



ÉCHOGRAPHIE-DOPPLER DANS L'ARTÉRIOPATHIE OBLITÉRANTE DES MEMBRES INFÉRIEURS

JUIN 2002

SERVICE EVALUATION DES TECHNOLOGIES

Radiologie conventionnelle numérique et développement des réseaux d'image - Janvier 1997

La chirurgie ambulatoire - Mai 1997

Les défibrillateurs cardiaques implantables - Juillet 1997

Opportunité d'un dépistage systématique du cancer de la prostate par le dosage de l'antigène spécifique de la prostate – Mai 1998

Évaluation clinique et économique de la chirurgie dans le traitement du syndrome des apnées obstructives du sommeil – Juin 1999

Évaluation clinique et économique des prothèses endoaortiques - Juin 1999

Évaluation clinique et économique du dépistage néonatal de la surdité permanente par les otoémissions acoustiques - Juin 1999

Évaluation clinique et économique de l'intérêt du dépistage de l'hémochromatose génétique en France – Juin 1999

Évaluation clinique des techniques de revascularisation transmyocardique par laser – Novembre 1999

Évaluation clinique et état du marché des appareils d'IRM à bas champ magnétique (< 0,5 tesla) – Novembre 1999

Évaluation du traitement chirurgical de la cataracte de l'adulte – Février 2000

Correction des troubles de la réfraction par laser excimer : photokératectomie réfractive et lasik – Avril 2000

Évaluation clinique et économique de la coeliochirurgie dans le cadre de la hernie de l'aine – Avril 2000

Évaluation clinique et économique de la radiochirurgie intracrânienne en conditions stéréotaxiques – Mai 2000

Prothèses discales et arthrodèses dans la pathologie dégénérative du rachis lombaire – Mai 2000

Anévrismes intracrâniens rompus : occlusion par voie endovasculaire versus exclusion par microchirurgie – Juin 2000

Évaluation clinique de la numérisation en mammographie pour le diagnostic et le dépistage du cancer du sein – Décembre 2000

Place de la coloscopie virtuelle dans le dépistage du cancer colorectal – janvier 2001

Évaluation de l'hémodilution et l'hémodiafiltration avec production en ligne du liquide de substitution – Février 2001

Évaluation de l'assistance ventriculaire en attente ou en alternative à la transplantation cardiaque – Avril

Chirurgie de l'obésité morbide de l'adulte – Mai 2001

AVANT-PROPOS

La médecine connaît un développement accéléré de nouvelles technologies, à visées préventive, diagnostique et thérapeutique, qui conduisent les décideurs de santé et les praticiens à faire des choix et à établir des stratégies en fonction de critères de sécurité, d'efficacité et d'utilité.

L'Agence Nationale d'Accréditation et d'Évaluation en Santé (ANAES) est un établissement public administratif créé par le décret n° 97-311 du 7 avril 1997 dans le cadre de la réforme du système de soins français (ordonnance du 24 avril 1996). Cette nouvelle agence poursuit et renforce les missions de l'Agence Nationale pour le Développement de l'Évaluation Médicale (ANDEM) et s'enrichit de nouvelles activités telle la mise en place de la procédure d'accréditation dans les établissements de santé ou l'évaluation d'actions de santé publique. Parmi les missions qui lui incombent, l'ANAES évalue ces différentes stratégies, réalise une synthèse des informations disponibles et diffuse ses conclusions à l'ensemble des partenaires de santé. Son rôle consiste à apporter une aide à la décision, qu'elle soit individuelle ou collective, pour :

- éclairer les pouvoirs publics sur l'état des connaissances scientifiques, leur implication médicale, organisationnelle ou économique et leur incidence en matière de santé publique ;
- aider les établissements de soins à répondre au mieux aux besoins des patients dans le but d'améliorer la qualité des soins ;
- aider les professionnels de santé à élaborer et à mettre en pratique les meilleures stratégies diagnostiques et thérapeutiques selon les critères requis.

Ce document répond à cette mission. Les informations qui y sont contenues ont été élaborées dans un souci de rigueur, en toute indépendance, et sont issues tant de la revue de la littérature internationale que de la consultation d'experts.

Professeur Yves MATILLON
Directeur général

GROUPE DE TRAVAIL

D ^r Jean-Michel Baud	Médecin vasculaire	(Le Chesnay)
P ^r François Becker	Médecin vasculaire	(Besançon)
P ^r Luc Bressollette	Médecin vasculaire	(Brest)
D ^r Paul Brutus	Chirurgien vasculaire	(Limoges)
D ^r François Charles	Radiologue	(Marseille)
D ^r Pierre Chirossel	Radiologue	(Lyon)
P ^r Marc Coggia	Chirurgien vasculaire	(Boulogne)
D ^r Jean Devic	Radiologue	(Avignon)
D ^r Antoine Elias	Médecin vasculaire	(Toulouse)
D ^r Jean-Pierre Laroche	Médecin vasculaire	(Avignon)
D ^r Jean-Jacques Mourad	Médecin vasculaire	(Paris)
D ^r Marc Richer de Forges	Chirurgien vasculaire et thoracique	(Le Mans)

GROUPE DE LECTURE

Pr Pierre Barthélémy	Médecin vasculaire	(Marseille)
Dr Laurent Chiche	Chirurgien vasculaire	(Paris)
Pr Jean-Claude Gaux	Radiologue	(Paris)
Pr Nicolas Grenier	Radiologue	(Bordeaux)
Dr François Luisy	Médecin vasculaire	(Paris)
Pr Pierre-Édouard Magnan	Chirurgien vasculaire	(Marseille)
Dr Jean-Marc Pernes	Radiologue	(Antony)
Dr Gérard Lairy	Cardiologue	(Corbeil-Essonnes)
Dr Jean-Pierre Marcade	Chirurgien vasculaire	(La Rochelle)
Pr Henri Boccalon	Médecin vasculaire	(Toulouse)

L'analyse de la littérature clinique et sa rédaction ont été réalisées par le D^r Anne Long sous la responsabilité du D^r Stéphane Beuzon. Ce travail a été supervisé par le D^r Bertrand Xerri, responsable du service évaluation des technologies.

La recherche documentaire a été effectuée par M^{me} Frédérique Pagès et M^{lle} Gaëlle Fanelli, documentalistes, avec l'aide de M^{lle} Maud Lefevre, assistante documentaliste.

Le secrétariat a été assuré par M^{me} Hélène Robert-Rouillac.

Nous tenons à remercier les membres du Conseil scientifique de l'ANAES, qui ont bien voulu relire et critiquer ce document.

