



Disponible en ligne sur
SciVerse ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France
EM|consulte
www.em-consulte.com



RECOMMANDATIONS PROFESSIONNELLES

Standards de qualité pour la pratique des examens Doppler et écho-Doppler artériel des membres inférieurs en médecine vasculaire. Rapport de la Société française de médecine vasculaire (SFMV)

Quality standards for ultrasound assessment (CW-Doppler, Duplex US) of the lower limb arteries in vascular Medicine. Report of the French Society for Vascular Medicine

F. Becker^{a,*}, F. Luizy^{d,1}, J.-M. Baud^b, O. Pichot^c, SFMV²

^a Service d'Angiologie et d'Hémostase, hôpitaux universitaires de Genève, hôpital Cantonal, 1211 Genève, France

^b Cabinet médical Nouvelle-France, 15, rue Pottier, 78150 Le Chesnay, France

^c 7, rue Lesdiguières, 38000 Grenoble, France

^d Centre d'exploration vasculaire, 7, rue Chalgrin, 75116 Paris, France

Disponible sur Internet le 17 novembre 2011

Résumé Principes généraux des standards de qualité de la Société française de médecine vasculaire pour la pratique des examens Doppler et écho-Doppler en médecine vasculaire. Ces examens doivent répondre à deux exigences : l'une de savoir-faire technique (connaissance de l'outil, respect des méthodologies), l'autre de savoir-faire médical (adaptation du niveau de pratique à l'indication de l'examen et au but poursuivi, interprétation et analyse critique des résultats).

Objectifs des standards de qualité. – Décrire un niveau optimal d'examen et ses modulations en fonction des indications ; homogénéiser les pratiques, les méthodologies, les langages, l'expression des résultats ; donner des repères de bonne pratique et promouvoir une démarche-qualité.

Thématique des standards de qualité. – Les niveaux d'examen (1, 2, 3) ; les indications et les objectifs ; l'examen diagnostique standard de référence (niveau 2), ses variantes d'examen en fonction des indications ; le contenu minimal du rapport d'examen, le courrier de synthèse médicale et l'iconographie ; glossaire commenté (bases anatomiques, hémodynamiques et sémiologiques) ; bases techniques et réglages des machines.

Nous discutons ici des diverses modalités d'utilisation du Doppler continu et de l'écho-Doppler pulsé couleur dans l'évaluation des artères de membres inférieurs.

© 2011 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : francois.becker@wanadoo.fr (F. Becker).

¹ † décédé, in memoriam (F. Luizy était parisien, il a participé activement à l'élaboration de ce Standard Qualité, il est décédé depuis).

² Rapport de la Société française de médecine vasculaire.

Summary The quality standards of the French Society of Vascular Medicine for the ultrasound assessment of lower limb arteries in vascular medicine practice are based on the principle that these examinations have to meet two requirements: technical know-how (knowledge of devices and methodologies); medical know-how (level of examination matching the indication and purpose of the examination, interpretation and critical analysis of results).

Objectives of the quality standards. – To describe an optimal level of examination adjusted to the indication or clinical hypothesis; to homogenize practices, methodologies, terminologies, results description and report; to provide good practice reference points and to promote a high quality process.

Themes of the quality standards. – The three levels of examination, indications and objectives for each level; the reference standard examination (level 2) and its variants according to indications; the minimal content of the exam report, the medical conclusion letter to the corresponding physician (synthesis, conclusion and management suggestions); commented glossary (anatomy, hemodynamics, signs and symptoms); technical basis. Device settings. Here, we discuss CW-Doppler and Duplex ultrasound in various indications for lower limbs arteries assessment.

© 2011 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Historique et méthodologie

Les notions de standards (normes), de standards qualité, de démarche qualité sont apparues dans le monde industriel, essentiellement au décours de la seconde guerre mondiale. Dans le monde médical, ces notions sont apparues bien plus tardivement et ont concerné d'abord les laboratoires d'analyse. Il est difficile de trouver une définition précise de « standards de qualité » spécifique aux activités médicales, à défaut on peut retenir la définition non-spécifique donnée par l'ISO (International Organization for Standardization) « Document établi par consensus qui fournit, pour des usages communs et répétés, des règles, des lignes directrices ou des caractéristiques, pour des activités ou leurs résultats garantissant un niveau d'ordre optimal dans un contexte donné » [1]. Le premier standard de qualité en pathologie vasculaire est, à notre connaissance, le document publié sous l'autorité de R.B. Rutherford en 1986 et consacré à l'ischémie des membres inférieurs [2]. Ce texte insistait d'entrée sur la précision et le respect du vocabulaire (*Reports in the vascular surgery literature are often difficult to assess and compare with each other because of poorly defined terms, imprecise categorization, lack of indices for gauging the severity of the disease or the presence of risk factors capable of affecting outcome, and varying criteria for success or failure. In essence, a lack of standardized reporting practices*).

Le présent document est le fruit d'un long travail entrepris depuis mars 2005 quand la Société française de médecine vasculaire (SFMV) s'est dotée d'une vice-présidence dévolue à la Démarche Qualité [Standards Qualité pour la Pratique (SQ), Recommandations]. Une première réunion de réflexion a réuni une vingtaine de praticiens hospitalo-universitaires, hospitaliers et libéraux début mai 2005. Une première formulation des SQ (argumentaire et plan général de rédaction, application à l'examen Doppler et écho-Doppler des artères cervicales) a été présentée lors du Congrès SFMV de Bordeaux (septembre 2005). Deux principes clefs ont été admis : 1-la déclinaison de la pratique

en fonction de niveaux d'examen définis par l'indication, 2-l'adjonction d'un glossaire détaillé des termes médicaux et techniques. Un groupe de travail restreint a été constitué pour l'élaboration de deux premiers SQ (Doppler et écho-Doppler des artères cervicales, Doppler et écho-Doppler des artères des membres inférieurs). La procédure, le contenu et le langage ont été présentés et discutés lors de communications orales suivies de débat au cours de chacun des congrès ultérieurs de la SFMV.

Les principes généraux retenus pour la rédaction de chaque SQ SFMV pour la Pratique des examens Doppler et écho-Doppler en médecine vasculaire ont été les suivants :

- ces examens doivent répondre à deux exigences : une exigence de savoir-faire technique (connaissance de l'outil, respect des méthodologies), une exigence de savoir-faire médical (adaptation du niveau de pratique à l'indication de l'examen et au but poursuivi, interprétation et analyse critique des résultats).
- les objectifs des SQ sont de :
 - décrire un niveau optimal d'examen et ses modulations en fonction des indications,
 - homogénéiser les pratiques, les méthodologies, les langages, l'expression des résultats,
 - donner des repères de bonne pratique et promouvoir une démarche-qualité :
- les thématiques des SQ sont :
 - les niveaux d'examen (niveaux 1, 2, et 3),
 - les indications et les problèmes à résoudre,
 - l'examen diagnostique standard de référence (niveau 2), ses variantes d'examen en fonction des indications,
 - le contenu minimal du rapport d'examen, le courrier de synthèse médicale et l'iconographie,
 - une annexe comportant Glossaire et Bases techniques, anatomiques et hémodynamiques.

En mars 2008, une séance plénière de quatre heures de la SFMV lors du Congrès du collège français de pathologie vasculaire a été consacrée à la présentation et à la discussion du

travail accompli (principe général, SQ en cours). Deux séminaires de rédaction en groupe de travail restreint (F.B., F.L., J.M.B., O.P.) ont été ensuite consacrés aux SQ « artères des membres inférieurs » et « artères cervicales ». Le fruit de ce travail a été publié en version préliminaire dans le journal interne de la SFMV [Lettre de Médecine Vasculaire N° 3 mai 2008 (rédacteurs F.B., O.P.) et N° 11 juin 2010 (rédacteurs F.B. et F.L.)] pour information et critiques éventuelles. Une dernière présentation orale a été faite lors du Congrès SFMV de septembre 2010. Ce document est la version finale du SQ « artères membres inférieurs » tenant compte des diverses remarques exprimées (Remerciements).

Les niveaux d'examens

Appliquer le même protocole d'examen quelle que soit l'indication contrevient à la bonne gestion du temps et de l'information. Le niveau d'examen ne qualifie pas la compétence technique de l'examineur, mais le niveau de complexité de l'examen à réaliser face à telle ou telle problématique clinique. Comme on gère la stratégie diagnostique et thérapeutique à partir de trois niveaux de probabilité clinique d'existence de la maladie (faible, intermédiaire, élevée), on peut distinguer la complexité des examens écho-Doppler (ED) en trois niveaux en fonction du ou des objectifs à atteindre et de la symptomatologie clinique. Ceci implique que l'examen clinique soit un préalable à tout examen instrumental.

Examen de niveau 1

Il s'agit d'un examen ciblé, limité à la réponse, le plus souvent binaire, à une question simple et directe. Le type en est l'examen de dépistage³ tel que la recherche d'une artériopathie oblitérante de membre inférieur (AOMI) chez un patient asymptomatique à risque, le dépistage ciblé ou opportuniste d'un anévrisme de l'aorte abdominale^{4G1} [3], le contrôle postopératoire précoce systématique, la suspicion de faux-anévrisme post-KT...

Examen de niveau 2 (examen standard de référence)

Il correspond à l'examen standard du patient avec AOMI symptomatique ou présentant des anomalies d'examen qu'il importe de préciser (par exemple, patient asymptomatique mais avec pouls fémoral faible ou absent ou souffle fémoral strident). Son objectif est un descriptif lésionnel définissant au moins le ou les étages les plus atteints (étage proximal aorto-iliaque, médial fémoro-poplité^{G15} ou distal jambier) et précisant les zones clefs^{G34}. Son étendue est modulée par la symptomatologie, par l'objectif thérapeutique a priori et par les lésions découvertes. Par exemple, on ne détaillera pas les lésions du patient présentant une claudication large

³ Le mot dépistage n'a pas exactement le même sens en Santé publique et en Pratique quotidienne. On entend ici dépistage ciblé ou opportuniste, diagnostic précoce.

⁴ Le sigle Gn en exposant indique le paragraphe correspondant du glossaire, n étant le numéro dans le Glossaire en Annexe.

de traitement médical (hors recherche de lésion menaçante à la bifurcation fémorale^{G12}), mais chez un patient accusant une claudication franche évocatrice de sténose iliaque un examen ilio-fémoral de repos normal devra être complété par un examen ilio-fémoral avec test d'hyperémie. La description des lésions principales est faite en fonction de l'anatomie chirurgicale.

En d'autres termes, en niveau 2, l'anamnèse et l'examen clinique ont déterminé la probabilité du siège des lésions et du mode de traitement, l'examen ED cadre le tableau lésionnel de l'AOMI et répond en priorité aux questions soulevées par l'évaluation clinique.

Examen de niveau 3

Il s'agit d'un examen complet suffisamment détaillé, précis et fiable pour pouvoir dispenser de tout autre examen artériographique de même intérêt dans un but de confirmation ou de documentation des données ED ou pour pouvoir être confronté d'égal à égal à un examen artériographique discordant. Son objectif est un bilan lésionnel et hémodynamique exhaustif utilisant toute l'expertise de l'examineur dans une indication donnée spécifique.

L'utilisation exhaustive du Doppler puissance (Doppler énergie) couplée à la vélocimétrie en Doppler pulsé permet de réaliser un examen de très haute précision, en situation chronique ou aiguë, répondant au concept d'artériographie ultrasonique fonctionnelle décrit par Ascher et al. [4,5].

Plusieurs équipes de par le monde ont montré que (sous réserve d'un matériel performant, d'une méthodologie rigoureuse et d'une logique anatomo-hémodynamico-clinique claire de la part de l'examineur, d'une confiance mutuelle médecin-chirurgien), l'ED couleur et pulsé peut suffire, dans la grande majorité des situations, à gérer un cas ou à intervenir sans artériographie préalable. Il est aussi assez précis pour réaliser un geste endovasculaire sous guidage ED.

Encadré 1: Points clefs dans l'examen artériel des membres inférieurs (*Key points in the assessment of lower limb arteries*).

1. L'arbre artériel des membres inférieurs est long, le plus long explorable dans sa totalité, de l'aorte sous-rénale aux artères du pied (environ 60% de la taille du patient).
2. Il se compose schématiquement d'axes de passage (axes iliaque et fémoro-poplité), de troncs de distribution pour les muscles de la fesse (artère iliaque interne), de la cuisse (artère fémorale profonde) et du mollet (artères surales ou jumelles), et d'un lit d'aval (artères de jambe et du pied).
3. Les artères iliaque interne et fémorale profonde et leurs réseaux connexes (artères lombaires, cercle péri-articulaire de hanche, artère descendante du genou et cercle péri-articulaire du genou) sont les voies de suppléance princeps des segments de l'axe ilio-fémoro-poplité.

4. Les dysgénésies d'artère jambière sont fréquentes (environ 10%). L'aptitude de chacune de ces artères à irriguer le pied est la clef de voûte de sa valeur fonctionnelle.
5. L'effet d'une sténose est fonction du flux qui la traverse et donc du débit en amont. Le débit d'un membre inférieur variant avec son degré d'activité, une sténose peut être muette en débit de repos et s'exprimer en débit d'effort.
6. La compliance artérielle diminue et l'athérosclérose fémoro-poplitée croît avec l'âge au-delà de la soixantaine. Ainsi, une sténose serrée courte (particulièrement en iliaque commune) peut passer inaperçue chez un patient jeune, des plaques étagées de l'axe fémoro-poplitée peuvent être banales chez un sujet âgé.
7. La vasomotricité cutanée et musculaire est un moyen important de l'adaptation au travail musculaire et à la perte de charge. En chronique, la conservation de la chaleur cutanée distale peut être trompeuse.
8. Chez le patient très âgé, diabétique ou insuffisant rénal terminal toujours envisager l'hypothèse d'une médiocalcose jambière dans l'interprétation d'un index de pression systolique à la cheville.
9. Ne pas confondre athérosclérose pariétale non-sténosante et artériopathie chronique oblitérante des membres inférieurs.

Indications, objectifs

Examen en situation chronique

Examen de dépistage

Examen de dépistage chez un sujet avec facteur(s) de risque d'athérosclérose (FR) sans symptôme ni signe d'AOMI ou face à un sujet asymptomatique présentant des signes évocateurs d'AOMI.

Il s'agit là de porter un diagnostic positif d'AOMI (examen de niveau 1 : réponse binaire, il y a ou il n'y a pas). La probabilité d'une AOMI augmente avec l'existence de signes cliniques (pouls distaux mal perçus ou absents, souffle systolique iliaque ou fémoral...).

