux ralenti témoigne d'une diminution des besoins vasculaires sur le territoire d'aval, qu'elle soit physiologique (vasoconstriction réversible) ou pathologique (occlusion artérielle d'aval). Par exemple, l'enregistrement d'une VSM plus basse dans le segment de l'artère fémorale qu'à l'origine de l'artère fémorale profonde (sans lésion sténosante) témoigne d'une résistance plus élevée en fémoral (superficiel) qu'en fémoral profond et fait fortement suspecter une lésion sténosante ou occlusive sur l'axe fémoropoplité ;
- **amortissement** : il est défini par un allongement du temps d'ascension systolique (ou une diminution de l'accélération systolique maximale). Un amortissement du flux est le témoin d'une lésion sténosante ou occlusive sur l'axe artériel en amont.



Fig. 6.17 Examen de l'artère tibiale antérieure sur sa portion proximale en coupes transversale (A) et longitudinale (B), et sur sa portion distale en coupe longitudinale (C).



Fig. 6.18 Examen de l'artère fibulaire par voie postéroexterne en coupe longitudinale.

Mesures en doppler pulsé

Temps d'ascension systolique et accélération maximale

Le TMS (*acceleration time* : AT pour les Anglo-Saxons) est une grandeur mesurée en échodoppler pulsé qui correspond

à l'intervalle entre le début du flux systolique et le sommet du pic systolique sur le spectre de vélocité.

Il a été introduit dans les années 1980 par Handa, mais a fait l'objet d'un regain d'intérêt ces dernières années car de nombreuses études ont prouvé son intérêt diagnostique. Le TMS permet une évaluation fonctionnelle hémodynamique simple, reproductible et fiable, en particulier chez les patients pour qui l'IPSc est peu fiable (patients diabétiques ou dialysés). Il faut rappeler chez ces patients tout l'intérêt de la mesure de la pression systolique d'orteil, prédictrice du risque d'amputation majeure à 1 an [17].

Le TMS est défini par la durée (en millisecondes) pendant laquelle l'accélération systolique est positive, donc l'intervalle depuis le début du flux systolique (pied de la courbe) jusqu'au sommet du pic systolique. Il est recommandé de réaliser plusieurs mesures consécutives (≥ 2) sur le même segment artériel pour en déterminer la moyenne. Un TMS allongé suggère une perte d'énergie et un ralentissement de la propagation du flux, comme cela peut se produire en aval d'une sténose significative ou occlusion. Il est important de différencier cette mesure de celle de l'accélération maximale, qui repose sur une autre approche.

Sur le plan clinique, le TMS mesuré sur les artères distales du pied est fortement corrélé à l'IPSc [5, 18] et à l'IPSo [3, 4].

À ce jour, le TMS peut être utilisé de plusieurs manières pour l'évaluation d'un patient artériopathe :