SOMMAIRE

SYNTHÈSE ET PERSPECTIVES	9
STRATÉGIE DE LA RECHERCHE DOCUMENTAIRE.....	15
ARGUMENTAIRE.....	18
I. INTRODUCTION	18
II. ARTÉRIOPATHIE OBLITÉRANTE DES MEMBRES INFÉRIEURS : RAPPELS	19
II.1. Méthodologie	19
II.2. Anatomie.....	19
II.3. Type et évolution des lésions	21
II.4. Relation entre l'obstacle artériel et les manifestations cliniques de l'AOMI.....	21
II.4.1. Relation entre obstacle anatomique et qualité de la perfusion	21
II.4.2. Classification.....	22
II.5. Bases du traitement de l'artériopathie des membres inférieurs	22
II.5.1. Traitement médical.....	22
II.5.2. Revascularisation par chirurgie conventionnelle ou par voie endovasculaire ou mixte.....	23
III. ARTÉRIOGRAPHIE DES MEMBRES INFÉRIEURS	23
III.1. Méthodologie	23
III.2. Description de l'examen.....	24
III.3. Techniques de mesure de la sténose.....	25
III.4. Reproductibilité des mesures	25
III.5. Complications	26
III.5.1. Origine.....	26
III.5.2. Incidence des complications de l'artériographie des membres inférieurs	27
III.6. Minimum requis de l'artériographie	28
III.7. Synthèse.....	28
IV. ÉVALUATION DE L'IPS DANS L'AOMI.....	29
IV.1. Définition	29
IV.2. Mesure de l'IPS.....	29

IV.2.1.	Technique	29
IV.2.2.	Variabilité du matériel utilisé.....	30
IV.2.3.	Variabilité des protocoles de mesure	30
IV.2.4.	Reproductibilité	31
IV.3.	Détermination de la valeur normale et des valeurs pathologiques	32
IV.3.1.	Valeur normale	32
IV.3.2.	Valeurs pathologiques	32
IV.3.3.	Valeur seuil de l'IPS pour le diagnostic d'artériopathie	32
IV.4.	Performance diagnostique	33
IV.5.	Limites	33
IV.6.	Utilisation pratique.....	34
IV.6.1.	Valeur de l'IPS et définitions de l'AOMI.....	34
IV.6.2.	IPS et orientation dans la prise en charge thérapeutique de l'AOMI	34
IV.6.3.	Surveillance d'un patient porteur d'une AOMI.....	34
IV.6.4.	IPS et valeur pronostique.....	34
IV.7.	Synthèse.....	35
V.	ÉVALUATION DE L'ÉCHOGRAPHIE-DOPPLER DANS L'AOMI (CHIRURGIE ET ANGIOPLASTIE EXCLUES)	35
V.1.	Méthodologie	35
V.2.	Description de la technique.....	36
V.3.	Risques	37
V.4.	Méthode et critères de quantification des sténoses des artères des membres inférieurs	37
V.4.1.	Analyse morphométrique (ou planimétrie).....	37
V.4.2.	Analyse du spectre Doppler.....	38
V.4.3.	Limites de la quantification en ED des sténoses et occlusions dans l'AOMI.....	40
V.5.	Efficacité de l'ED dans le diagnostic des sténoses et des occlusions des artères des membres inférieurs	40
V.5.1.	Reproductibilité	40
V.5.2.	Performance de l'ED	41
V.6.	Synthèse.....	44
VI.	ÉVALUATION DE L'ED APPLIQUÉ À LA DÉCISION, À LA RÉALISATION ET À LA SURVEILLANCE DES PONTAGES	45
VI.1.	Décision thérapeutique et choix du geste chirurgical fondés sur l'ED	45

VI.1.1.	Concordance des décisions	46
VI.1.2.	Comparaison avec le geste effectué.....	46
VI.1.3.	Modification de la thérapeutique.....	47
VI.2.	ED appliqué à l'évaluation du réseau veineux superficiel avant pontage	47
VI.3.	Site d'implantation des pontages	48
VI.3.1.	Concordance avec le ou les sites prédits sur l'artériographie	48
VI.3.2.	Comparaison avec la décision opératoire.....	48
VI.4.	Contrôle ED peropératoire.....	49
VI.4.1.	ED <i>versus</i> artériographie peropératoire	49
VI.4.2.	Révision des pontages et orientation du traitement médical selon l'ED peropératoire	49
VI.5.	Contrôle postopératoire précoce.....	50
VI.6.	Surveillance au cours du suivi	50
VI.6.1.	Établissement et performance des critères diagnostiques en ED des lésions compromettant la perméabilité du pontage.....	50
VI.6.2.	Conduite thérapeutique à tenir en fonction des résultats de l'ED	54
VI.6.3.	Comparaison de plusieurs stratégies de surveillance, incluant ou non l'ED.....	56
VI.7.	Résultats de la chirurgie sans artériographie préalable	58
VI.8.	Synthèse.....	60
VII.	ÉVALUATION DE L'ED APPLIQUÉ À LA DÉCISION ET À LA SURVEILLANCE DES GESTES DE REVASCULARISATION ENDOLUMINALE.....	61
VII.1.	Décision thérapeutique et choix de l'angioplastie fondés sur l'ED.....	61
VII.2.	Surveillance.....	63
VII.3.	Autres applications de l'ED appliqué aux gestes de revascularisation endoluminale.....	65
VII.4.	Synthèse.....	66
PLACE DE L'ÉCHOGRAPHIE-DOPPLER ARTÉRIELLE DES MEMBRES INFÉRIEURS ET DE L'IPS...		67
I.	INTRODUCTION ET MÉTHODOLOGIE.....	67
II.	MINIMUM REQUIS POUR L'APPAREILLAGE.....	67
II.1.	Index de pression à la cheville	67
II.2.	Échographie-Doppler	67
III.	MÉTHODE DE RÉALISATION DE L'EXAMEN.....	68
III.1.	Index de pression à la cheville (mesure ultrasonique).....	68

III.2.	Arbre artériel examiné en ED et technique.....	68
III.3.	Épreuves dynamiques	68
III.4.	Critères diagnostiques	69
III.4.1.	Pour les IPS	69
III.4.2.	Pour le diagnostic de sténose.....	69
III.4.3.	Pour le diagnostic d'occlusion artérielle	70
III.4.4.	Pour la surveillance d'un geste de revascularisation conventionnelle	70
III.4.5.	Pour la surveillance d'un geste d'angioplastie.....	70
III.5.	Rédaction du compte-rendu	70
IV.	PLACE DE L'ED ARTÉRIEL DES MEMBRES INFÉRIEURS EN FONCTION DE LA SITUATION CLINIQUE	71
IV.1.	Patient asymptomatique.....	71
IV.2.	Claudication	72
IV.3.	Ischémie critique.....	73
IV.4.	Place de l'ED en situation périthérapeutique	74
IV.4.1.	Avant le geste de revascularisation.....	74
IV.4.2.	Surveillance après geste de revascularisation endoluminale	74
IV.4.3.	Surveillance après revascularisation conventionnelle	75
IV.5.	Situations cliniques où l'ED artériel des MI n'est pas justifié.....	76
ANNEXES	77
RÉFÉRENCES	132

SYNTHÈSE ET PERSPECTIVES

Synthèse

L'artériopathie chronique oblitérante des membres inférieurs (AOMI) résulte du développement de lésions athéroscléreuse qui obstruent progressivement la lumière des artères et créent un obstacle à la vascularisation distale des membres inférieurs. Les lésions non athéroscléreuse sont exclues par cette définition.

Sa prévalence ajustée à l'âge est d'environ 12 %. Sa gravité est liée à la diffusion de la maladie athéroscléreuse, avec un risque local d'amputation et un risque général d'infarctus du myocarde, d'accident vasculaire cérébral ischémique et de décès d'origine cardiovasculaire.