La mesure de l'index de pression systolique à la cheville (IPSc), couplée à l'analyse du signal doppler des artères jambières à la cheville, est le socle de cet examen (encadré 2).

En épidémiologie on considère un IPSc inférieur à 0,90 pour le diagnostic d'AOMI. En pratique clinique chez le patient asymptomatique, le diagnostic d'AOMI est basé sur un IPSc inférieur à 0,90 ou un signal artériel Doppler anormal (monophasique, voire biphasique) à la cheville, l'exclusion d'une AOMI est basée sur l'association d'un IPSc supérieur à 0,90 et d'un signal Doppler normal, triphasique, à la cheville.

Au plan de la médecine factuelle, chez le sujet asymptomatique, cet examen s'inscrit dans la stratification du risque cardiovasculaire^{G10}, il se suffit à lui-même et n'implique pas le recours systématique à un ED complémentaire. Chez le patient présentant une symptomatologie

évocatrice d'AOMI, la mesure de l'IPSc est un élément de l'examen ultrasonique.

Encadré 2 : Index de pression systolique à la cheville (IPSc) et diagnostic d'AOMI (ABI and PAOD diagnosis).

Valeurs normales de l'IPSc (moyenne \pm 1 ds) : $1,10 \pm 0,10$.

Seuils d'anormalité : inférieur à 0,90 pour insuffisance artérielle, supérieur à 1,40 pour médiocalcose avérée.

1. Dépistage, diagnostic précoce d'AOMI (patient asymptomatique aux membres inférieurs) :

- IPSc > 0,90 + signaux Doppler à la cheville normaux : AOMI exclue ;
- IPSc > 1,50 + signaux Doppler à la cheville normaux : médiocalcose jambière sans AOMI ;
- IPSc > 0,90 + signaux Doppler à la cheville anormaux : AOMI avec médiocalcose jambière probable ;
- IPSc < 0,90 : AOMI.

2. Patient symptomatique (Claudication intermittente, douleurs de décubitus, trouble trophique) :

- IPSc < 0,90 : AOMI ;
- un IPSc > 0,90 n'exclut pas une AOMI :
 - si claudication intermittente : test d'effort, si chute d'IPSc > 20% : AOMI,
 - si douleurs de décubitus ou trouble trophique : pression digitale, si < 60–80* mmHg : AOMI.

3. Surveillance de patient avec AOMI connue :

- patient asymptomatique et IPSc stable par rapport à l'examen de référence : stop ;
- patient asymptomatique mais dégradation de l'IPSc > 15% ou > 0,15 : dégradation probable :
 - patient sans antécédent de chirurgie ou d'angioplastie homolatérale : renforcer la surveillance,
 - patient en suivi postopératoire : rechercher la cause de la dégradation en écho-Doppler.

* Selon TAS systémique.

Diagnostic d'une claudication intermittente d'effort^{G4,6}

Il s'agit là d'établir ou de confirmer l'existence d'une AOMI et d'analyser la relation de cause à effet entre la symptomatologie (en particulier le siège initial et la propagation de la douleur musculaire) et les lésions occlusives significatives de manière à retenir cette claudication comme d'origine artérielle (examen de niveau 2).

L'examen s'attachera aussi à rechercher des lésions susceptibles d'entraver l'entraînement à la marche ou d'expliquer une claudication serrée malgré des lésions apparemment banales (évaluation de la collatéralité, recherche de lésions iliaques en cas d'occlusion fémorale, recherche de lésions menaçantes^{G12}...).

Il pourra être nécessaire de compléter l'examen de repos par un examen en débit d'effort [test d'hyperémie réactionnelle post-occlusive ou post-effort ou test de marche sur

tapis roulant avec mesure des pressions post-effort (test de Skinner-Strandness) ^{G25}].

Examen préopératoire

Examen détaillé de niveau 2 s'il doit y avoir une artériographie préopératoire.

Examen de niveau 3 décisionnel si intervention prévue sans artériographie préopératoire ou si confrontation à une artériographie discordante ou non concluante par rapport à un premier écho-Doppler ou à la clinique ou si angioplastie prévue sous contrôle écho-Doppler.

Lorsqu'un pontage veineux est envisagé, l'examen est complété par l'évaluation de la veine grande saphène voire la recherche d'un autre greffon veineux. Lorsqu'une angioplastie est envisagée le diamètre maximal des artères cibles est mesuré. En cas de pontage distal, il faut savoir discuter les sites d'implantation et le choix de l'artère receveuse, la meilleure artère n'est pas forcément la mieux visualisée en artériographie (examen de niveau 3).

Suivi d'un patient avec AOMI sous traitement médical seul

Examen de niveau 1 ou de niveau 2 suivant que le sujet est asymptomatique ou qu'il existe des signes d'alerte [claudication restant gênante malgré un traitement médical bien conduit, dégradation de la symptomatologie, dégradation significative de l'IPSc (> 15 %, > 30 %) ^{G9} par rapport à l'examen de référence].

Suivi d'un patient avec AOMI après chirurgie vasculaire ou endovasculaire

Ces examens seront d'autant plus pertinents que l'examineur a à sa disposition le bilan préopératoire, le compte rendu opératoire et les données du bilan postopératoire.

Examen de niveau 1 ou de niveau 2 suivant qu'il n'existe pas ou qu'il existe des signes d'alerte (dégradation de la symptomatologie, dégradation de l'IPSc supérieur à 15 %, souffle sur le trajet artériel traité, suspicion d'ectasie au niveau d'une anastomose). Le principe général est évaluation de l'amont, évaluation de la zone traitée, évaluation de l'aval et du bénéfice distal. Les reconstructions proximales (aorto-iliaque, iliaque) se dégradent peu et répondent bien à un schéma de surveillance simple (niveau 1). Les reconstructions sous-inguinales sont plus vulnérables et bénéficient d'une surveillance plus systématique pour détection précoce de lésions menaçantes à court ou à long terme sous réserve d'un examen méthodique.

La surveillance de pontages veineux distaux implique, outre la surveillance de l'axe donneur et des anastomoses, un examen pas à pas de tout le pontage, les sténoses menaçantes par hyperplasie myo-intimale ou sur valvule (Pic de vitesse systolique supérieur à 300 cm/sec – Rapport de vitesses systoliques supérieur à 3,5) ^{G32} pouvant se situer n'importe où sur le pontage. Il s'agit alors d'un examen long minutieux de niveau 3 car ces sténoses ne sont pas toujours correctement identifiées en artériographie. La surveillance post-endarterectomie, la surveillance post-angioplastie percutanée obéissent aux mêmes principes que la surveillance des pontages ; bien qu'on manque de grande série prospective spécifique il semble que les seuils de

vitesse pour le diagnostic de sténose significative soient un peu supérieurs à ceux retenus pour les pontages. [28–34].

Recherche d'artériomégalie ou de dystrophie polyanévrysmale ^{G1,3}

Dans environ 15 % des cas un AAA athéromateux s'inscrit dans le cadre d'une artériomégalie ou d'une dystrophie polyanévrysmale. Il en est presque toujours ainsi pour les anévrysmes périphériques athéromateux. Dans les deux cas il est utile de rechercher la dystrophie de fond (artériomégalie) ou d'autres anévrysmes à l'étage aorto-iliaque ou au niveau des MI (dystrophie polyanévrysmale). Il s'agit d'un examen échographique (mode B ou modes B + TM) comprenant :

- la recherche d'une artériomégalie par la mesure du diamètre antéro-postérieur, adventice-adventice, au minimum des artères fémorale commune, fémorale à mi-cuisse et poplitée rétro-articulaire aux deux MI. Il est de bonne pratique de compléter par l'examen de la carotide commune et du bulbe carotide ;
- la recherche d'autre(s) anévrysm(e)s avec l'idée que le premier site d'anévrysm(e) est l'aorte abdominale, le deuxième est l'artère poplitée (sans oublier les anévrysmes situés derrière la patte d'oie), le troisième est l'artère fémorale commune. Plus rare est l'anévrysm(e) isolé de l'artère iliaque commune (à ne pas confondre avec un AAA et vice-versa), très rares sont les anévrysmes des artères fémorale, fémorale profonde ou iliaque interne. Les deux MI doivent être systématiquement examinés eu égard à la fréquence des formes bilatérales ou multiples. Si l'examen est positif, il doit être complété par l'évaluation du lit d'aval jambier dans l'hypothèse de dégradation embolique à bas bruit présente ou à terme.

En présence d'un anévrysm(e) non-athéromateux, la même démarche s'impose sachant qu'il n'y a pas véritablement de site d'élection et que tout l'arbre artériel doit être exploré.

Il s'agit d'un examen de niveau 2 normalisé, voire 3.

Examen en semi-urgence ou en urgence

Douleurs de décubitus ^{G7}, troubles trophiques ^{G26}, ischémie critique ^{G11}

L'examen comprend la validation de la symptomatologie clinique ^{G21}, la quantification du degré d'ischémie et la recherche et la description des lésions en cause.

L'examen ED recherche des lésions oblitérantes et/ou emboligènes. Les lésions sténosantes, souvent étagées, sont précisées quant à leur topographie et à leur incidence hémodynamique (degré, collatéralité, retentissement d'aval). Le lit d'aval jambier est évalué avec précision (pied compris chaque fois que possible). La perte de charge est mesurée.

Il s'agit d'un examen détaillé de niveau 2 (diagnostic seul) ou de niveau 3 (préopératoire) particulièrement si une intervention est prévue sans artériographie préalable (artériographie réalisée seulement en peropératoire) ou si confrontation à une artériographie jugée insuffisante ou discordante par rapport à un premier examen ED.

L'examen ED doit être complété par la mesure de pression digitale (au minimum en pole test ^{G18}, en

pléthysmographie avec occlusion veineuse, ou mieux en laser-Doppler). La mesure de TcPO₂^{G23} à l'avant-pied en décubitus (et en position assise ou avec inhalation d'O₂) affine notablement le diagnostic et le pronostic.

Occlusion artérielle aiguë, ischémie aiguë^{G14}

Le mode d'expression clinique d'une occlusion artérielle aiguë de MI va de la claudication serrée d'apparition récente à l'ischémie aiguë sensitivomotrice du pied pour laquelle le délai d'action thérapeutique n'est que de quelques heures. Il est fondamental de faire la distinction entre les types de présentation, de ne pas utiliser occlusion artérielle aiguë pour ischémie aiguë et vice-versa, de s'inquiéter d'un déficit sensitivomoteur lors de la demande d'examen et de prendre ces patients dans les meilleurs délais.

L'examen ED est orienté par l'examen clinique préalable [évaluation du niveau d'obstruction récente par l'appréciation symétrique de la température cutanée et des pouls, identification d'un pouls ample (anévrisme? pouls de butée?), examen de la semelle plantaire à la recherche de taches purpuriques ou d'un livedo ischémique d'origine embolique (*trash foot*)].

L'examen ultrasonique est mené en gardant à l'esprit cinq hypothèses :

- embolie sur artère saine, embolie ou auto-embolie sur artère athéromateuse, thrombose aiguë sur artère pathologique, thrombose aiguë sans signe d'artériopathie, dissection artérielle spontanée.

Ainsi l'examen s'intéresse non seulement à confirmer l'occlusion artérielle et son siège mais aussi ;

- à discuter la nature de l'occlusion (ogive échogène d'un embolie, thrombose récente anéchogène ou hypoéchogène homogène...);
- à préciser l'environnement de l'obstruction récente (artère normale, AOMI athéromateuse, anévrisme poplité, épaissement de paroi évocateur d'artérite);
- à rechercher une source d'auto-embolie (plaque ulcérée, anévrisme, dissection);
- voire à rechercher des embolies multiples devant une séméiologie atypique (par exemple recherche d'embolies dans la fémorale profonde en cas d'embolies poplitéo-jambiers et d'hypothermie cutanée dépassant le genou).

L'examen est de niveau 1, 2, ou 3 en fonction de la symptomatologie et de l'option de gestion (transfert immédiat, traitement avec ou sans artériographie).

Une forme particulière est la survenue d'un orteil bleu^{G16} qui doit faire rechercher une lésion ulcérée, volontiers non-sténosante, en particulier de la fémorale commune.

Cas particuliers

Le postopératoire immédiat

Trois cas de figures sont à envisager :

- examen de contrôle systématique avant sortie. Bien que discuté en cas de suites simples, cet examen est utile. D'une part, il peut découvrir des lésions asymptomatiques menaçantes ou des lésions sous-évaluées en préopératoire (non rare dans l'angioplastie fémorale) ou une occlusion

asymptomatique liée(s) au geste pratiqué faisant discuter une ré-intervention ou un suivi évolutif rapproché ou qui pourra faire changer la stratégie. D'autre part, par les données quantifiées recueillies, il sera l'examen de référence pour le suivi ultérieur. Un point important de ce contrôle précoce est de savoir considérer à leur juste valeur les « lésions » mineures. Cet examen doit tenir compte du bilan préopératoire, du geste réalisé et du bénéfice attendu. Examen de niveau 1 si conforme à l'attente, de niveau 2 dans le cas contraire ;

- réévaluation de lésions associées ou négligées : réévaluation de lésions iliaques jugées mineures en préopératoire, réévaluation d'une réinjection poplitée, réévaluation de lésions poplitées, réévaluation du lit d'aval jambier. Examen de niveau 2 ;
- examen en urgence devant une complication ou une suspicion de complication au cours ou au décours de l'acte opératoire. Cet examen, parfois délicat, requiert pragmatisme et bonne connaissance des complications possibles.

L'examen est de niveau 1, 2 ou 3 en fonction des premières constatations.

Le diabétique et l'insuffisant rénal chronique terminal

Il convient de distinguer le patient diabétique connu de longue date chez lequel se pose la question d'une AOMI et le patient avec AOMI connue chez lequel le bilan des facteurs de risque découvre des perturbations du métabolisme glucidique. Le premier présente plutôt une AOMI à prédominance distale (intéressant les artères jambières, mais aussi les branches de la fémorale profonde et de l'iliaque interne) et calcifiante (comme le sujet très âgé) ; les artères du pied sont assez fréquemment épargnées. Le patient avec insuffisance rénale chronique terminale (IRCT), dialysé ou greffé, est lui aussi à haut risque d'artériopathie distale et calcifiante mais à l'opposé du diabétique sans IRCT les lésions d'artériosclérose s'étendent volontiers aux artères du pied. Chez ces patients il importe de savoir manier l'examen Doppler de l'avant-pied (Doppler continu 8–10 MHz, voire ED couleur) et la mesure de pression digitale pour identifier médiocalcose et lésions occlusives des artères du pied.

Selon les recommandations Anaes-Alfediam 2002, un examen de dépistage d'une AOMI diabétique est recommandé chez tout diabétique âgé de plus de 40 ans, tout patient avec diabète diagnostiqué depuis plus de 20 ans ou s'il existe d'autres facteurs de risque associés au diabète. Vu le très grand nombre de patients concernés et l'absence d'indication validée à un geste artériel préventif cet examen est nécessairement un examen de niveau 1 basé sur l'examen clinique du pied et la mesure d'IPSc couplée à l'analyse des signaux doppler jambiers et à l'avant-pied et au moindre doute à une mesure de pression digitale.

À l'opposé chez ces mêmes patients, douleurs à la marche, douleurs de repos, troubles trophiques de la cheville ou du pied sont souvent multifactoriels et hétérogènes, impliquant plus qu'ailleurs un examen méthodique anatomo-hémodynamico-clinique. L'examen Doppler et ED des artères de jambe et du pied peut nécessiter de pousser au maximum les réglages. Suivant les lésions cliniques, les premières constatations Doppler et l'indication envisagée, les examens seront de niveau 1, 2 ou 3 au besoin complétés par une évaluation du potentiel de cicatrisation.

Niveau d'amputation

La détermination d'un niveau d'amputation obéit à des règles anatomo-cliniques. Néanmoins, l'ED et la mesure de TcPO₂ ont leur place pour :

- s'assurer de l'absence d'alternative à l'amputation ;
- évaluer le potentiel de cicatrisation de la tranche d'amputation présumée par la recherche de flux artériel pulsé alentour.

Artériopathies non-athéromateuses⁵ (ANA)

La majorité des ED artérielles MI est réalisée dans le cadre de l'athérosclérose et de l'athéromatose. Néanmoins :

- dans un contexte a priori banal, il faut savoir discuter une ANA devant des anomalies artérielles sans signe échographique d'athérome ;
- dans un contexte donné (âge, sexe, facteurs de risque, mode de début, localisation particulière des lésions, aspect singulier de la paroi...), il faut savoir reconnaître des anomalies évocatrices de telle ou telle ANA ;
- devant une suspicion clinique d'ANA, il faut savoir aller chercher les arguments échographiques et écho-Doppler qui vont étayer ou contrer l'hypothèse⁵².

Traumatismes artériels

L'examen ED face à une suspicion de traumatisme artériel devant un traumatisme artériel avéré nécessite de prendre en compte le contexte, le mécanisme suspecté [direct (objet pénétrant, écrasement, cisaillement), indirect (élongation, dissection)], les différents types possibles de lésions de la paroi artérielle (brèche, rupture intimale, dissection, rupture des trois tuniques, faux anévrisme, fistule artérioveineuse...) et de réactions vasculaires (thrombose in situ, thrombo-embolie, spasme local, spasme d'aval). Il est réalisé en collaboration étroite avec l'équipe qui prend en charge le patient.

Bilan d'angiodyplasie

L'ED artériel est devenu l'outil clef de classification des malformations vasculaires car il permet facilement d'en préciser le type hémodynamique : malformation artérioveineuse à haut débit, malformation AV à petit débit ou à micro-shunts, malformation veineuse pure.

L'examen comprend l'analyse des pédicules afférents et efférents et la mesure comparative des débits⁶⁵. La mesure de débit permet aussi de préciser la compression élastique à mettre en place (pression efficace réduisant le débit).

Chirurgie orthopédique (genou, pied), chirurgie plastique reconstructrice

Vu l'âge des patients bénéficiant actuellement de prothèse totale du genou ou de chirurgie réparatrice du pied, un examen vasculaire est conseillé lorsque l'examen clinique n'est

pas parfaitement normal. Cet examen commence en niveau 1 et passe en niveau 2 si l'examen de débrouillage est anormal. Chez les hommes de plus de 60 ans, fumeurs, il ne faut pas oublier la recherche systématique d'un anévrisme poplité. En cas de chirurgie du pied, il faut pousser l'examen au moins à l'examen Doppler ou ED de l'inter-métatarsienne du gros orteil.

Avant transposition-greffe d'un lambeau pédiculé (quelle que soit l'indication), un ED est réalisé pour analyser le réseau artériel du MI et évaluer le potentiel de cicatrisation ; définir au mieux le pédicule (éventuellement le choisir en cas d'artériopathie jambière) ; évaluer la vascularisation du lambeau. La réalisation de cet examen suppose une très bonne connaissance de l'anatomie et une maîtrise des réglages de l'ED en particulier en Doppler énergie. Après transposition du lambeau recouvrant le trouble trophique, l'ED avec imagerie de flux permet d'évaluer la perméabilité des anastomoses artérielles et veineuses, ainsi que la trophicité du lambeau de recouvrement par évaluation des résistances.

Technique et méthodologie : mesure de l'IPSc

Avant toute discussion sur la ou les artères considérée(s) pour le calcul d'IPSc, il faut insister sur les règles de base de mesure de pression, c'est là que se trouve le maximum d'erreurs.

Règles de base

Les règles de base sont les suivantes :

- le patient est allongé en décubitus au repos depuis cinq à dix minutes. Veiller à la chaleur des pieds (la vasoconstriction cutanée est source d'erreur de mesure) ;
- la pression est mesurée là où est placé le manchon et non là où est placé le capteur. À la cheville, le bord distal du manchon doit affleurer les malléoles ;
- la largeur du manchon doit être de 1,2 à 1,5 fois le diamètre du segment de membre (bras, cheville) sur lequel il s'applique ;
- la poche pneumatique du manchon doit couvrir les artères à comprimer pour la mesure de pression ;
- le manchon doit être ajusté au plus près sur la peau, enroulé aussi parfaitement que possible sur lui-même (meilleure reproductibilité) ;
- le même appareil est utilisé pour la mesure au bras et à la cheville (de manière à ne pas sommer les erreurs de mesure liées à l'appareillage) ;
- il est recommandé de mesurer d'abord la pression au bras de manière à avoir une idée de la pression normale à la cheville ;
- le manchon doit être gonflé rapidement au-delà de la pression systolique présumée et dégonflé lentement jusqu'à réapparition du signal Doppler. La pression est mesurée à la réapparition du signal et non la pression de disparition du signal ;
- les pressions (bras, chevilles) sont exprimées en mmHg (ne pas arrondir au centimètre !!). Il est recommandé de retenir la moyenne de deux ou trois mesures successives ;

⁵ Artérite (Takayasu, Horton, Behçet, Buerger), dysplasie (DFM), endofibrose, compression (piège poplité), kyste adventiciel, dissection (extension de dissection aortique, dissection périphérique), artérite radique...

- l'index de pression systolique à la cheville est calculé à deux chiffres après la virgule.

Quelles artères choisir pour le calcul de l'IPSc ?

Au bras, plutôt que de dire que l'on choisit la plus élevée des pressions droite et gauche, le plus pertinent pour un médecin vasculaire est sans doute de s'assurer de l'absence de sténose sous-clavière significative puis de retenir la moyenne des pressions humérales droite et gauche.

À la cheville, deux options se discutent selon que l'on est dans un examen de dépistage ou dans un bilan hémodynamique le plus précis possible :

- dans le premier cas (dépistage), soit on mesure la pression sur la tibiale postérieure et sur la pédieuse et on retient la plus élevée des deux (ou la plus basse des deux pressions dans le souci d'augmenter la sensibilité pour la détection d'AOMI en élargissant aux atteintes jambières isolées), soit on se limite à la mesure en tibiale postérieure (du fait de la plus grande fréquence des variations anatomiques sur la tibiale antérieure). L'essentiel est de préciser le mode de mesure dans le rapport ;
- dans le second (bilan hémodynamique), on mesure la pression sur les trois artères de jambe⁶ et l'on prend la moyenne des pressions identiques à 10% près (c'est-à-dire à l'erreur de mesure près⁶⁹). C'est le mode de calcul qui, comparé à une méthode globale, est le plus précis, le plus reproductible dans le temps.

Bien entendu, l'IPSc est mesuré aux deux MI. Dans le cadre d'un examen de dépistage ou en stratification du risque cardiovasculaire, l'IPSc qualifiant est le plus bas des deux.

Limites et causes d'erreur

Les limites et causes d'erreur sont :

- rigidité, médiacalcoses des artères jambières ;
- toute entrave à la compression des artères de jambe : œdème ou lipodystrophie majeur(e) de cheville, guête d'hypodermite, plaie/ulcère à la cheville ;
- sténoses proximales courtes, isolées, avec bonne compliance d'aval minimisant la perte de charge ;
- sténoses situées en dehors de l'axe aorte-cheville (sténoses hypogastrique ou fémorale profonde isolées), les lésions des artères du pied (IRCT, embolies).

⁶ L'artère tibiale postérieure est recherchée dans la gouttière rétro-malléolaire interne. La sonde est tenue avec souplesse entre pouce et index comme une baguette, orientée de dedans en dehors et un peu en avant à la rencontre du flux (parfois, on trouvera l'artère à la face interne du talon). La pédieuse est recherchée au cou de pied ou sur le dos du pied, la sonde tenue entre les trois premiers doigts comme un stylo. La péronière est recherchée de la même façon au bord antérieur de la malléole externe. Quelle que soit l'artère examinée on s'attachera à avoir un angle d'attaque voisin de 45° par rapport au trajet supposé de l'artère.

Les erreurs les plus fréquentes résultent toutefois du non-respect des règles de base de mesure de pression artérielle.

Technique et méthodologie : ED standard (niveau 2)

Installation du patient et de l'examineur

Le patient est installé en décubitus dorsal, tronc légèrement incliné à 30° par rapport au plan du lit pour favoriser le relâchement de la sangle abdominale, les bras le long du corps, MI en légère rotation externe avec discrète flexion des genoux.

La position du médecin dépend des bonnes habitudes acquises lors de l'apprentissage. Les uns, habitués à travailler des deux mains, se placent alternativement de chaque côté du patient placé sur un lit à roulettes (examineur à droite sonde tenue de la main droite pour le membre inférieur droit, examineur à gauche sonde tenue de la main gauche pour le membre inférieur gauche). Les autres préfèrent travailler d'un seul côté assis sur une chaise à roulettes et mener l'ensemble de l'examen depuis l'aorte abdominale jusqu'aux extrémités sans avoir à bouger ni le patient ni la machine. Quoiqu'il en soit, l'examineur doit s'installer confortablement, avoir un large champ d'exploration sans contrainte mécanique et offrant un maximum de liberté et de précision de la main. L'avant-bras portant la sonde doit être stable tout en offrant une liberté à la main qui pilote la sonde, l'autre main doit pouvoir être utilisée aussi bien pour travailler au clavier et ajuster les réglages que pour présenter au mieux le segment de MI examiné.

Il est vivement conseillé d'examiner les deux MI l'un après l'autre de manière à construire le schéma lésionnel type angiographie au fur et à mesure de l'examen (plutôt que comparer côté droit et côté gauche à chaque étage).

Réglages ED

Il est toujours nécessaire de vérifier que les réglages du matériel ED utilisé soient appropriés à l'examen réalisé et aux spécificités du patient (*Annexe B*). Gain général, focalisation en profondeur, *Pulse Repetition Frequency* (PRF) et échelles de vitesse doivent pouvoir être ajustées en permanence.

Les vaisseaux à explorer

L'examen doit apprécier l'aorte abdominale, les axes iliaques (directement ou indirectement), la bifurcation fémorale commune, l'axe fémoro-poplitée, la bifurcation poplitée et le lit d'aval jambier ainsi que la collatéralité éventuelle.

Aorte abdominale

Le patient ayant une AOMI athéromateuse ou le patient suspect d'artérite doit avoir un examen de l'aorte abdominale à la recherche d'un AAA, de grosses plaques aortiques ou d'un épaississement diffus de la paroi.

Axe iliaque

En première intention l'axe iliaque est examiné indirectement à partir de l'artère fémorale commune. Si le signal Doppler pulsé y est normal triphasique et si dans la clinique rien n'évoque une sténose iliaque, on peut en rester là. Un signal monophasique suffit à affirmer une sténose iliaque (mais ne la localise pas) et suivant le contexte clinique on peut s'en contenter. Néanmoins, si l'anatomie le permet, il est préférable de préciser l'état de l'axe iliaque par un examen direct, au besoin après avoir prié le patient de se tourner légèrement sur le côté opposé. On examine alors, de préférence avec une sonde curviligne, la division aortique, l'iliaque commune, la bifurcation iliaque, l'iliaque externe et la jonction ilio-fémoral.

Si l'examen est normal alors que la clinique suspecte une sténose iliaque ou si un pontage sous-inguinal est envisagé, il faut compléter l'examen de repos par un examen en débit d'effort (cf infra méthodologie, test d'effort).

Bifurcation fémorale

L'artère fémorale commune (AFC) et sa bifurcation est une zone clef dans l'AOMI : elle reçoit la suppléance des occlusions iliaques externes et est à l'origine de la suppléance des occlusions fémorales ; elle est aussi un site privilégié de plaque ulcérée. L'examen ED est mené en recherchant la meilleure exposition de la bifurcation fémorale, le plus souvent en plaçant la cuisse en abduction-rotation externe et légère flexion du genou. Quelques particularités doivent être connues :

- les variations anatomiques de la division de l'AFC sont fréquentes et variées. L'agénésie de l'artère fémorale profonde (AFP) n'existe pas, mais l'origine de l'AFP est variable tant sur le pourtour de l'AFC qu'en hauteur, les branches du tronc de l'AFP peuvent naître isolément de l'AFC, l'angle du tronc de l'AFP sur l'artère fémorale (AFS) est variable ;
- le codage couleur est utile pour dessiner les plaques de l'AFC et reconnaître les lésions potentiellement ulcérées, mais il ne faut pas se contenter du codage couleur pour définir les sténoses ostiales de l'AFP, le Doppler pulsé est indispensable pour quantifier les sténoses dès lors que l'examen en couleur n'est pas normal ;
- les grosses lésions segmentaires protubérantes de l'AFC peuvent être peu parlantes en termes de vitesse en débit de repos, elles doivent être quantifiées en planimétrie en coupe transversale ;
- en cas d'occlusion courte de l'AFC laissant libre la bifurcation, l'artère fémorale peut être réinjectée par le tronc de l'AFP ;
- l'examen de l'AFC peut être difficile en cas de chirurgie itérative à ce niveau.