Le but des examens complémentaires est de porter le diagnostic d'AOMI, d'orienter le traitement en fonction de la clinique, du type et de la sévérité des lésions et de surveiller le patient.

Parmi les techniques non invasives d'exploration de l'AOMI figure l'échographie-Doppler (ED), basé sur l'utilisation des ultrasons. À la demande de la Société d'Angiologie de Langue Française (SALF) devenue Société Française de Médecine Vasculaire (SFMV) et de la Société Française d'Imagerie Cardio-Vasculaire (SFICV), l'ANAES a été saisie pour évaluer la performance de l'ED dans le diagnostic et la prise en charge de l'AOMI.

Afin de réaliser l'évaluation technologique de l'ED, plusieurs chapitres ont été abordés : l'artériographie (examen de référence), la mesure de la pression systolique à la cheville et de l'index de pression systolique (IPS) bras-cheville, l'ED dans l'AOMI non traitée, l'ED dans le cadre d'une revascularisation artérielle (pontage, angioplastie). Au terme de cette évaluation, les experts du groupe de travail ont souhaité émettre un avis concernant les modalités de réalisation d'un examen par échographie-Doppler.

— Artériographie

L'artériographie est considérée comme l'examen de référence pour l'évaluation anatomique des lésions artérielles des membres inférieurs.

La reproductibilité de lecture des artériographies a fait l'objet d'études récentes. Si la reproductibilité interobservateurs est satisfaisante pour les axes proximaux (axes iliaques : $\kappa > 0,8$) et pour les diagnostics soit d'occlusion (axes distaux : $\kappa < 0,6$), soit de perméabilité, il existe une variabilité plus élevée pour les lésions distales intermédiaires, c'est-à-dire non occlusives ($\kappa < 0,4$).

Cet examen comporte des limites. L'analyse d'une sténose devrait se faire sur deux incidences orthogonales. Cependant, la diffusion des lésions, fréquente au cours de l'AOMI, ne permet pas toujours de multiplier les incidences.

Il s'agit d'un examen invasif. Le taux de mortalité dans notre analyse de littérature est en moyenne inférieur à 0,5 % et les complications graves peuvent atteindre 2,9 %. Pour le groupe de travail, le risque actuel lié à la réalisation d'une artériographie est probablement inférieur aux chiffres indiqués ci-dessus, du fait de la miniaturisation du matériel de cathétérisme et des précautions médicales entourant l'examen (hydratation, modification du traitement en cours, en particulier chez les diabétiques, diminution de la toxicité des produits de contraste, respect des contre-indications).

Actuellement, au sein d'équipes expérimentées, grâce à l'échographie-Doppler et aux nouveaux examens peu invasifs, l'artériographie n'est plus réalisée à titre purement diagnostique.

— *Index de pression systolique bras-cheville*

La plupart des définitions de l'AOMI incluent l'index de pression systolique (IPS) bras-cheville. L'IPS est le rapport entre la pression systolique mesurée en un site du réseau artériel du membre inférieur et la pression systolique brachiale. La mesure de l'IPS bras-cheville est réalisée le plus souvent à l'aide d'un brassard et d'un doppler continu à haute fréquence.

La valeur seuil pour porter le diagnostic d'AOMI est un IPS bras-cheville $< 0,9$, les extrêmes allant de 0,8 à 0,97 en fonction des études. L'IPS bras-cheville n'a pas valeur de localisation de l'obstacle car il est la résultante des pertes de charges pressionsnelles globales sur l'ensemble de l'arbre artériel. Il ne peut pas être utilisé si les artères sont calcifiées (situation rencontrée en particulier en cas de diabète ou d'insuffisance rénale chronique).

En pratique clinique, l'IPS bras-cheville est également utilisé pour la surveillance des patients. Enfin, c'est un marqueur indépendant de surmorbimortalité cardiovasculaire. Pour un IPS $< 0,9$, il existe un risque relatif de mortalité globale variant de 1,6 à 4,1 au cours d'un suivi respectif de 5 ans et 16 mois.

— *ED artériel des membres inférieurs*

Les protocoles de réalisation d'un ED artériel des membres inférieurs sont variables d'une équipe à l'autre, ainsi que les critères utilisés pour le diagnostic de sténose.

La reproductibilité de l'examen a été trop peu étudiée pour que les chiffres publiés dans la littérature en soient un bon reflet. Les auteurs s'accordent pour dire qu'elle est meilleure si on simplifie les critères diagnostiques utilisés. La performance diagnostique de cet examen varie en fonction des segments artériels considérés et est bonne dans la majorité des études sélectionnées (sténoses $> 50\%$ et occlusions sur tous segments confondus : sensibilité 63 à 95 %, spécificité 85 à 100 %). Néanmoins, la segmentation des artères qui augmente artificiellement le nombre de segments considérés comme normaux dans les comparaisons peut majorer les résultats de performance obtenus.

L'intérêt de l'ED a été évalué pour la décision, la réalisation et la surveillance d'un pontage. Cependant, les études portent sur des séries de faibles effectifs de qualité méthodologique moyenne. Les pontages sous-inguinaux ont été les plus étudiés.

La planification d'un geste chirurgical sur les données d'un ED de bonne qualité diffère peu des décisions prises sur l'artériographie. Néanmoins, la chirurgie sans artériographie préalable est une pratique très peu répandue. La littérature disponible ne permet pas d'évaluer le bénéfice de cette pratique.

L'ED est communément utilisé pour évaluer la qualité du réseau veineux superficiel avant réalisation d'un pontage veineux sous-inguinal.

La détermination du site d'implantation des pontages par ED a été relativement peu étudiée. L'ED semble avoir une bonne valeur prédictive du ou des sites d'implantation des pontages sous-inguinaux.

Le contrôle ED peropératoire d'un pontage et la correction d'éventuelles anomalies détectées augmente la probabilité de perméabilité du pontage à distance. Sa mise en œuvre est plus facile que l'artériographie.

Au cours de la surveillance des pontages, l'ED a pour but de repérer ceux qui risquent de s'occlure, afin de proposer une correction préventive de l'anomalie par geste chirurgical ou angioplastie. Son utilité pour la surveillance des pontages veineux sous-inguinaux est reconnue, alors qu'elle est actuellement discutée pour les pontages fémoro-poplités sus- ou sous-articulaires en polytétrafluoroéthylène (PTFE). Un seul travail qui distingue les pontages fémoro-poplités des pontages fémoro-jambiers en PTFE est en faveur d'une surveillance ED régulière pour ces derniers.

Le rythme de surveillance dépend des équipes et du geste, mais la majorité des équipes insiste sur l'importance d'un suivi régulier pendant les deux premières années pour les pontages veineux sous-inguinaux.

L'ED est utilisé pour la décision, la réalisation et la surveillance d'un geste de revascularisation endoluminal. Cependant, peu d'études sont publiées et la qualité méthodologique des données est moyenne.

Pour les études qui évaluent l'utilité de l'ED avant la réalisation d'une angioplastie, dans plus de 80% des cas, l'ED permet de prédire la faisabilité d'une angioplastie avec la même pertinence que l'artériographie. De ce fait, ces auteurs proposent la réalisation de l'angioplastie dans le même temps que l'artériographie. Cette pratique est à discuter par les différentes équipes intervenantes et ne peut se concevoir que dans le cadre d'une prise en charge globale du patient polyvasculaire (avis du groupe de travail).

Au décours immédiat de l'angioplastie, l'évaluation par ED de la qualité de celle-ci a une valeur prédictive de la survenue ou non d'une resténose ou d'une occlusion au site dilaté. Enfin, la pratique d'une angioplastie sous contrôle ED est très marginale.

— *Place de l'ED dans l'AOMI*

Alors qu'il s'agit d'une technique ancienne, il est intéressant de noter le nombre d'études récentes, qui prouve l'intérêt de nombreux auteurs pour l'ED et pour sa standardisation. L'analyse de la littérature a montré que le déroulement des examens, les critères diagnostiques pour la quantification en échographie-Doppler des sténoses et occlusions, et sa place en fonction de la situation clinique n'étaient pas standardisés dans l'AOMI. Ceci a conduit les experts du groupe de travail à proposer un texte reflétant leur opinion consensuelle sur le minimum requis pour l'appareillage, la méthodologie de l'examen, et la place de l'ED en fonction de la situation clinique.

Un groupe de lecture a également été sollicité pour valider ce texte ou fournir des opinions différentes.

Rédigé à l'initiative du groupe de travail dans le cadre d'un dossier d'évaluation technologique, ce texte ne peut pas être considéré comme des « recommandations » car son élaboration n'a pas été conforme à la méthodologie spécifique que l'ANAES utilise pour la rédaction habituelle de recommandations. Il fait l'objet d'une publication séparée, complémentaire à cette synthèse.

Perspectives

L'ED est actuellement l'examen de première intention réalisé chez un patient porteur d'une AOMI. Réalisé en complément de l'examen clinique et de la mesure des IPS bras-cheville, selon une méthodologie rigoureuse, il est le plus souvent suffisant pour confirmer le diagnostic, orienter la décision thérapeutique vers un traitement médical ou une revascularisation puis pour surveiller le patient. L'artériographie est pratiquée à titre pré-thérapeutique si une décision de revascularisation est retenue et plus rarement à titre diagnostique si l'ED est non contributif.

Néanmoins, la littérature montre qu'il existe une variabilité dans la pratique de l'ED et, au quotidien, il existe une disparité dans la qualité des examens fournis. La mise en place d'une standardisation du déroulement de l'examen et des critères diagnostiques utilisés est indispensable à la qualité et à la crédibilité de l'ED. L'approche pratique proposée dans ce rapport va dans ce sens et peut être la base de recommandations.

Il existe actuellement un essor de l'imagerie vasculaire par tomodensitométrie (angioscanner) et par résonance magnétique (angioRM). Ces techniques, couplées à l'échographie-Doppler, ont modifié l'exploration des sténoses carotides. Il est vraisemblable que l'exploration d'une AOMI évolue vers l'association d'examens moins invasifs que l'artériographie de type échographie-Doppler/angioscanner ou échographie-Doppler/angioRM. L'angioscanner et l'angioRM sont actuellement en cours d'évaluation, et les protocoles de réalisation sont évolutifs. Les places respectives de l'ED, de l'angioscanner et de l'angio-RM ne sont actuellement pas définies.

Il serait pertinent d'étudier si la concordance des résultats entre échographie-Doppler/angio-RM ou échographie-Doppler/angioscanner pour une lésion donnée peut améliorer la performance des examens pris indépendamment : ceci peut faire l'objet d'études à l'étage iliaque et fémoro-poplité.

L'angioscanner et l'angio-RM pourraient être envisagés comme des examens complémentaires à l'ED, pour des sites difficiles d'accès en ED (axes iliaques chez le sujet obèse) ou en cas d'ED non contributif (calcifications majeures).

GLOSSAIRE ET DÉFINITIONS

AHA : American Heart Association

ALFEDIAM : Association de Langue Française pour l'Étude du Diabète et des Maladies Métaboliques

AOMI : artériopathie oblitérante des membres inférieurs

ED : échographie-Doppler

IPS : index de pression systolique. Dans le texte, l'IPS est entendu comme l'index de pression bras-cheville, c'est-à-dire le rapport entre la pression artérielle systolique brachiale et la pression artérielle systolique mesurée à la cheville

MI : membre inférieur

PSV : pic de vélocité systolique

PSV (Ratio): rapport entre le pic de vélocité maximal au niveau de la sténose et le pic de vélocité en amont ou en aval de la sténose

EDV : vitesse en fin de diastole

ROC (Courbe) : receiver operating characteristic curve analysis

Pontage en PTFE : pontage en poly-tétra-fluoro-éthylène (par exemple Goretex™)

SCV/ISCS : Society for Vascular Surgery / International Society for Cardiovascular Surgery

TASC Working Group : Trans-Atlantic Inter-Society Consensus Working Group

Définitions :

Ischémie critique chronique : ulcération, gangrène ou douleur de repos d'origine artérielle, d'évolution chronique, qui conduira à une amputation majeure entre 6 mois et un an en l'absence d'une amélioration hémodynamique. Pour porter le diagnostic, il est recommandé d'utiliser les valeurs de pression suivantes :

Pression systolique à la cheville < 50-70 mm Hg ou diminution de la pression à l'orteil (< 30-50 mmHg), ou diminution de la TPCo2 (< 30-50 mmHg)

(Dans cette définition proposée par la TASC, la durée d'évolution n'est pas précisée)

Expression des résultats de la perméabilité d'un geste de revascularisation :

Perméabilité primaire : perméabilité d'un pontage ou d'un segment artériel maintenue au décours du geste de revascularisation (endovasculaire ou chirurgie conventionnelle) sans geste complémentaire.

Perméabilité primaire assistée : perméabilité d'un pontage ou d'un segment artériel maintenue au décours du geste de revascularisation (endovasculaire ou chirurgie conventionnelle) grâce à la pratique d'un geste complémentaire mineur visant à prévenir l'occlusion de ce pontage ou du site traité (exemple : dilatation d'une sténose anastomotique, dilatation d'une resténose à l'intérieur de l'endoprothèse par hyperplasie).

Perméabilité secondaire : perméabilité restaurée après l'occlusion d'un pontage ou d'un segment artériel grâce à la pratique d'un geste majeur (exemple : thrombolyse, thromboaspiration, restauration chirurgicale d'une anastomose).