Artère fémorale (AFS)

Les lésions athéromateuses de l'AFS sont diverses : sténose isolée, sténoses étagées, sténose(s) sur athérosclérose diffuse tubulaire de l'AFS, occlusion courte médiale ou distale, occlusion longue... Si le patient est asymptomatique ou assez peu gêné, il suffit de reconnaître globalement l'atteinte de l'AFS. Si un geste est prévu pour parer aux lésions de l'AFS, il faut rentrer dans le détail⁶¹⁵.

Quelques particularités méritent attention :

- les lésions longues de l'AFS sont suppléées par l'AFP, l'examen de l'origine de l'AFP et la recherche de la zone de réinjection (et d'une éventuelle sténose de la collatérale ou de la zone de réinjection) font partie de l'examen de l'AFS. Il faut savoir aussi examiner l'artère du vaste externe (parfois palpable dans la loge antéro-externe de cuisse, contre le fémur) ;
- les lésions courtes de l'AFS sont suppléées par des branches de l'AFS. Certains patients s'améliorent lorsque l'AFS s'oblitére sur tout son trajet et que l'AFP prend le relais, d'autres restent en l'état avec une collatéralité AFS-AFS entravée par des sténoses à l'ostium des collatérales ou à la réinjection ;
- pour les lésions distales de l'AFS, la symptomatologie dépend beaucoup de l'état de la jonction fémoro-poplitée et de la poplitée haute (siège de la réinjection par l'AFP et de l'origine de l'artère descendante du genou) ;
- ED et Artériographie peuvent être discordants sur le détail des lésions (l'artériographie prenant en compte les sténoses visibles sur le luminogramme, l'ED prenant en compte la totalité de la paroi). Si l'ED met en évidence de sténoses étagées de l'AFS et si le patient doit avoir une angioplastie, il est utile de situer les sténoses à partir de la bifurcation de l'AFC ou sur la peau ;
- l'examen de la jonction fémoro-poplitée derrière la patte d'oie est difficile en décubitus, il peut être nécessaire de reprendre l'examen en décubitus ventral genou légèrement fléchi (qu'il s'agisse de suspicion de sténose ou d'anévrysme) ;
- l'AFS distale peut être le siège de compression au niveau du canal de Hunter (syndrome de Palma) ou par une exostose.

Axe poplité

L'artère poplitée fait suite à l'AFS au sortir de l'anneau du troisième adducteur, elle présente un long trajet divisé en étages : poplitée haute sus-articulaire d'accès limité par la patte d'oie, poplitée moyenne rétro-articulaire articulaire profonde dans le grand axe du losange poplité, poplitée basse sous-articulaire se terminant normalement au bord inférieur du muscle poplité en tibiale antérieure et tronc tibio-péronier. Dans 10% des cas, la hauteur et le mode de cette division est variable [division à hauteur de l'interligne articulaire, voire au-dessus (naissance haute de la tibiale antérieure), terminaison en trifurcation poplitée], les anomalies de trajet de la poplitée sous-articulaire sont également fréquentes (piège poplité, symptomatique ou non).

La voie de suppléance la plus puissante est l'artère descendante du genou, dernière branche de l'AFS, qu'il faut savoir rechercher en cas de lésion poplitée haute voire moyenne, d'abord à la face interne du genou puis en remontant à son origine en sus-condylien interne et en cherchant son anastomose distale en descendant vers le plateau tibial interne (Doppler continu 8MHz, voire ED couleur, parfois même palpable). Un gros tronc jumelle, parallèle et de calibre à peine inférieur à la poplitée est parfois facilement visualisé en ED couleur sus-poplitée. Les voies de suppléance de la poplitée moyenne et de la poplitée basse (artères du

cercle articulaire du genou, récurrentes tibiales) sont plus difficiles à repérer ; leur examen implique d'avoir bien identifié le tronc tibio-péronier.

Lit d'aval jambier

Selon l'importance des lésions plus proximales, la symptomatologie et l'indication thérapeutique, le lit d'aval jambier est :

- précisé simplement en comparant signaux Doppler à la cheville et signaux Doppler poplités (cotation n/6 en donnant deux points par artère jugée normale, un point par artère pathologique, 0 par artère occluse) ou ;
- étudié en détail en ED couleur et pulsé (examen en décubitus dorsal et ventral, voire en position assise, avec réglage fin des gains et de la PRF). Quand on a besoin d'un examen détaillé des artères jambières (ischémie critique), l'examen ED doit être poursuivi au niveau du pied. Il s'agit d'un examen de niveau 3 qui peut aller jusqu'à l'utilisation de produit de contraste ultrasonore.

L'évaluation du lit d'aval implique de savoir prendre en compte les variations anatomiques fréquentes des artères jambières et des artères du pied^{G27,28}.

L'étendue de cet examen est modulée en fonction de la clinique, de la symptomatologie et de l'implication thérapeutique. Il faut tenir compte du ou des objectifs, savoir détailler un point et faire simple ailleurs.

Méthodologie de l'examen ED

L'examen ED comprend une analyse morphologique et hémodynamique des différents axes artériels. Les calibres normaux, les vitesses normales et les critères vélocimétriques pour la quantification des sténoses sont rapportés en [Annexe](#)^{G22, 24, 29-32}.

- L'analyse morphologique est réalisée en échographie mode B, en coupe transversale et longitudinale^{G8}. L'ED en mode couleur et/ou énergie sont utiles pour préciser le versant luminal de la paroi ou certaines lésions peu ou non échogènes et aussi pour repérer le niveau et le type des variations anatomiques.
- L'analyse hémodynamique (critère principal de quantification) est basée sur l'analyse des profils de vitesse en Doppler pulsé et sur la mesure de vitesses systoliques maximales, en valeur absolue et en valeur relative par rapport aux mêmes items mesurés en zone saine en amont (ou en aval)^{G29-32}. Le rapport de vitesses systoliques (SVR = Pic de vitesse systolique au niveau de la sténose / Pic de Vitesse Systolique en proche amont) est particulièrement utile en cas de sténoses étagées. La mesure des vitesses maximales télédiastoliques n'est pas utilisée comme pour les carotides étant donné que la vitesse diastolique est normalement quasi nulle en l'absence de vasodilatation ; en revanche la présence d'un flux diastolique sur le jet sténotique témoigne en règle d'une sténose serrée.

L'ED couleur

L'ED couleur aide au repérage des zones de sténose et permet de positionner la porte doppler pulsé au site de plus grande vitesse et d'ajuster la correction d'angle selon l'axe du jet sténotique.

Le codage couleur doit être ajusté aux vitesses maximales pour mesurer une sténose en réduction de diamètre ou de surface en planimétrie (ni *overpainting*, ni « pixellisation » ni *aliasing* : le coloriage doit être conforme aux vitesses).

Le Doppler puissance (variation d'énergie du signal) est préférable au Doppler couleur, en particulier en coupe transversale, car il est indépendant de l'angle d'insonification et de la vitesse. Très sensible à la fois aux vitesses lentes et rapides, l'occurrence d'un *overpainting* en présence d'une sténose serrée est moindre.

Pour les mesures en planimétrie, la coupe transversale stricte doit être privilégiée à la coupe longitudinale chaque fois que possible.

La planimétrie en Doppler couleur et/ou puissance est un critère secondaire.

Les évaluations vélocimétrique et planimétrique doivent être concordantes, dans le cas contraire l'examineur doit s'interroger sur une erreur de mesure, un défaut de réglage ou rechercher une lésion d'aval ou d'amont (lésions associées, cardiopathies, hypo ou hyper débit systémique...).

Le Doppler continu

Le Doppler continu n'est pas utilisé pour quantifier des sténoses mais pour recueillir les signaux Doppler à la cheville et au pied, repérer des trajets collatéraux, parfois différencier occlusion et sténose pseudo-occlusive. Il est actuellement essentiellement utilisé en 8-10 MHz (le 4 MHz garde de l'intérêt en niveau 1 et pour évaluer un signal de réinjection par l'échelle de dégradation des profils de vitesse^{G20}).

Test d'effort ou d'hyperhémie

Des sténoses iliaques significatives à l'effort peuvent n'avoir aucune incidence sur le signal Doppler de l'AFC en débit de repos, et même en examen ED direct de l'axe iliaque. Il faut les rechercher par un test d'hyperhémie réactionnelle post-occlusive ou post-effort réalisé. Cet examen peut être réalisé sans bouger le patient, dans le fil de l'examen de l'AFC : l'hyperhémie est obtenue par un effort musculaire consistant à demander au patient (en décubitus dorsal sur le lit d'examen) de décoller le talon du lit d'une quinzaine de cm, le MI en extension pendant environ une minute, puis de laisser retomber le MI sur le lit d'examen en relâchement musculaire. Le test peut être sensibilisé en comprimant l'AFC avec le pouce durant l'effort musculaire ou en demandant au patient de faire osciller la hauteur du talon ou les deux (le test d'hyperhémie réactionnelle post-occlusion à l'aide d'un cuissard gonflé à pression supra-systolique, plus contraignante, n'est plus pratiqué). Avant l'arrêt de l'effort et la levée de la compression, l'examineur repositionne correctement la sonde ED à la jonction ilio-fémorale. L'importance du flux diastolique témoigne de l'hyperhémie obtenue. Si l'axe iliaque ne présente pas de sténose significative, la partie systolique du signal reste normale. En cas de sténose significative, la partie systolique du signal se dégrade selon les profils habituels aux sténoses d'amont.

On peut réaliser un examen direct à condition que patient et examinateur soient alertes: le patient réalise un test de marche rapide ou un effort conséquent d'accroupissements et relèvements, puis se recouche rapidement, et l'examineur se repositionne rapidement sur l'axe iliaque suspect. Il doit s'écouler moins de deux minutes entre arrêt de l'effort et nouvel examen de l'axe iliaque suspect.

Ce test d'hyperémie réactionnelle est moins pertinent pour les lésions sous-inguinales. En cas de doute, le plus simple est de réaliser un test de marche normalisé sur tapis roulant avec mesure des pressions au bras et à la cheville pendant dix minutes après l'arrêt de l'effort (test de Skinner-Strandness). Ce test a le double avantage de démasquer les lésions ne parlant qu'à l'effort et donc de confirmer une claudication artérielle malgré un examen de base normal et d'apprécier la valeur de la collatéralité par la mesure de l'IPSc post-effort pendant dix à 20 minutes (fenêtre ischémique)^{G25}.

Descriptif lésionnel

La description des lésions se fait en se calquant au mieux sur l'anatomie et la terminologie radio-chirurgicale en évitant tout discours ésotérique source d'incompréhension.

Compte rendu d'examen

Le compte rendu d'examen doit renseigner tous les éléments suivants.

Renseignements administratifs

Les renseignements administratifs sont :

- nom, prénom, date de naissance et âge du patient ;
- nom du médecin prescripteur et du ou des médecins référents ;
- nom du médecin ayant réalisé l'examen ;
- marque, modèle, date de mise en service du matériel écho-Doppler ;
- date et heure de l'examen ;
- ces paramètres peuvent être automatiquement renseignés par l'utilisation d'un dossier médical patient informatisé, et par l'échographe.

Renseignements médicaux

Les renseignements médicaux sont :

- motif(s) de l'examen ;
- antécédents médicaux et chirurgicaux importants ;
- facteurs de risque cardiovasculaires ;
- antécédents cardiovasculaires, interventions déjà réalisées
- examens déjà réalisés ;
- séméiologie vasculaire actuelle et objectifs de l'examen ED.

Description de l'examen écho-Doppler et de ses limites éventuelles

Type d'examen réalisé : niveau 1, 2 ou 3.

Description des données morphologiques et hémodynamiques recueillies en veillant à utiliser un langage clair et précis, intelligible de tous.

Évaluation clinique et hémodynamique du statut du patient selon les classifications de Rutherford 1997 et HAS 2009.

Notification, le cas échéant, des facteurs limitant la fiabilité ou l'exhaustivité de l'examen (vaisseaux ou segments de vaisseaux non explorés, limitations et causes d'erreurs possibles de l'examen ED).

Synthèse diagnostique

Interprétation des données de l'examen ED eu égard aux données cliniques.

Comparaison le cas échéant avec les résultats d'examen antérieurs (Intérêt de l'archivage informatique du dossier patient et des images significatives des examens).

Stratification du risque cardiovasculaire selon les données recueillies (IPSc par exemple)^{G10}.

Implication clinique des résultats de l'examen ED réalisé, et orientation thérapeutique.

Iconographie

Le compte rendu doit être accompagné d'une documentation illustrant les principaux vaisseaux et flux analysés, ainsi qu'une documentation complémentaire de tous les éléments pathologiques diagnostiqués avec au minimum :

- en niveau 1 diagnostic/dépistage AOMI : IPSc et signaux Doppler à la cheville ;
- en niveau 2 : les images en mode B de l'aorte sous-rénale et des iliaque communes, des trépieds fémoraux et des poplitées articulaires (et chez les diabétiques, imagerie systématique du trépied jambier) et au moins une image de Doppler pulsé pour une lésion clef.

Ce set minimal de neuf images devrait être complété en niveau 3 par une imagerie détaillée de toutes les lésions mises en évidence sur les différents vaisseaux examinés.

Assurance qualité

Formation et pratique

Une formation initiale à la pratique des techniques ultrasonores appliquée à l'exploration des axes artériels des membres ainsi que de l'aorte abdominale et de ses branches requiert un volume supérieur à 100 examens/an sur un champ balayant tous les cas de figures cliniques.

Procédures générales d'évaluations

Une corrélation des résultats de l'examen ED doit être réalisée systématiquement avec les données des examens

radiologiques réalisés parallèlement, et le cas échéant avec les données anatomiques per opératoires.

Auto-évaluation de la qualité de l'examen ED réalisé chez un patient donné

Le niveau d'examen doit être précisé et justifié, au besoin en se référant à des guidelines.

Les vaisseaux ou segments de vaisseaux explorés doivent être notifiés.

Les limitations et causes d'erreurs de l'examen ED doivent être notifiées, tant pour l'analyse morphologique (calcifications, défaut d'échogénicité, etc.) qu'hémodynamique (bas débit cardiaque, arythmie, angle de tir Doppler mal gérable, etc.).

Remerciements

Nous remercions les médecins vasculaires qui ont participé aux discussions suivant les présentations des différentes étapes de la construction de ce Standard Qualité lors des Congrès de la Société française de médecine vasculaire. Nous remercions L. Bressollette, J. Constans, M. Dadon, M. Fezowicz, P. Giordana, J.-L. Guilmot, J.-Y. Laffont, J.-P. Laroche, G. Miserey, J.-C. Saby, J.-C. Wautrecht qui ont fait part de leur avis après publication de la version préliminaire de ce Standard Qualité dans la Lettre de Médecine Vasculaire.