Nomenclature internationale : correspondance avec l'ancienne nomenclature

Aorte = aorte

Artère iliaque commune = artère iliaque primitive

Artère iliaque interne = artère iliaque interne (ou hypogastrique)

Artère iliaque externe = artère iliaque externe

Artère fémorale = artère fémorale commune *et* artère fémorale superficielle

Artère fémorale profonde = artère fémorale profonde

Artère poplitée = artère poplitée

Artère tibiale antérieure = artère tibiale antérieure

Artère tibiale postérieure = tronc tibio-péronier *et* artère tibiale postérieure

Artère fibulaire = artère péronière

Artère dorsale du pied = artère pédieuse

STRATÉGIE DE LA RECHERCHE DOCUMENTAIRE

SUJET ; TYPE D'ÉTUDE		Période	Résultats
	Termes utilisés		
RECOMMANDATIONS		1975-2001	M : 10 H : 2 E : 24
Termes initiaux 1	<i>Peripheral Vascular Diseases ; Arterial Occlusive Diseases ; Arteriosclerosis ; Arteriosclerosis Obliterans ; Ischemia ; Peripheral Occlusive Artery Disease ; Peripheral Vascular Disease ; Artery Disease ; Artery Occlusion; Limb Ischemia</i> ET <i>Leg* (texte); Lower Limb* (texte); Lower Extremity* (texte); Popliteal (texte) Femoral (texte) Iliac (texte) Tibial (texte)</i> OU <i>Leg Ischemia ; Intermittent Claudication ; Iliac Artery Obstruction</i>		
ET Termes 2	<i>Diagnosis</i>		
ET Termes 3	<i>Guideline(s) ; Practice Guideline(s) ; Health Planning Guidelines ; Consensus Development Conferences ; Consensus Development Conferences, NIH ; Recommendation (titre, résumé) ; Consensus Conference (titre, résumé) ; Consensus Statement (titre, résumé).</i>		
REVUES DE LITTÉRATURE		1975-2001	M : 2
Termes initiaux 1			
ET Termes 2	<i>Diagnosis</i>		
ET Termes 3	<i>Meta-analysis ; Review Literature ; Systematic Review (texte libre) ; Review of Effectiveness</i>		

ÉTUDES COMPARATIVES DOPPLER/ARTÉRIOGRAPHIE		1975- 2001	M : 113 H : 3
TERMES INITIAUX 1			
ET			
Termes 2	<i>Ultrasonography, Doppler ; Ultrasonography, Doppler, Duplex ; Ultrasonography, Doppler, Color ; Ultrasonography, Doppler, Pulsed ; Color Ultrasound Flowmeter ; Doppler Flowmeter ; Doppler Flowmetry ; Laser Doppler Flowmetry</i>		
ET			
Termes 3	<i>Angiography ; Angiography, Digital Subtraction ; Digital Subtraction Angiography ; Arteriography (titre, résumé, descripteur) ; Femoral Angiography ; Leg Angiography</i>		
ET			
Termes 4	<i>Randomized Controlled Trial* ; Double-Blind Method ; Random Allocation ; Randomized Controlled Trial ; Random* (titre) ; Versus (titre) ; Controlled Clinical Trial ; Comparative Study ; Compar* (titre)</i>		
ÉTUDES SUR LES INDEX DE PRESSION		1975- 2001	M : 106 H : 2 E : 41
TERMES INITIAUX 1			
ET			
Termes 2	<i>Ultrasonography, Doppler ; Ultrasonography, Doppler, Duplex ; Ultrasonography, Doppler, Color ; Ultrasonography, Doppler, Pulsed ; Color Ultrasound Flowmeter ; Doppler Flowmeter ; Doppler Flowmetry ; Laser Doppler Flowmetry</i>		
Termes 3	<i>Ankle Brachial Index (texte) ; Ankle Arm Index (texte) ; Ankle Brachial Indice (texte) ; Ankle Arm Indice (texte)</i>		
COMPLICATIONS DE L'ARTÉRIOGRAPHIE		1975- 2001	M : 46 H : 1 E : 8
TERMES INITIAUX 1			
ET			
Termes 2	<i>Angiography ; Angiography, Digital Subtraction ; Digital Subtraction Angiography ; Arteriography (titre, résumé, descripteur) ; Femoral Angiography ; Leg Angiography</i>		
ET			
Termes 3	<i>Adverse effect*</i>		

REPRODUCTIBILITÉ DE L'ARTÉRIOGRAPHIE		1985-2001	M+E: 86
TERMES INITIAUX 1			
ET			
Termes 2	<i>Angiography ; Angiography, Digital Subtraction ; Digital Subtraction Angiography ; Arteriography (titre, résumé, descripteur) ; Femoral Angiography ; Leg Angiography</i>		
ET			
Termes 3	<i>Diagnostic Value ;Diagnostic Errors ; False Negative Reactions ; False Positive Reactions ; Observer Variation ; Reproducibility of Results ; Reproducibility ; Reliability ; Diagnostic Accuracy ; Predictive Value of Tests</i>		
ET			
	<i>Kappa (titre, résumé) ; Reproductibility (titre) ; Reliability (titre) ; Fiability (titre)</i>	OU	<i>Single-Blind Method ; Single Blind Procedure ; Double-Blind Method ; Double Blind Procedure ; Randomized Controlled Trial* (descripteur ou type de publication) ; Controlled Clinical Trial* (descripteur ou type de publication) ; Random Allocation ; Randomization ; Random* (titre) ; Controlled Study ; Comparative Study ; Major Clinical Study ; Versus (titre) ; Compar* (titre) ; Clinical Trial* (descripteur ou type de publication) ; Case-Control Stud* ; Retrospective Stud* ; Cross-Over Studies ; Cross-Sectional Studies ; Crossover Procedure ; Cohort Studies ; Cohort Analysis ; Longitudinal Stud* ; Follow-Up Studies ; Follow Up ; Prospective Stud* ; Case Study</i>
UTILISATION DU DOPPLER POUR LE SUIVI DES PROCÉDURES VASCULAIRES		1995-2001	M+E:216
Termes initiaux 1			
ET			
Termes 2	<i>Ultrasonography, Doppler ; Ultrasonography, Doppler, Duplex ; Ultrasonography, Doppler, Color ; Ultrasonography, Doppler, Pulsed ; Color Ultrasound Flowmeter ; Doppler Flowmeter ; Doppler Flowmetry ; Laser Doppler Flowmetry</i>		
ET			
Termes 3	<i>/Surgery ; Vascular Surgical Procedures ! ; Vascular Surgery ; Bypass (titre)</i> recroisés avec des mots du titre		

ARGUMENTAIRE

I. INTRODUCTION

L'artériopathie chronique oblitérante des membres inférieurs (AOMI) résulte du développement de lésions athéroscléreuses qui obstruent progressivement la lumière des artères et créent un obstacle à la vascularisation distale des membres inférieurs. Les lésions non athéroscléreuses sont exclues par cette définition.

La symptomatologie clinique (*aspect fonctionnel*) est fonction :

- du type des lésions, sténose(s) et/ou occlusion(s), et de leur extension (*aspect anatomique*) ;
- du retentissement sur la pression de perfusion en aval de l'obstacle (*aspect hémodynamique*). Celle-ci, mesurée en un point variable du MI, est exprimée soit en valeur absolue, soit par l'index de pression systolique (IPS), rapport de la pression systolique mesurée à la pression systolique brachiale. La mesure couramment utilisée est l'IPS bras-cheville, désigné par IPS dans la suite du rapport.

On distingue plusieurs stades fonctionnels d'AOMI : asymptomatique, d'effort (claudication intermittente) ou de repos (douleurs de décubitus/troubles trophiques).