Annexe A. Glossaire commenté [6]

A.1. Anévrisme, ectasie, artériomégalie [1,7]

Un anévrisme est une dilatation permanente localisée, segmentaire, avec perte du parallélisme des bords, d'une artère dont le diamètre est augmenté d'au moins 50% par rapport à son diamètre normal. Dans les études épidémiologiques, un AAA a été défini comme une dilatation localisée de l'aorte abdominale d'un diamètre antéro-postérieur (AP) supérieur à 30 mm (soit une augmentation de 50% par rapport à un diamètre normal moyen de l'ordre de 20 mm). Cette définition ne tient pas compte des aortes constitutionnellement de petit ou de gros calibre pour lesquels un anévrisme est mieux défini en valeur relative par un ratio supérieur à 1,5 par référence au diamètre de l'aorte normale.

Une ectasie est une dilatation permanente, localisée, avec perte du parallélisme des bords, inférieur à 50% par rapport au diamètre normal.

L'artériomégalie est une dilatation permanente diffuse, sans perte franche du parallélisme des bords, d'artères dont le diamètre est augmenté de plus de 50% par rapport à la normale.

Le diamètre pris en compte est en règle le diamètre externe (adventice-adventice) antéro-postérieur mesuré en coupe transversale, en section circulaire stricte.

A.2. Artériopathies non-athéromateuses (ANA)

Dans un contexte donné (âge, sexe, facteurs de risque), les signes ED qui font faire discuter une ANA tournent autour de quatre paramètres (outre l'absence de signes manifestes d'athérosclérose) :

- le siège des lésions limité à un secteur donné : aorto-iliaque (Takayasu), AFS (Horton), artères distales (Buerger), artère iliaque externe (dysplasie fibro-musculaire DFM, endofibrose)...
- une échogénicité particulière : épaissement marqué diffus hypoéchogène de la paroi (Takayasu, Behçet), sténose anéchogène (Horton), double chenal ou décollement intimal (dissection)...
- une note hémodynamique particulière, des lésions plus turbulentes que sténosantes (DFM) ou ne parlant qu'en débit d'effort (endofibrose)...
- des anomalies trop ciblées (piège poplité ou fémoral, dissection, kyste adventiciel)...

A.3. Calibre normal des artères de MI

Le calibre le mieux connu est celui de l'aorte abdominale sous-rénale. Selon les séries [3], la valeur moyenne du diamètre AP normal de l'aorte abdominale terminale, mesuré en échographie, chez le sujet de plus de 50 ans se situe entre 18 et 22 mm chez l'homme (moyenne : 20,1 mm, 1 ds = 3 à 6 mm), entre 16 et 18 mm chez la femme (moyenne : 17 mm, 1 ds = 3 mm).

Pour le reste, nous ne disposons pas de grandes séries définissant le calibre normal des artères périphériques. Les données varient avec le calibre mesuré, l'outil de mesure et l'endroit où la mesure a été faite pour une artère donnée. Quel que soit le mode de mesure, le calibre des artères croît de façon quasi linéaire avec l'âge et est moindre de 1 à 2 mm chez la femme ; le calibre tend à croître avec le degré d'athérosclérose. On trouvera dans le tableau ci-dessous les calibres normaux chez l'homme de plus de 50 ans calculés d'après une compilation de la littérature (FB).

| Calibres normaux (moyenne ± écart-type, mm) des artères du membre inférieur chez l'homme de plus de 50 ans sans artériopathie. | | |
|--|----------------------|----------------------|
| Homme > 50 ans | Calibre externe (mm) | Calibre interne (mm) |
| Art. iliaque commune | 12,8 ± 1,8 | 10,5 ± 1,4 |
| Art. iliaque interne | | 5,9 ± 1,3 |
| Art. iliaque externe | | 8,3 ± 1,2 |
| Art. fémorale commune | 9,3 ± 1,2 | 8,6 ± 1,1 |
| Art. fémorale profonde | | 5,7 ± 1 |
| Art. fémorale superficielle | 7,4 ± 0,9 | 6,2 ± 1 |
| Art. poplitée | 7,2 ± 0,9 | 6,2 ± 0,8 |

A.4. Claudication intermittente d'effort [8]

La claudication intermittente artérielle (ClA) traduit l'inadéquation entre les besoins des muscles impliqués dans

la marche ou équivalent, et le débit artériel disponible pour ceux-ci. Deux points clés en découlent : (a) la Cla survient pour une certaine quantité de travail musculaire, la douleur cède rapidement à l'arrêt de celui-ci, et se reproduit à l'identique avec la même quantité de travail ; (b) la douleur intéresse un territoire musculaire en aval de l'obstacle artériel.

La Cla est fonction de l'effort réalisé, de l'entraînement du patient, des modalités de marche, du siège des lésions majeures, de l'état des bifurcations clés, du réseau de suppléance et d'éventuels facteurs de confusion. Il doit exister un lien logique entre le siège de la douleur et les lésions artérielles : les lésions de l'iliaque commune s'expriment au niveau de la fesse, de la cuisse ou du mollet ; les lésions de l'iliaque externe ou de la fémorale commune au niveau de la cuisse ou du mollet ; les lésions de la fémorale au niveau du mollet ; les lésions de la poplitée au niveau de la partie distale du mollet.

Il existe des Cla trompeuses : Cla lombaire (plaque postérieure aortique oblitérant les artères lombaires sans suppléance par le réseau iliaque interne), Cla fessière isolée (pouvant être le fait de lésions du tronc iliaque interne bilatérales sans autre signe d'AOMI), Cla plantaire en cas de lésions très distales.

L'analyse d'une Cla implique une anamnèse précise pour éliminer les autres causes de claudication (orthopédiques, neuro-rhumatologiques, veineuses).

A.5. Débit artériel

Le débit d'une artère est le produit de la section de l'artère et de la vitesse moyenne qui y règne.

La vitesse moyenne utilisée est l'intégrale ou moyenne sur trois à cinq cycles cardiaques des vitesses moyennes instantanées (TAV pour *Time Average Velocity*). On ne doit pas utiliser la moyenne des vitesses maximales (TAMV ou TAMx) pour calculer un débit. La mesure de vitesse est faite en coupe longitudinale, sur un segment rectiligne de calibre régulier, vierge de turbulence, en respectant au mieux les règles suivantes : (a) Tir Doppler avec angle d'insonation toujours inférieur à 60° ; (b) vecteur vitesse dans l'axe du flux ; (c) porte Doppler couvrant la totalité de la lumière artérielle.

La section artérielle circulante est calculée à partir de la mesure du diamètre luminal, intima-intima, antéro-postérieur, de l'artère mesurée en zone saine au même endroit que la vitesse. Ne pas utiliser la mesure avec le caliper en mode circonférence qui a plutôt tendance à augmenter l'erreur de mesure qu'à la réduire.

La mesure du diamètre luminal et l'angle de tir sont les sources majeures d'erreur de mesure du débit.

A.6. Distance de marche

Évaluer par l'anamnèse une distance de marche (DM) est très difficile. La description qu'en fait le sujet et le paramètre pris en compte peuvent faire varier du tout au tout la conduite à tenir. Il faut distinguer : la distance à laquelle apparaît la douleur musculaire (souvent la seule citée par le patient), la distance pour laquelle la douleur est telle que

le patient doit s'arrêter de marcher, l'invalidation générée. Ceci conduit à trois types de DM :

- la distance initiale de claudication (*initial claudication distance*, ICD) ou DM sans douleur (*pain free walking distance*) ou DM « gêne » ;
- la distance de marche absolue (*absolute claudication distance*, ACD) ou DM totale (*total walking distance*) ou DM « crampe » ;
- la claudication invalidante (*truly disabling claudication*).

Le paramètre le plus reproductible est la DM absolue (ACD).

L'évaluation de la DM sur tapis roulant dans des conditions standard (10%, 3,5 km/h), apparemment plus objective, ne reflète pas non plus parfaitement la réalité quotidienne. En attendant l'utilisation de système à base GPS, il faut encourager les claudicants à chiffrer leur DM à l'aide d'un podomètre.

A.7. Douleurs de décubitus (DD)

Les douleurs de décubitus d'origine ischémique intéressent d'abord l'avant-pied, les orteils (le patient les décrit d'ailleurs volontiers en coiffant l'avant-pied de sa main). Ces douleurs évoluent avec la pression résiduelle à la cheville. On distingue ainsi trois degrés de DD : au début, il s'agit de douleurs de primo-décubitus qui s'estompent en mettant le talon au bord du lit ; puis le patient est obligé de laisser pendre la jambe hors du lit pour trouver le sommeil ; puis le patient est obligé de passer la nuit assis au fauteuil, à ce stade un œdème du pied et de la cheville s'installe. Les limites de ce symptôme sont le seuil individuel de sensibilité à la douleur et une éventuelle neuropathie sensitive.

A.8. Examen en coupe

L'examen ED ne doit pas tomber dans le piège de l'artériographie conventionnelle qui pouvait sous-estimer, majorer, voire méconnaître des sténoses suivant le plan de coupe dans l'axe du vaisseau. L'examen en coupe longitudinale est utilisé pour les mesures de vitesses et pour dessiner les parois, le luminogramme en ED couleur. Pour une mesure de diamètre ou de sténose au caliper, il est sujet à l'erreur d'une coupe en sécante et non pas dans le diamètre axial.

Les mesures de calibre, les mesures de sténose en planimétrie doivent être faites, chaque fois que possible, en coupe transversale en section circulaire stricte.

A.9. Index de pression systolique à la cheville, IPSc (erreur de mesure) [9,10]

Le coefficient de variation (1 écart-type/moyenne) de la mesure de pression à la cheville à l'aide d'une sonde doppler 8/10 MHz est de 6 à 8 % quelle que soit l'artère. Celui de la mesure pression humérale au stéthoscope ou à l'aide d'une sonde doppler 8/10 MHz est de 5 %. La déviation standard de la mesure de l'IPSc est en moyenne de 0,06 à 0,11 tant en intra- qu'en inter-observateurs.

D'un examen à l'autre, une variation relative d'IPSc inférieure ou égale à 15 % n'est pas considérée comme significative, une variation supérieure ou égale à 30 % est très significative. Entre les deux, la variation est jugée dans le contexte.

En valeur absolue un changement de 0,15 est considéré comme cliniquement significatif en l'absence de changement clinique, ce chiffre est abaissé à 0,10 en cas d'évolution clinique parallèle.

A.10. Index de pression systolique à la cheville et risque cardiovasculaire

L'AOMI est un puissant marqueur indépendant du risque cardiovasculaire (CV). Le patient avec AOMI symptomatique est plus à risque que le patient avec AOMI asymptomatique. Mais à même niveau d'IPSc, les patients ont à peu près le même risque CV et ce risque est inversement proportionnel à la valeur de l'IPSc au moment du diagnostic. Diehm et al. (GetABI, [11]) ont montré qu'on pouvait distinguer trois niveaux de risque CV croissant selon l'IPSc : 0,90–0,70 / 0,70–0,50 / < 0,50.

A.11. Ischémie critique chronique [10,12–15]

Le qualificatif « ischémie critique chronique » de membre inférieur (ICC) définit un stade très avancé d'athérosclérose et d'insuffisance artérielle chronique d'un membre inférieur où le pronostic local et le pronostic vital sont clairement en jeu. L'ICC a été définie dans trois documents.

Le consensus sur l'ICC de 1991 (le plus précis) la définit par l'un des deux critères suivants :

- existence de douleurs ischémiques de repos, récurrentes sous antalgiques, depuis au moins deux semaines avec pressions distales inférieures ou égales à 50 mmHg à la cheville et/ou inférieures ou égales à 30 mmHg à l'orteil ;
- ulcération ou gangrène du pied ou d'orteil(s) et pressions distales inférieures ou égales à 50 mmHg à la cheville et/ou inférieures ou égales à 30 mmHg à l'orteil.

Une description plus précise est nécessaire en recherche clinique, elle associe : imagerie précise des artères de la jambe et du pied ; mesure de pression à l'orteil pour tout patient (≤ 30 mmHg) ; mesure de TcPO₂ à l'avant-pied (≤ 10 mmHg en décubitus insensible à l'inhalation d'oxygène).

Le document TASC I a tenu compte des critiques quant aux seuils de pression jugés trop sévères et aux réalités de la pratique quotidienne. Le terme d'ICC est à utiliser pour tout patient avec douleurs ischémiques de repos, ulcère ou gangrène imputable à une AOMI objectivement prouvée. Les termes « imputables à » et « objectivement prouvée » sont ici très importants. La recommandation 74 précise le cadre hémodynamique de validation de l'ICC pour les essais cliniques ou les publications : pression à la cheville inférieure à 50–70 mmHg, pression à l'orteil inférieure à 30–50 mmHg, TcPO₂ à l'avant-pied inférieure à 30–50 mmHg.

Le document TASC II garde la même définition clinique et les mêmes critères de pression distale que TASC I, mais revient sur le seuil de TcPO₂ (< 30 mmHg). Ce seuil de

30 mmHg n'est pas accepté par nombre de spécialistes qui le juge beaucoup trop généreux.

Au total, l'ICC exprime un stade de l'AOMI où le débit artériel nutritif à l'extrémité du membre ne suffit plus à couvrir les besoins métaboliques tissulaires au repos ; ce stade implique des lésions occlusives étendues et un lit d'aval réduit. Ces patients sont dans un statut d'affection maligne : à haut risque d'amputation majeure à court et moyen terme, à haut risque de complications et de décès cardiovasculaires, à haut risque de réduction de la qualité de vie pour les survivants même non-amputés.

A.12. Lésions menaçantes [16]

Chez un patient claudicant ou asymptomatique, lésions artérielles d'un membre qui par leur nature, leur siège, leur répercussion hémodynamique sont, en elles-mêmes, aptes à faire basculer le pronostic vital de ce membre. Par exemple :

- lésions anévrismales compromettant le lit d'aval par embolisation à partir du thrombus mural (exemple : anévrismes poplités) ;
- lésions occlusives compromettant simultanément un axe principal et sa collatéralité (exemple : sténose très serrée de la bifurcation fémorale ou du tronc de la fémorale profonde et occlusion de l'artère fémorale superficielle) ;
- lésions occlusives engendrant un statut hémodynamique d'ischémie permanente chronique susceptibles de transformer la moindre plaie du pied en gangrène (ischémie sous-critique).