La définition de l'AOMI varie. Dans les études épidémiologiques, elle est clinique et/ou hémodynamique, incluant la mesure de l'IPS. Dans les recommandations de la Society of Vascular Surgery/International Society for Cardiovascular Surgery, la définition de l'AOMI est clinique et hémodynamique, incluant la valeur absolue de la pression à la cheville au repos et/ou sa chute à l'effort selon les grades cliniques (1,2). Les protocoles de mesure et les chiffres d'IPS considérés comme anormaux sont variables dans la littérature : la fréquence de l'AOMI diffère selon la définition retenue et le type de population étudiée. Dans une revue récente de la littérature (3), la prévalence ajustée à l'âge était d'environ 12 %. La gravité de la maladie est liée à la diffusion de la maladie athéroscléreuse, avec un risque local d'amputation et un risque général d'infarctus du myocarde, d'accident vasculaire cérébral ischémique et de décès d'origine cardio-vasculaire (3).

Devant une douleur du MI ou un trouble trophique, le but des examens complémentaires est de rapporter à l'artériopathie les manifestations observées et d'orienter le traitement en fonction de la clinique, du type et de la sévérité des lésions.

Parmi les techniques non invasives d'exploration de l'AOMI figure l'échographie-Doppler (ED), basé sur l'utilisation des ultrasons. À la demande de la Société d'Angiologie de Langue Française (SALF) devenue Société Française de Médecine Vasculaire (SFMV) et de la Société Française d'Imagerie Cardio-Vasculaire (SFICV), l'ANAES a été saisie pour évaluer la performance de l'ED dans le diagnostic et la prise en charge de l'AOMI.

Ce rapport d'évaluation technologique analyse les publications portant sur l'évaluation de l'ED dans l'AOMI ainsi que dans des circonstances cliniques spécifiées : aide à la décision, à la réalisation et à la surveillance des pontages et des gestes de revascularisation endoluminale.

Un chapitre est consacré à l'IPS. Cette mesure fait appel à une technique ultrasonore ; elle complète les informations fournies par l'ED et contribue à orienter la démarche diagnostique et thérapeutique.

Un chapitre est consacré à l'artériographie, considérée comme l'examen de référence pour l'exploration des lésions (sténoses, occlusions) des artères des membres inférieurs.

En revanche, les autres techniques d'imagerie, essentiellement représentées par l'angiographie par résonance magnétique et l'angiographie par tomодensitométrie, encore évolutives dans l'exploration des artères des membres inférieurs, ne sont pas détaillées dans ce rapport.

Devant la variabilité en qualité et en disponibilité des données ainsi que devant l'hétérogénéité des pratiques, le groupe de travail a souhaité développer un chapitre spécifique sur la place de l'ED dans l'AOMI. Ce chapitre comprend le minimum requis de l'appareillage nécessaire à la réalisation d'un ED des membres inférieurs, la méthodologie de l'examen et la place de l'ED et de l'IPS en fonction de la situation clinique. Il s'agit de l'opinion du groupe de travail et non de recommandations, la rédaction de ce chapitre n'utilisant pas la méthode de l'ANAES pour ce type de document.

II. ARTÉRIOPATHIE OBLITÉRANTE DES MEMBRES INFÉRIEURS : RAPPELS

II.1. Méthodologie

Ce chapitre, dont la rédaction n'a pas fait appel à une recherche spécifique de la littérature, regroupe des généralités sur l'AOMI. Seules les références portant sur des travaux spécifiques sont annotées. Une référence importante récente est le « *Management of Peripheral Arterial Disease* », réalisé par le *Trans-Atlantic Inter-Society Consensus (TASC) Working Group* (4).

II.2. Anatomie

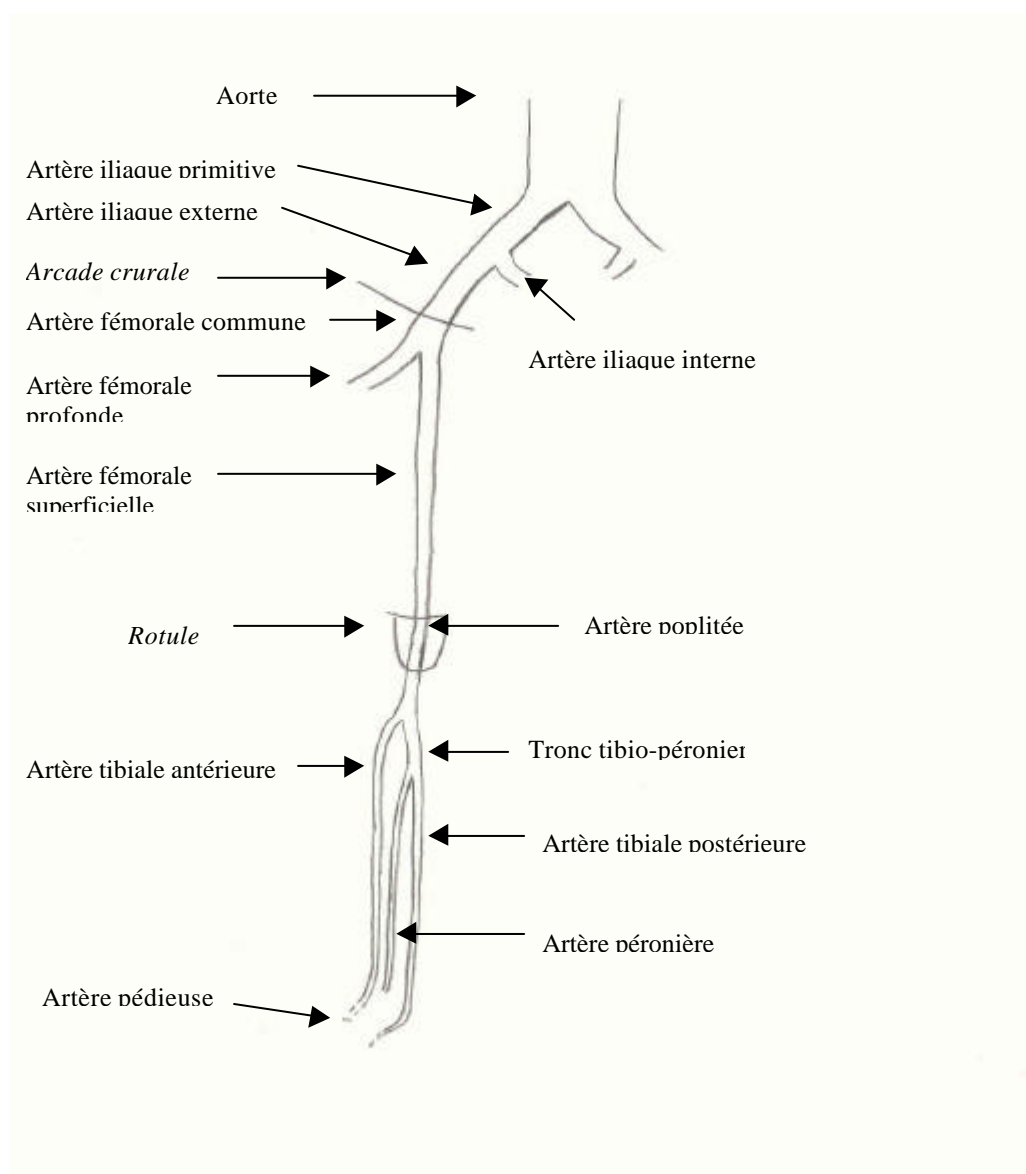
La terminologie anatomique des artères utilisée dans le rapport est la terminologie courante. La correspondance avec la nomenclature internationale figure dans le glossaire.