A.13. Lit d'aval [17]

Le lit d'aval est un paramètre fondamental en hydraulique et en pathologie artérielle. La qualité du lit d'aval est corrélée au degré d'ischémie et à la perméabilité des pontages. La notion de lit d'aval se perçoit intuitivement, la difficulté vient avec la définition et la quantification du lit d'aval. Plusieurs cotations et scores ont été proposés (score jambier, score du pied), aucun n'est vraiment rentré en pratique quotidienne. Le plus simple, le plus pratique, est un score basé sur le principe suivant :

- 2 points pour une artère normalement perméable sans sténose supérieure à 50 % ou sans dégradation du signal Doppler entre poplitée basse et cheville ;
- 1 point pour une artère perméable avec sténose(s) supérieure à 50 % ou avec dégradation modérée du signal Doppler entre poplitée basse et cheville ;
- 0 point pour une artère occluse sans réinjection perçue (ou + si réinjection perçue).

Soit une cotation du lit d'aval de 0 à 6/6.

A.14. Occlusion artérielle aiguë, Ischémie aiguë de membre inférieur [18]

Occlusion artérielle aiguë et Ischémie aiguë ne sont pas synonymes. L'une se rapporte à l'artère, l'autre aux tissus. Classiquement on distinguait l'occlusion artérielle

aiguë (OAA) sans signe neurologique, l'OAA avec ischémie sub-aiguë sensitive et l'OAA avec ischémie aiguë sensitivomotrice. La première est un état instable, vulnérable, pouvant régresser vers l'ischémie chronique ou évoluer vers l'ischémie avec signes neurologiques. L'ischémie aiguë sensitivomotrice est une urgence vasculaire pour laquelle le délai de prise en charge se compte en quelques heures avant que l'ischémie ne devienne irréversible (dans l'ordre nerfs, muscles, peau). Avec Rutherford (18), on distingue les ischémies aiguës en :

- I viables non immédiatement menaçantes avec ischémie fluctuante sans aucun déficit neurologique, sans déficit important de la circulation cutanée, avec persistance d'un signal doppler artériel et veineux audible à la cheville (avec une sonde 8 ou 10 MHz) ;
- II menaçantes récupérables si un traitement ad hoc est immédiatement entrepris. Douleurs ischémiques et ischémie cutanée manifestes (pâleur et froideur). Souvent pas de signal artériel doppler audible à la cheville, un signal veineux est perceptible. Deux degrés sont distingués :
 - o degré 1 (IIa) : troubles sensitifs absents ou mineurs limités aux orteils, pas de déficit moteur,
 - o degré 2 (IIb) : troubles sensitifs dépassant les orteils, déficit moteur mineur ou modéré, imposant une revascularisation dans les plus brefs délais ;
- III irréversibles avec séquelles neurologiques et tissulaires inévitables : douleur ischémique broyante, peau cadavérique, paralysie sensitivomotrice profonde. Aucun signal Doppler en distalité.

A.15. Occlusion fémoro-poplitée

Occlusion fémoro-poplitée est un terme générique pratique, mais assez peu satisfaisant car il regroupe des cas de figures bien différents :

- occlusion longue de la seule artère fémorale (AFS) avec réinjection de la poplitée haute (le plus souvent asymptomatique ou devenant asymptomatique sous traitement médical en l'absence de sténose du tronc de la fémorale profonde ou de la collatérale de réinjection) ;
- occlusion courte de l'AFS plus ou moins bien suppléée par de petites branches de l'AFS ;
- occlusion poplitée (haute, moyenne ou basse, ou de la totalité de l'axe poplitée), la symptomatologie dépend du segment occlus ;
- occlusion fémoro-poplitée basse d'un seul tenant ;
- occlusion fémorale + occlusion poplitée avec réinjection d'un très court segment de la jonction fémoro-poplitée entre les deux.

A.16. Orteil bleu (syndrome de l'orteil bleu, *blue toe syndrome*)

Le syndrome de l'orteil bleu est caractérisé par le développement soudain de tache(s) bleue(s) ou pourpre(s) ischémique(s) sur un orteil, causée(s) par des micro-embolies athéro-cruoriques à partir d'une lésion proximale ulcérée. On parle aussi d'ischémie digitale à pouls conservés.

Les lésions, spontanément douloureuses et sensibles à la palpation, sont en règle bien démarquées et entourées d'une aire variable de marbrure plus ou moins cyanique, voire de pétéchies. La cyanose peut s'exagérer en position jambe pendante et s'effacer à la pression, son aspect peut varier d'heure en heure. La douleur tend à s'amender en quelques jours. L'évolution peut se faire vers la nécrose cutanée ponctuelle, voire la gangrène de l'orteil. Plusieurs orteils peuvent être touchés simultanément ou successivement, sur un même pied ou de façon bilatérale. Les accidents ischémiques peuvent se répéter dans le même territoire ou dans des territoires différents. Dans les formes extrêmes, toute la semelle plantaire est atteinte (cette variété est désignée sous le terme de « trash foot » ou « pied poubelle »). Le pronostic dépend de l'atteinte rénale.

A.17. Pièges poplités

Ils résultent de l'embryologie complexe du creux poplité et de l'artère poplitée (AP). Ils sont a- ou paucisymptomatiques ou se manifestent par une séméiologie artérielle allant de la claudication du sujet jeune à des tableaux d'ischémie par thrombose poplitée d'autant plus sévères qu'ils auront été précédés de destruction du lit d'aval par micro-embolies itératives.

On distingue quatre types suivant le trajet de l'AP et l'élément compressif, ils ont en commun d'induire une compression extrinsèque lors de la mise en tension du muscle jumeau interne. Le trajet artériel est dévié selon des degrés divers, mais dans tous les cas l'artère n'est plus adjacente à la veine au niveau de l'anomalie anatomique. L'AP peut aussi parfois être comprimée à l'effort par des muscles jumeaux hypertrophiques.

Plusieurs méthodes ont été décrites pour mettre en évidence un piège poplité. La plus courante est la recherche de l'abolition du signal doppler de l'artère tibiale postérieure lors de la contraction active du mollet en flexion plantaire ou dorsale contrariée du pied. Elle a l'avantage d'une excellente sensibilité diagnostique et l'inconvénient d'un diagnostic non spécifique. L'ED couleur permet d'identifier le niveau du piège anatomique lors de la manœuvre de dorsiflexion passive, le patient en décubitus ventral.

A.18. Pole test [19]

Le pole test est l'équivalent en mesure de pression du test de décoloration de la semelle plantaire en élévation du talon (mesure de l'« angle de suffisance artérielle » de Buerger). Quand on ne dispose pas d'un appareil de mesure de pression digitale, il permet d'apprécier avec une simple sonde Doppler la pression distale de perfusion chez les patients avec médiacalcose.

Le principe est la détection de l'arrêt du flux artériel à l'avant-pied à la surélévation du talon jambe en extension du patient en décubitus. La hauteur correspondante est mesurée sur une barre verticale graduée (d'où le terme anglais de *pole test*). Sur la barre, le zéro est à hauteur du cœur, environ 18 cm du plan du lit. La conversion en mmHg est faite sur la base 13 cm = 10 mmHg. L'objectif du test est l'évaluation de pressions inférieures à 50–70 mmHg (seuil d'ischémie critique chronique).

* Le signal artériel est détecté avec une sonde Doppler 8–10 MHz positionnée en regard d'une artère de cheville ou du pied : tibiale postérieure dans la gouttière rétro-malléolaire interne, pédieuse au cou de pied, fibulaire au bord antérieur de la malléole externe ou mieux intermétatarsienne du gros orteil en distalité de l'espace entre tendons extenseurs du gros orteil et du second orteil (à ce niveau la mesure est pratiquement équivalente à une mesure de pression digitale).

A.19. Pression à l'orteil

La mesure de pression systolique à l'orteil (gros orteil) est utilisée en cas de médiacalcosse jambière suspectée ou avérée, en cas de suspicion de lésions des artères du pied et pour la quantification du degré d'ischémie.

Elle utilise un manchon adapté à la forme de l'orteil et un capteur de signal pulpaire. Toute méthode identifiant avec précision l'arrêt puis la réapparition du flux artériel digital est utilisable pour mesurer la pression digitale (capillaroscopie, pléthysmographie avec occlusion veineuse, laser-doppler). Quel que soit le capteur, le principe est le même. Le manchon est gonflé à pression supra-systolique puis dégonflé lentement jusqu'à réapparition du signal artériel pulpaire. La pression dans le manchon à réapparition du signal est définie comme la pression digitale à l'endroit où a été placé le manchon (en règle en P1). L'examen est réalisé au repos en décubitus après acclimatation à température ambiante (la vasoconstriction cutanée augmente l'erreur de mesure et peut imposer le réchauffement préalable du pied). Les limites sont celles des conditions d'examen (tremblement, trouble trophique digital, orteil trop court ou déformé, couche cornée trop épaisse) ; la calcification des artères digitales est très rare.

La pression à l'orteil normale est de 120 ± 20 mmHg sans différence significative entre les orteils. Le seuil d'anormalité est à 80–60 mmHg. La valeur de 30 mmHg définit le seuil d'ischémie critique.

A.20. Signal Doppler (dégradation des profils de vitesse dans l'AOMI)

Le signal systolique normal des artères de membre inférieur a trois composantes bien marquées (signal dit triphasique) : une onde de flux ample brève donnant un signal relativement aigu, puis une onde de reflux et une seconde onde de flux. Ces deux dernières sont d'amplitude modeste par rapport à la première onde positive, elles sont d'autant plus marquées que l'artère est plus souple. Un temps diastolique (70 à 80 % de la période cardiaque) sépare deux signaux systoliques, cette phase est muette ou marquée par un bruit sourd continu en cas de vasodilatation cutanée.

En dépistage, un signal normal triphasique est considéré comme témoignant de l'absence de sténose hémodynamiquement significative sur les artères en amont.

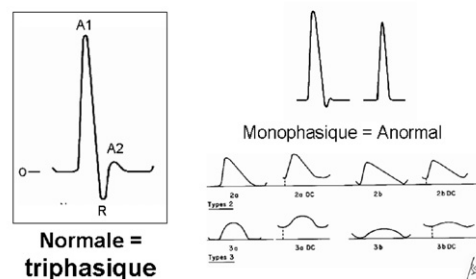
Les autres signaux (schéma infra) reflètent une perte de la compliance artérielle (signaux biphasiques sans seconde onde positive) ou des lésions occlusives d'amont. La dégradation du signal avec les lésions d'amont se fait selon une échelle allant des signaux monophasiques asymétriques [à durée systolique normale (type 1), augmentée sans

atteindre la période cardiaque (2a), occupant la période cardiaque (2b)] aux signaux monophasiques en cloche qui traduisent une ou des occlusion(s) d'amont (3a, 3b). Au fur et à mesure de l'intégration du signal, son amplitude systolique se réduit et un flux continu apparaît (si vasodilatation d'aval). À l'extrême, en cas d'occlusions multiples sus-jacentes, le signal est à peine pulsé (type 4), il faut alors veiller à ne pas le confondre avec un signal veineux.

Comme pour la palpation des pouls périphériques, il faut se méfier des patients aux extrémités froides et savoir réchauffer un pied avant de réaliser l'examen (la vasoconstriction cutanée augmente la résistance à l'écoulement au point d'induire des signaux pointus peu amples à onde de reflux minime).

Signal Doppler à la cheville (Doppler de poche 8 / 10 MHz)

Tibiale Post., Pédieuse, 1^{ère} InterméT.



A.21. Signes d'insuffisance artérielle chronique sévère du pied (hors gangrène) [20,21]

Les signes hémodynamiques de bas débit de perfusion sont en décubitus dorsal : (a) la lenteur de la recoloration de la pulpe digitale (> 2 sec), (b) la lenteur de remplissage d'une veine du dos du pied (lent = clairement visible), (c) la décoloration de la semelle plantaire pied élevé à 30° par rapport au plan du lit (angle de suffisance artérielle de Buerger). En position assise jambe verticale, l'érythrocyanose de déclivité du pied a même sens (signe de Ratschow).

Les signes trophiques d'ischémie tissulaire sont essentiellement le flétrissement chronique spontané des pulpes digitales et de la semelle du talon (syndrome de la pulpe digitale et de la coque talonnière vide avec contact osseux à la palpation).

A.22. Sténose

Plaque, sténose les deux mots sont souvent utilisés l'un pour l'autre alors que, étymologiquement et hémodynamiquement, les deux termes sont différents. Une plaque est un élément plutôt rigide, plutôt plat et en tout cas peu épais. Une sténose est quant à elle un rétrécissement anormal.

Une sténose est définie par rapport au calibre normal intima-intima régulier de l'artère en amont et par les perturbations de vitesse (de débit et de pression) qu'elle induit. En hydraulique, on admet qu'une sténose ne perturbe pas le flux jusqu'à une réduction de section de 70 %. Mais il faut considérer que :

- la forme de la sténose (courte vs longue, centrée vs excentrée, à contour régulier/lisse vs irrégulier/cratériforme)

intervient dans l'effet de la sténose sur les vitesses locales et le retentissement d'aval ;

- l'effet d'une sténose, le gradient de pression, varie avec le débit en amont et la résistance en aval.

Ce dernier point est très important au niveau des artères de MI. Une sténose courte sur artère souple peut être muette en débit de repos mais parler en débit d'effort et ce d'autant plus que l'effort est plus intense. Les sténoses étagées sont fréquentes et la perte de charge induite par une première sténose minimise l'effet de la suivante. La sommation des effets de sténoses peut aboutir à un effet d'occlusion.

A.23. TcPO₂, pression transcutanée d'oxygène [22]

La pression d'O₂ transcutanée correspond à la quantité d'O₂ arrivée à dissolution et consommée dans la solution électrolytique de la chambre de mesure de l'électrode après avoir franchi la paroi vasculaire, le tissu sous-cutané, le derme, l'épiderme (non vascularisé), d'éventuels enduits gras ou squames, la solution contact et la membrane de l'électrode. La diffusion de l'O₂ est favorisée par chauffage du corps de l'électrode à 44°C. Le site de mesure standard est au dos de l'avant-pied, au niveau de la partie la plus charnue du premier espace intermétatarsien. À l'état basal, peau à 37°C, la PO₂ cutanée est très basse (3 à 4 mmHg). La température cutanée étant portée à 44°C par le corps chauffant de l'électrode, la valeur normale de TcPO₂ à l'avant-pied est de 60 à 64 mmHg (1ds=9).