Le réseau artériel atteint dans l'AOMI inclut l'aorte abdominale sous-rénale, puis pour chaque membre inférieur les artères suivantes : iliaque primitive, iliaque externe, iliaque interne ou hypogastrique, fémorales commune, profonde, superficielle, poplitée, tibiale antérieure, tronc tibio-péronier, tibiale postérieure, péronière, pédieuse (Figure 1). La projection cutanée de ces artères est respectivement la région péri-ombilicale et les deux hypochondres pour l'aorte abdominale et les axes iliaques, la région inguinale pour le trépied fémoral, la face antéro-interne de la cuisse pour l'artère fémorale superficielle, le creux poplité pour l'artère poplitée, la face antéro-externe de jambe pour l'artère tibiale antérieure, la face postéro-externe de jambe pour l'artère péronière, la face postéro-interne de jambe pour l'artère tibiale postérieure et la face dorsale du pied pour l'artère pédieuse (cette dernière est inconstante). Ces

notions d'anatomie sont nécessaires pour comprendre les problèmes techniques posés par l'ED et la variabilité de la performance de l'ED en fonction des artères analysées. On peut schématiquement différencier les axes artériels de conduction (axes iliaques et fémoro-poplités) et les axes artériels de distribution (hypogastrique, fémorale profonde).

Les bifurcations artérielles iliaques (iliaque primitive, iliaque externe, hypogastrique) et fémorales (fémorale commune, fémorale profonde, fémorale superficielle) jouent un rôle crucial dans le développement de la circulation collatérale en cas d'obstacle sur les axes de conduction.

Figure 1. Représentation schématique du réseau artériel des membres inférieurs



II.3. Type et évolution des lésions

L'AOMI résulte d'un processus de vieillissement de la paroi artérielle associant des lésions d'athérosclérose sur les parois des artères proximales, jusqu'à mi-jambe environ et des lésions d'artériosclérose, sans lipide, sur les segments distaux des artères de jambe. Le niveau de transition n'est pas toujours aussi précis. La lumière artérielle se réduit progressivement jusqu'à l'obstruction totale. Des phénomènes thrombotiques aigus peuvent se surajouter et sont souvent responsables de l'aggravation fonctionnelle.

La sténose se définit comme un obstacle réduisant la lumière artérielle. L'occlusion se définit comme l'obstruction totale de l'artère. Sténose et occlusion ne sous-entendent pas la nature anatomopathologique de la lésion.

II.4. Relation entre l'obstacle artériel et les manifestations cliniques de l'AOMI

La présence d'un ou plusieurs obstacles à l'écoulement du sang artériel retentit sur la perfusion du membre inférieur. La symptomatologie engendrée est liée à la sévérité et à l'extension des lésions, à la qualité des voies de suppléance et à l'activité physique du patient.

II.4.1. Relation entre obstacle anatomique et qualité de la perfusion

La gêne fonctionnelle et la viabilité du membre d'un patient souffrant d'une AOMI dépendent du retentissement hémodynamique d'obstacles artériels souvent multiples (sténose ou occlusion). Le retentissement hémodynamique, estimé par la pression de perfusion et le débit d'aval, dépend :

- de la topographie de la (des) lésion(s) ;
- des caractéristiques morphologiques de chacune des lésions (ex : longueur et régularité de la sténose) ;
- de l'état hémodynamique (repos ou effort, fonction cardiaque, anémie) ;
- de la qualité de la suppléance.

Ces facteurs expliquent que les manifestations cliniques puissent différer d'un individu à un autre pour des lésions anatomiques équivalentes.

Cette constatation connue des cliniciens a été illustrée par le travail de Müller-Bühl (5) cherchant à corréler les données hémodynamiques (pression à la cheville et IPS) et fonctionnelles (périmètre de marche auquel la douleur apparaissait et périmètre de marche obligeant à l'arrêt) à la diffusion des lésions angiographiques évaluées par le score angiographique de Bollinger. Cette série consécutive portait sur 150 patients claudicants. Le MI le plus atteint était retenu pour l'étude. La sévérité des lésions était statistiquement corrélée à la pression à la cheville et à l'IPS. Cette corrélation était d'autant plus forte que les lésions étaient fémoro-poplitées ($p < 0,05$ pour le score iliaque, $p < 0,001$ pour le score global et pour le score fémoro-poplité). Il n'existait pas de corrélation significative entre la pression à la cheville ou l'IPS et le périmètre de marche auquel la douleur apparaissait. Il existait une corrélation significative entre la pression à la cheville ou l'IPS et le périmètre de marche obligeant à l'arrêt. En analyse multivariée, l'IPS était la variable la plus prédictive de lésions angiographiques sévères.

La sténose dite hémodynamique a une définition expérimentale : il s'agit d'une sténose qui diminue la pression de perfusion et le débit en aval. Les valeurs chiffrées ont été étudiées sur des bancs d'essais, l'animal, le réseau coronaire. Une étude chez l'homme, sur les axes iliaques, a été rapportée par CHIROSSEL 1988 (6) : il existait un seuil de sténose hémodynamiquement significatif dont la valeur se situait au voisinage de 60 % du diamètre artériel artériographique et 80 % de la surface de sa section.

L'obstacle artériel (sténose ou occlusion) peut être appréhendé directement, en cherchant à le quantifier, ou indirectement par son retentissement sur le débit sanguin et la pression de perfusion d'aval. En pratique clinique, la pression de perfusion en aval d'un obstacle est évaluable par le rapport entre la pression systolique en aval de cet obstacle et la pression systolique brachiale. Le rapport le plus couramment utilisé est l'IPS bras-cheville, désigné par IPS dans la suite de ce travail.

II.4.2. Classification

La classification la plus simple fondée sur la clinique est celle de Leriche et Fontaine. L'atteinte peut rester asymptomatique, soit parce qu'elle est modérée, soit parce que l'activité physique du sujet est insuffisante pour révéler les symptômes (stade 1). À un stade ultérieur, la claudication intermittente (stade 2) traduit un apport sanguin musculaire insuffisant lors des efforts de marche (ischémie à l'effort). L'ischémie de repos se manifeste par des douleurs de décubitus (stade 3) liées à une pression de perfusion trop basse lorsque le malade étend sa jambe à l'horizontale ou des troubles trophiques ne cicatrisant pas (stade 4). Les deux derniers stades ont été ultérieurement regroupés sous le vocable d'ischémie critique.

La classification la plus récente et actuellement la plus utilisée dans la littérature anglo-saxonne est proposée par la *Society for Vascular Surgery/International Society for Cardiovascular Surgery* (SVS/ISCS). Cette classification a initialement été publiée en 1986 puis révisée en 1997 (1,2) (cf. *tableau 1*). Elle prend en compte :

- la symptomatologie clinique selon des catégories qui ne correspondent pas exactement à la classification de Leriche et Fontaine (4) ;
- les résultats d'explorations non invasives : épreuve du tapis roulant, prise des pressions à la cheville au repos et/ou après effort.

II.5. Bases du traitement de l'artériopathie des membres inférieurs

Ce chapitre expose les bases du traitement de l'AOMI tel qu'il est envisagé en pratique courante.