L'intérêt essentiel de la mesure de TcPO₂ à l'avant-pied est la quantification du degré d'ischémie dans l'AOMI. La TcPO₂ est :

- normale ou sensiblement normale chez le patient asymptomatique ou claudicant ;
- < 35 mmHg en décubitus chez le patient AOMI en ischémie chronique permanente non-critique du pied (douleurs de décubitus ischémiques, troubles trophiques secondaires à l'AOMI) ;
- ≤ 10 mmHg en décubitus en ischémie chronique critique (selon le Consensus 1991). Le pronostic peut être affiné par la réaction à verticalisation de la jambe (position assise) et à l'inhalation d'O₂.

La TcPO₂ est aussi utile pour la détermination d'un niveau d'amputation (en complément du jugement clinique), l'évaluation d'un moignon d'amputation douloureux (diagnostic de moignon ischémique).

A.24. Temps de montée systolique (TMS)

Le temps pour parvenir au pic du signal artériel est un paramètre utile pour juger des freins d'amont et indirectement de la suppléance. Ce paramètre est aussi sous influence de l'éjection aortique.

Selon le type et les qualités de l'artère, le pic de vitesse systolique maximale est pointu, bifide ou plus ou moins émoussé. Le TMS est normalement mesuré de l'origine

(pied de l'onde) du signal systolique au premier pic de vitesse systolique (pic systolique précoce) ou fin de la phase d'ascension rapide.

Pour une artère alimentant un territoire à haute résistance à l'écoulement (artères des MI), le TMS est normalement rapide (20 à 40 msec.).

L'accélération est d'autant plus diminuée, le TMS est d'autant plus long qu'il existe un frein d'aval plus important (sténose, occlusion). Passé un certain stade, la décélération du signal se ralentit également (le signal est dit intégré). Le qualificatif « parvus tardus » désigne un signal dont le TMS est augmenté, l'amplitude est diminuée et la décélération est ralentie. Ce signal « en chapeau melon » signifie que le flux enregistré est un signal de réinjection (c'est-à-dire empruntant un réseau collatéral).

A.25. Test de marche sur tapis roulant, test de Skinner-Strandness [23–25]

Les modalités de ce test de marche sur tapis roulant varient avec l'objectif à atteindre :

- affirmer ou exclure une AOMI chez un patient dont l'examen en décubitus au repos est normal ;
- mesurer la distance de marche dans des conditions normalisées chez un patient avec AOMI ou analyser une claudication dont l'origine artérielle est sujette à caution chez un patient avec AOMI ;
- évaluer le retentissement hémodynamique d'une AOMI par l'évolution de la pression à la cheville post-effort.

Dans le protocole initial de Skinner-Strandness, le tapis roulant est réglé pour une vitesse de 3,2 km/h (2 mph) et une pente 10 à 12%. On distingue actuellement trois types de protocole :

- C-test (*Constant-load treadmill*) : vitesse fixe entre 2 et 4 km/h, pente fixe entre 0 et 12% ;
- G-test (*Graded load treadmill*) : vitesse fixe (en général 3,2 km/h, pente croissante +2% toutes les deux minutes ou +3,5% toutes les trois minutes) ;
- PTS-test (*Pain threshold speed*) : 1,5 km/h pendant une minute (*warm up*), puis augmentation de la vitesse de 0,1 km/h tous les dix minutes.

Pour un effort de marche standard chez un sujet normal, au décours immédiat de l'effort, la TA au membre supérieur a plus ou moins augmenté, la pression à la cheville est restée stable ou n'a pas baissé de plus de 10 mmHg. L'IPSc ne doit pas baisser de plus de 15% (8). Si la chute de pression à la cheville est supérieure à 20% et si le temps de récupération de l'IPSc de base est supérieure à trois minutes, le test est anormal. Chez le sportif de haut niveau, pour un effort intense, la chute de l'IPSc peut être plus importante en l'absence de sténose (jusqu'à 0,70 chez un coureur, jusqu'à 0,50 chez un cycliste).

La mesure de la pression à la cheville au décours immédiat de l'effort et jusqu'à sa récupération (ou jusqu'à 20 minutes) permet d'évaluer la perte de charge liée aux lésions occlusives sur l'arbre artériel des membres inférieurs et la suppléance par les modalités de retour à

l'état basal. La mesure parallèle de la pression humérale permet de dessiner la courbe de récupération de l'IPSc. La surface entre cette courbe, l'ordonnée et la droite à la valeur de l'IPSc de base définit la fenêtre ischémique (IW) qui est probablement le meilleur paramètre d'évaluation d'une insuffisance artérielle de MI [26].

A.26. Troubles trophiques (TT)

Les ulcérations et gangrènes directement secondaires à l'insuffisance artérielle siègent aux orteils et sur les zones de frottement du pied. Elles sont le plus souvent douloureuses, plus ou moins sèches ou plus ou moins humides et nécrotiques; les gangrènes sèches momifiées ne sont pas douloureuses.

L'évaluation d'un TT chez le patient avec AOMI n'est pas aisée par la seule clinique [21]:

- l'AOMI peut être contingente, le TT est indépendant de l'AOMI;
- l'AOMI, l'insuffisance artérielle, peut être un facteur aggravant (entravant la cicatrisation d'une plaie quelconque) mais non causal;
- l'AOMI, l'insuffisance artérielle, peut être directement responsable du TT qu'il soit accidentel ou de survenue spontanée au stade ultime de l'AOMI.

Pour un diagnostic précis il faut chercher d'autres signes d'ischémie chronique au niveau du pied^{G21} et avoir recours à des tests hémodynamiques de validation et quantification du degré d'ischémie (pression digitale, TcPO₂ à l'avant-pied).

A.27. Variation des artères de jambe (dysgénésies) [27]

Les variations anatomiques des artères de jambe concernent près de 10% de la population.

L'artère tibiale antérieure est absente ou hypoplasique dans 6% des cas. L'artère tibiale postérieure peut aussi être absente ou hypoplasique, la plantaire interne peut venir de l'artère fibulaire (5%). Plus rarement (< 1%) l'artère fibulaire est de type embryonnaire avec un seul tronc jambier se divisant au-dessus de la cheville en branche antérieure et postérieure.

Chez les sujets normaux, le pouls pédieux est absent dans 7 à 9% des cas, le pouls tibial postérieur est absent dans 3 à 4% des cas, les deux sont absents dans moins de 1% des cas (dans ces deux situations, il existe un pouls péronier au bord antérieur de la malléole externe).

A.28. Vascularisation artérielle du pied

Artère pédieuse. L'artère pédieuse continue l'artère tibiale antérieure (TiA) au bord inférieur du ligament annulaire antérieur du cou de pied dans 87% des cas (74 à 99%), elle se dirige obliquement en avant et en dedans, et se termine en s'anastomosant à la plantaire externe dans le premier espace interosseux. Son calibre interne moyen est de $2,1 \pm 0,5$ mm. Elle naît de la branche antérieure de

l'artère fibulaire dans 7% des cas. Elle est absente (ou très grêle) dans 4 à 7% des cas.

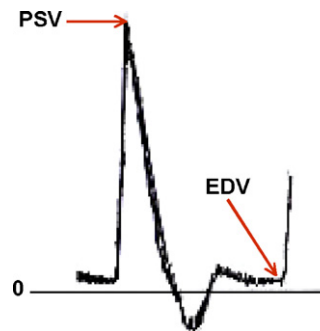
Artère plantaire interne. Plus petite branche de division de l'artère tibiale postérieure au sortir du canal calcanéen. Elle se termine au niveau de la tête du 1er métatarsien, soit en se continuant par la collatérale interne du gros orteil, soit en s'anastomosant avec l'interosseuse plantaire du premier espace.

Artère plantaire externe. Branche de division la plus importante de l'artère tibiale postérieure. Elle se dirige obliquement du canal calcanéen à la base du cinquième métatarsien où elle s'incurve en dedans en une arcade qui donnera les collatérales plantaires.

A.29. Vélométrie Doppler pulsé (paramètres)

Contrairement aux artères de territoire à basse résistance à l'écoulement (artères à destinée cérébrale, rénale ou digestive) pour lesquelles on tient compte des vitesses systoliques et télédiastoliques, pour les membres inférieurs on ne tient guère compte que du pic de vitesse systolique (PSV, *Peak Systolic Velocity*). Un flux diastolique est noté en cas de vasodilatation d'aval ou sur une sténose très serrée. Il se mesure en télédiastole (*End Diastolic Velocity*, EDV).

L'accélération de vitesse sur une sténose traduit de l'équation de continuité^{G33}. Elle s'exprime en valeur absolue (PSV) et en valeur relative par rapport au flux normal d'amont (SVR, *Systolic Velocity Ratio* = $PSV_{sténose} / PSV_{amont}$). Les vitesses doivent être mesurées en respectant les règles ci-dessous^{G30}.



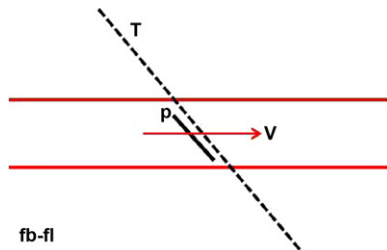
A.30. Vélométrie Doppler pulsé (règles)

Le codage couleur est d'abord et avant tout destiné à placer au mieux le tir pulsé.

T-Angle de tir : angle formé par la direction du tir doppler et l'axe de l'artère étudiée. Cet angle doit être compris entre 45 et 60°.

V-Correction d'angle : placer le vecteur vitesse dans l'axe de la lumière artérielle, c'est-à-dire l'axe de l'artère en cas de sténose modérée ou courte ou l'axe de la sténose en cas de sténose longue à trajet oblique par rapport à l'axe de l'artère.

p-Largeur de porte ou dimension de la fenêtre de tir doppler pulsé. Si surcharge, plaque ou sténose modérée, la largeur de porte est supérieure ou égale à deux tiers de la lumière artérielle. Si sténose serrée, la porte est réduite à la lumière résiduelle.



A.31. Vélométrie (valeurs normales)

Vitesses systoliques maximales (PSV) normales en débit de repos chez 100 sujets (30 à 80 ans) sans facteur de risque vasculaire ni AOMI (Travail collectif SFMV 2002, FB-FL coordonateurs).

| Artère (A.) | PSV (valeur médiane, cm/sec) | 1ds | CV (%) |
|----------------------------------|------------------------------|-----|--------|
| A. iliaque commune | 103 | 26 | 26 |
| A. iliaque externe proximale | 109 | 30 | 28 |
| A. iliaque externe ascendante | 102 | 30 | 29 |
| Jonction ilio-fémorale | 107 | 33 | 30 |
| A. fémorale commune | 84 | 22 | 25 |
| A. fémorale profonde (tronc) | 57 | 16 | 27 |
| A. fémorale proximale | 87 | 18 | 20 |
| A. fémorale médiale | 83 | 20 | 23 |
| A. fémorale distale | 78 | 21 | 26 |
| A. poplitée haute | 57 | 12 | 21 |
| A. poplitée moyenne | 50 | 13 | 26 |
| A. poplitée basse | 60 | 15 | 24 |
| A. tibiale postérieure proximale | 53 | 16 | 30 |
| A. tibiale postérieure distale | 56 | 18 | 31 |
| A. fibulaire proximale | 47 | 13 | 28 |
| A. fibulaire distale | 39 | 16 | 38 |
| A. tibiale antérieure proximale | 50 | 16 | 31 |
| A. tibiale antérieure distale | 53 | 20 | 36 |

A.32. Vélométrie (sténoses)

Une des particularités des artères de MI est qu'entre les vitesses témoignant indiscutablement d'une sténose serrée et les vitesses dans les limites de la normale, il y a toute une variété de lésions qui parlent ou ne parlent pas suivant l'état de souplesse de l'artère qui la supporte, la compli-ance artérielle et le tonus vasomoteur d'aval, et le débit traversant ces lésions (débit de repos, débit d'effort).

Pour les sténoses iliaques, tous les auteurs agrèent pour dire que l'examen ED ilio-fémoral de base doit être complété par un test d'hyperémie en cas d'examen de repos normal et de suspicion clinique de sténose iliaque, ou pour s'assurer de l'absence de sténose iliaque avant pontage sous-inguinal.

Les sténoses de l'axe fémoro-poplitée étant plus souvent étagées, soit on en fait une évaluation globale indirecte en comparant signaux Doppler en fémorale commune et en

poplitée, soit on les quantifie pas-à-pas en les localisant en ED couleur et en utilisant les rapports de vitesse systolique.

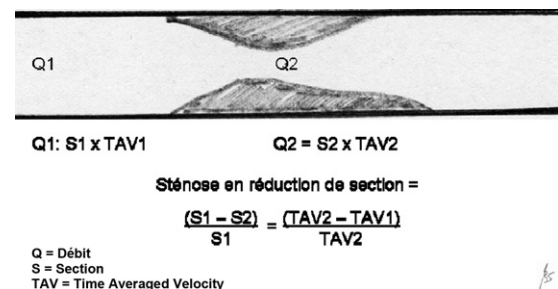
Schématiquement $SVR > 2 = \text{sténose} > 50\%$, $SVR > 3 = \text{sténose} > 70\%$.

Les sténoses sur greffon veineux fémoro-poplitée sont un cas particulier. Des données solides ont été apportées par Bandyk, Mills et Mofidi [28–31]. Elles sont recherchées en ED couleur, de l'anastomose proximale à l'anastomose distale, et gérées sur les bases suivantes :

- $PSV < 200 \text{ cm/sec}$ et $SVR < 2$: acceptable, incidence de thrombose du pontage est $< 3\%$ par an ;
- $PSV 200 \text{ à } 300 \text{ cm/sec}$ et $SVR 2 \text{ à } 3,5$: progression vers une sténose critique dans 63% des cas, stabilisation ou régression dans 32% des cas, occlusion $1,5\%$ /an ;
- $PSV > 300 \text{ cm/sec}$ et $SVR > 3,5$: occlusion 78% des cas (quasi toujours dans les quatre mois).

A.33. Principe de continuité

Équation de continuité, ou équation de conservation de la masse, cette formule traduit le fait que dans un tube donné, sous certaines conditions notamment l'absence de branchement, le débit est le même à travers toutes sections droites de ce tube. Appliquée à une artère sans collatérale entre deux points de mesure, l'équation de continuité permettrait d'évaluer une sténose en rapport de sections à partir des vitesses moyennes vraies (intégrale des vitesses moyennes instantanées, TAV —^{G5}).



A.34. Zone clef (axe, bifurcation)

Les zones clés sont des axes ou des bifurcations qui, directement ou indirectement « contrôlent » un vaste territoire artériel en aval, par exemple la bifurcation aortique et l'iliaque commune, la bifurcation fémorale, l'axe « artère poplitée moyenne – tronc tibio-péronier ».

Annexe B. Bases techniques

B.1. Matériel écho-Doppler

Doppler continu : examen de base pour l'éducation à la pratique des examens ultrasoniques vasculaires. Indispensable pour l'examen de type 1 et l'examen des artères du pied.

Avantages : excellente sensibilité. Mise en œuvre et réalisation facile pour une pratique experte.

Limites : mauvaise discrimination spatiale des flux, vitesses circulatoires réelles non mesurables.

Utilisation : examen de dépistage et/ou complémentaire à l'ED Couleur. Dépistage de l'AOMI par mesure de l'IPSc, test d'hyperémie en fémorale commune. Parfois en appui de l'ED en cas de difficultés techniques liées à la localisation de la lésion, ou à l'existence de calcifications.

Sondes : (Sonde stylo de préférence) de fréquence 4 à 5 Mhz pour les gros vaisseaux, et 8 à 10 Mhz pour les artères distales et les flux pulpaire dans les circonstances hémodynamiques de bas débit.

Écho-Doppler pulsé et couleur : technique de référence pour l'exploration des axes artériels des membres inférieurs.

Avantages : autorise une analyse morphologique de la paroi et de la lumière du vaisseau (mode B) et une analyse simultanée en temps réel du flux selon différents modes (pulsé, couleur, énergie).

L'affichage de l'angle de tir Doppler permet une mesure objective des vitesses circulatoires.

Limites : L'existence de calcifications des parois vasculaires peut être responsable d'une ombre acoustique qui masque tout signal ultrasonore en regard. La quantification précise des vitesses circulatoires nécessite d'obtenir un angle du tir Doppler inférieur ou égal à 60° et de disposer d'une fenêtre de tir (porte) recouvrant toute la lumière artérielle.

Sondes. L'examen ED des membres inférieurs utilise principalement une sonde linéaire en sous-inguinal. En sus-inguinal, il est préférable d'utiliser une sonde convexe qui permet une meilleure accessibilité des iliaques et de l'aorte abdominale. L'important est de disposer de deux ou trois sondes et de choisir la plus adaptée à la morphologie du patient et à la profondeur des vaisseaux.

La fréquence de la sonde en mode B doit être supérieure ou égale à 5 Mhz. Les sondes linéaires « large bande » de 4 à 10 Mhz sont particulièrement bien adaptées à l'étage sous-crural. La fréquence de la sonde convexe doit être de 2 à 4 Mhz. La fréquence de la sonde en mode Doppler pulsé doit être de 4 à 5 Mhz.

B.2. Modalités d'utilisation des technologies ED

Techniques principales :

- échographie mode B : analyse morphologique des parois et de la lumière artérielle, du thrombus ;
- Doppler pulsé : analyse du spectre Doppler et quantification des vitesses circulatoires et du rapport de vitesses avec optimisation de la ligne de tir doppler et correction pertinente de l'angle par rapport à l'axe du flux ;
- Doppler couleur : repérage des zones d'accélération et de turbulences du flux sanguin et repérage de l'orientation précise du jet de la sténose.

Techniques complémentaires :

- échographie TM : analyse de la pulsatilité artérielle en particulier pour la mesure des anévrismes en phase systolique ou pour la dynamique d'un lambeau flottant en présence d'une dissection ;

- mode panoramique : reconstruction d'images bidimensionnelles à partir du signal échographique et/doppler de base ;
- mode 3D : reconstruction d'images tridimensionnelles à partir du signal échographique ;
- agents de contraste ultrasonore : optimisation d'un signal Doppler de base insuffisant. Peu utilisé au niveau des membres inférieurs (réservé à l'ischémie critique).

B.3. Réglages écho-Doppler

En mode B :

- la profondeur et la focalisation doivent être ajustées à la situation anatomique du vaisseau ;
- le gain et la dynamique doivent être ajustés à l'échogénicité des tissus à examiner ;
- la lumière artérielle normale doit être « vide d'écho ».

En mode doppler pulsé :

- l'échelle de vitesse doit être ajustée aux vitesses systoliques maximales, normales et pathologiques, de l'artère explorée ;
- la taille du volume de mesure (la largeur de la porte) doit être ajustée au diamètre du vaisseau examiné (2/3 médian), l'angle du tir Doppler par rapport à l'axe du flux doit être inférieur ou égal à 60°. La correction d'angle éventuelle doit impérativement être affichée.

En mode couleur :

- le réglage du gain, de la priorité et de la persistance permet l'obtention d'une meilleure image couleur.
- la boîte couleur doit être orientée pour obtenir un angle de tir optimal : le Doppler couleur est un système Doppler pulsé multi-lignes et multi-portes ;
- l'échelle de vitesse (PRF) doit être réglée en fonction de la vitesse moyenne en Doppler pulsé, en général de l'ordre de 20 à 25 cm/s pour les gros vaisseaux, de façon à éviter les phénomènes d'aliasing et d'overpainting ;
- le pixel couleur traduisant une vitesse moyenne, le bon réglage implique que la colorisation doit persister en phase diastolique ;
- l'utilisation des filtres de paroi masque les vitesses basses ;
- le gain et la persistance doivent être ajustés aux vitesses de l'artère explorée, de façon à éviter les phénomènes d'aliasing et d'overpainting.

En pratique, réglage de base du Doppler couleur : PRF = 20–25 cm/s, filtre paroi = minimum, persistance image = moyenne, priorité couleur = normale, gain réception : 70 %.

En mode énergie :

Le doppler puissance mesure la variation d'énergie du signal. L'adaptation spécifique du gain, de la priorité et de la persistance permet l'obtention d'une image fiable.

- indépendant de l'angle d'insonification et des vitesses : PRF : 1000 à 1200 Hertz ;

- l'utilisation des filtres de paroi élevés ne masque pas les vitesses basses. Elle est conseillée pour éviter les « bavures » du signal lors des balayages en coupe transversale ;
- la priorité couleur haute est conseillée ;
- la persistance élevée permet un codage correct de la lumière artérielle et de l'interface sang-intima ;
- le gain à la réception doit être ajusté à la profondeur et à l'hémodynamique de l'artère explorée ;
- le phénomène aliasing et d'overpainting est peu fréquent avec des réglages optimisés.

En pratique, réglage de base du Doppler énergie : PRF = 1000–1200 Hertz, filtre paroi = Haut, persistance image = haute, priorité couleur = haute, gain réception : 70 %.

B.4. Caractérisation échographique

La caractérisation échographique ne revêt pas aux membres inférieurs la même importance que pour les sténoses carotides. Elle est surtout intéressante en cas d'insuffisance artérielle sévère récente ou récemment aggravée, en cas de suspicion d'embolie ou de thrombose récente, en cas d'artériopathie non-athéromateuse (analyse échographique de la paroi).

La caractérisation des lésions se fait en coupes longitudinale et transversale en ayant au préalable veillé à l'optimisation des gains, à l'angulation du faisceau ultrasonore par rapport à l'artère étudiée (90° en mode B, < 60° en mode couleur), à la focalisation en profondeur sur l'artère étudiée.

L'échogénéité d'une sténose est définie en mode B en termes d'échodensité (anéchoïque, hypoéchogène, isoéchogène, hyperéchogène) et d'échostructure (homogène ou hétérogène).

L'échodensité s'apprécie visuellement par rapport au sang circulant normal (anéchoïque), par rapport aux muscles adjacents (isoéchogène), par rapport aux tendons, aux calcifications, aux vertèbres (hyperéchogène). Une façon simple de régler les gains est de faire en sorte que le sang circulant normal apparaisse parfaitement noir et sans écho.

La surface de la plaque est étudiée en ajoutant le codage couleur du flux réglé de telle manière qu'il dessine au mieux la face luminale de l'artère (le mode puissance est ici particulièrement intéressant). Il faut se garder de faire de l'anatomo-pathologie en ED.

Références

- [1] Directives ISO/CEI – partie 2 : règles de structure et de rédaction des Normes internationales, cinquième édition, 2004. (§ 3.1.).
- [2] Suggested standards for reports dealing with lower extremity ischemia. Prepared by the Ad Hoc Committee on Reporting Standards, Society for Vascular Surgery/North American Chapter, International Society for Cardiovascular Surgery. O.B. Rutherford Chairman. *J Vasc Surg* 1986;4:80–94.
- [3] Becker F, Baud JM. Dépistage des AAA et surveillance des petits AAA : argumentaire et recommandations de la SFMV. *J Mal Vasc* 2006;31:260–76.
- [4] Ascher E, Hingorani A, Markevich N, Schutzer R, Kallakuri S. Acute lower limb ischemia: the value of duplex ultrasound arterial mapping (DUAM) as the sole preoperative imaging technique. *Ann Vasc Surg* 2003;17:284–9.
- [5] Hingorani AP, Ascher E, Marks N. Duplex arteriography for lower extremity revascularization. *Perspect Vasc Surg Endovasc Ther* 2007;19:6–20.
- [6] Becker F. Dictionnaire des termes de médecine vasculaire. Pathologie artérielle. Elsevier Masson; 2008.
- [7] Johnston KW, Rutherford RB, Tilson MD, Shah DM, Hollier L, Stanley JC. Suggested standards for reporting on arterial aneurysms. Subcommittee on Reporting Standards for Arterial Aneurysms, Ad Hoc Committee on Reporting Standards, Society for Vascular Surgery and North American Chapter, International Society for Cardiovascular Surgery. *J Vasc Surg* 1991;13:452–8.
- [8] Becker F, Boissel JP, Boissier C, Bounameaux H, Camelot G, Constans J, et al. Les claudications intermittentes. *J Mal Vasc* 2005;30:413–28.
- [9] Becker F, Brenot R, Perrin M. L'indice de pression à la cheville « balise » de la surveillance à terme d'une AOMI. *J Mal Vasc* 1985;10:37–42.
- [10] Norgren L, Hiatt WR, Dormandy JA, Nehler MR, Harris KA, Fowkes FG, TASC II Working Group. Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease (TASC II). *J Vasc Surg* 2007;45:55–67.
- [11] Diehm C, Allenberg JR, Pittrow D, Mahn M, Tepohl G, Habert RL, et al. Mortality and vascular morbidity in older adults with asymptomatic versus symptomatic peripheral artery disease. *Circulation* 2009;120:2053–61.
- [12] Second European Consensus Document on Chronic Critical Leg Ischemia. *Circulation* 1991;84.
- [13] Dormandy JA, Rutherford RB, TASC Working Group. Management of peripheral arterial disease (PAD). TransAtlantic Inter-Society Consensus (TASC). *J Vasc Surg* 2000;31:51–296.
- [14] Prise en charge de l'AOMI athéroscléreuse. HAS; 2006.
- [15] Becker F, Loppinet A. Ischémie critique chronique de membre inférieur : évolution des idées, définition, diagnostic et prise en charge. *Ann Cardiol Angeiol* 2007;56:63–9.
- [16] CEMV (Angioweb). Explorations Fonctionnelles Vasculaires.
- [17] Stewart AHR, Lucas A, Smith FCT, Baird RN, Lamont PM. Pre-operative hand-held Doppler run-off score can be used to stratify risk prior to infra-inguinal bypass surgery. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2002;23:500–4.
- [18] Rutherford RB, Baker JD, Ernst C, Johnston KW, Porter JM, Ahn S, et al. Recommended standards for reports dealing with lower extremity ischemia. Joint Council of The Society For Vascular Surgery and the North American Chapter of the International Society for Cardiovascular Surgery (SVS/ISCVS). *J Vasc Surg* 1997;26:517–38.
- [19] Paraskevas N, Ayari R, Malikov S, Mollo M, Branchereau P, Hut F, et al. 'Pole test' measurements in critical leg ischaemia. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2006;31:253–7.
- [20] A Textbook of Vascular Medicine, J.E. Tooke and G.D.O. Lowe Ed. Arnold 1996, in Chapter 15 Critical Limb Ischemia.
- [21] Juergens JL, Spittell JA, Fairbairn JF. Peripheral Vascular Diseases. Saunders W.B. Ed.; 1980.
- [22] Becker F, Léger P. Explorations microcirculatoires Ch 6 (pages 62–71). In: Boccalon H, Lacroix P (Ed.). Artériopathies des Membres. Paris: Masson; 2001.
- [23] Skinner JS, Strandness Jr DE. Exercise and intermittent claudication. I. Effect of repetition and intensity of exercise. *Circulation* 1967;36:15–22.
- [24] Skinner JS, Strandness Jr DE. Exercise and intermittent claudication. II. Effect of physical training. *Circulation* 1967;36:23–9.

- [25] Strandness DE, Sumner DS. Hemodynamics for surgeons. Grune & Stratton; 1975.
- [26] Feinberg RL, Gregory RT, Wheeler JR, Snyder Jr SO, Gayle RG, Parent 3rd FN, et al. The ischemic window: a method for the objective quantitation of the training effect in exercise therapy for intermittent claudication. *J Vasc Surg* 1992;16:244–50.
- [27] Lippert H. Arterial variations in man. Bergmann Verlag; 1985.
- [28] Roth SM, Bandyk DF. Duplex imaging of lower extremity bypasses, angioplasties and stents. *Semin Vasc Surg* 1999;12:275–84.
- [29] Mills Sr JL, Wixon CL, James DC, Devine J, Westerland A, Hughes JD. The natural history of intermediate and critical vein graft stenosis. Recommendations for continued surveillance or repair. *J Vasc Surg* 2001;33:273–80.
- [30] Mofidi R, Kelman J, Berry O, Bennett S, Murie JA, Dawson AR. Significance of the early postoperative duplex result in infrainguinal vein bypass surveillance. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2007;34:327–32.
- [31] Tinder CN, Bandyk DF. Detection of imminent vein graft occlusion: what is the optimal surveillance program? *Semin Vasc Surg* 2009;22:252–60.
- [32] Baril DT, Rhee RY, Kim J, Makaroun MS, Chaer RA, Marone LK. Duplex criteria for determination of in-stent stenosis after angioplasty and stenting of the superficial femoral artery. *J Vasc Surg* 2009;49:133–8 [Discussion 139].
- [33] Humphries MD, Pevec WC, Laird JR, Yeo KK, Hedayati N, Dawson DL. Early duplex scanning after infrainguinal endovascular therapy. *J Vasc Surg* 2011;53:353–8.
- [34] Shrikhande GV, Graham AR, Aparajita R, Gallagher KA, Morrissey NJ, McKinsey JF, et al. Determining criteria for predicting stenosis with ultrasound duplex after endovascular intervention in infrainguinal lesions. *Ann Vasc Surg* 2011;25:454–60.