Le traitement de l'AOMI est largement détaillé par le *TASC Working Group* (4).

II.5.1. Traitement médical

Il est principalement fondé sur le contrôle des facteurs de risque vasculaire et par la prescription d'antiagrégants plaquettaires. Ce traitement est systématique.

Au stade de claudication, l'entraînement à la marche est essentiel. Certains médecins utilisent les vasoactifs malgré l'absence de démonstration avérée de leur efficacité.

II.5.2. Revascularisation par chirurgie conventionnelle ou par voie endovasculaire ou mixte

La décision d'une revascularisation est retenue en fonction de la gêne clinique, de la sévérité, du type et du niveau anatomique de la lésion, de l'âge et du contexte clinique général du patient, notamment les pathologies associées.

Le choix du mode de revascularisation, chirurgie conventionnelle ou voie endovasculaire, est lié aux caractéristiques de la lésion (sténose ou occlusion, longueur), à sa topographie (iliaque, fémorale, poplitée ou sous-poplitée), à son caractère isolé ou non (qualité de l'axe artériel dans sa globalité). L'association des deux modalités, voie endovasculaire et chirurgie conventionnelle, peut être envisagée.

Au stade de claudication, l'indication de revascularisation est portée d'autant plus volontiers qu'il s'agit de lésions iliaques et/ou fémorales communes. Le traitement d'une lésion fémorale superficielle est plus discuté.

Au stade d'ischémie critique, la revascularisation doit être tentée, en privilégiant lorsqu'il est possible le geste endovasculaire (7).

La caractérisation de la lésion (sévérité, type, longueur, niveau, caractère isolé ou non), la qualité du lit d'amont et du lit d'aval sont donc fondamentales dans la décision puis la stratégie thérapeutiques.

III. ARTÉRIOGRAPHIE DES MEMBRES INFÉRIEURS

L'artériographie des membres inférieurs est historiquement l'examen de référence des artères des membres inférieurs, car il est longtemps resté le seul disponible pour objectiver les lésions artérielles. La naissance des techniques d'ultrasons dans les années 1970 puis le développement et le perfectionnement technologique de l'ED ont contribué à modifier ses indications.

III.1. Méthodologie

La rédaction de trois sous-chapitres a fait appel à une analyse détaillée de la littérature : les techniques de mesure d'une sténose, la reproductibilité de l'interprétation d'une artériographie et les complications de l'artériographie.

Dans le cadre de l'évaluation de l'artériographie, la lecture critique des études doit tenir compte de la qualité de réalisation de l'examen (cf. III.3. Techniques de mesure de la sténose), en particulier le nombre d'incidences effectuées pour l'analyse d'une lésion. Au plan pratique, la diffusion des lésions ne permet pas la multiplication des incidences.

La reproductibilité de la lecture de l'artériographe digitalisée a été spécifiquement retrouvée dans une seule étude. De ce fait, 5 autres études incluant ces données ont été également retenues.

Au plan des complications, du fait de l'évolution technique des conditions de réalisation de l'artériographie des MI, seules les études récentes peuvent donner une estimation fiable des effets indésirables de celle-ci. Dans ce contexte, aucune étude récente analysant prospectivement le type et la fréquence des complications rencontrées n'a pu être identifiée.

Notre revue de littérature a permis d'identifier une seule étude prospective évaluant la morbidimortalité liée à l'artériographie (8). Trois autres études ont été identifiées et bien que rétrospectives ont été analysées.

III.2. Description de l'examen

Après injection d'un produit de contraste iodé qui, circulant dans les axes artériels, va en mouler les parois, des clichés radiologiques centrés sur l'aorte abdominale, les axes iliaques, les axes fémoro-poplités, les axes de jambe et les pieds, permettent d'obtenir un luminogramme du réseau artériel des MI.

Le patient est en décubitus. L'orientation dans l'espace des axes artériels, de l'origine de leurs collatérales et de leurs bifurcations, la diffusion et le caractère excentré des lésions nécessitent la réalisation de plusieurs incidences en orientant le tube selon des angles différents en particulier par rapport au plan de l'aorte, des axes iliaques, des bifurcations iliaques et fémorales.

Dans la plupart des cas, *l'artériographie* est pratiquée par ponction fémorale et cathétérisme rétrograde de l'axe iliaque (méthode de Seldinger) : l'extrémité proximale du cathéter est positionnée dans l'aorte sus-rénale pour explorer l'aorte puis à la terminaison de l'aorte pour explorer particulièrement le réseau artériel des deux MI.

Les incidences classiques sont : un cliché de face et de profil sur l'aorte abdominale, un cliché de face et les deux obliques sur les axes iliaques, un cliché oblique centré sur chaque bifurcation fémorale, un cliché de face sur les axes fémoro-poplités, un cliché de face sur les axes de jambe. L'exploration des artères du pied n'est pas systématique. Selon les caractéristiques de la table d'angiographie, on renouvelle l'injection pour chaque étage et incidence réalisés ou bien les incidences de face sont enchaînées après une seule injection grâce au déplacement de la table qui suit le déplacement du produit de contraste depuis l'aorte jusqu'aux pieds.

La quantité totale de produit iodé injectable est limitée par le poids et la fonction rénale du malade.

S'il est nécessaire d'optimiser la visualisation des artères de jambe et de pied (ischémie critique), le cathéter reste positionné au niveau de l'artère fémorale commune, sans cathétérisme de l'axe iliaque (artériographie unifémorale) : seul le réseau artériel sous-inguinal du membre inférieur homolatéral à la ponction est exploré. Si un geste de revascularisation percutanée est prévu à l'étage sous-inguinal, la ponction fémorale est suivie d'un cathétérisme antérograde de l'artère fémorale superficielle.

Les ponctions translombaire et axillaire sont abandonnées. La ponction humérale est réalisée en cas de contre-indication à une ponction fémorale.

L'angiographie par voie veineuse qui consiste à injecter un bolus iodé par une veine périphérique au pli du coude n'est pas fiable pour servir d'examen de référence.

Le type d'acquisition et le traitement des images permettent de différencier les clichés *conventionnels* et les clichés *numériques (ou digitalisés)*. Dans le premier cas, les images sont brutes. En cas de numérisation, les clichés sont travaillés pour s'affranchir des superpositions radio-opaques ostéo-musculaires et des calcifications. Actuellement, la digitalisation de l'image s'est généralisée.

Le terme « artériographie » utilisé dans la suite du texte désigne l'artériographie conventionnelle ou l'artériographie digitalisée.

III.3. Techniques de mesure de la sténose

Le calcul d'une sténose localisée au niveau des artères des membres inférieurs nécessite d'objectiver la plus petite lumière circulante pour en mesurer le diamètre et de définir le diamètre de référence.

En théorie, une sténose artérielle devrait être explorée sur au moins deux incidences orthogonales et le calcul de son degré devrait se faire sur l'incidence où elle apparaît la plus serrée. Cependant, la diffusion fréquente des lésions dans l'AOMI ne permet pas de multiplier les incidences pour chacune des lésions. Par ailleurs, le choix du diamètre de référence pose un problème en cas de lésions diffuses ou en cas de lésions situées au niveau d'une bifurcation artérielle.

Dans les publications méthodologiquement correctes portant sur la comparaison entre ED et artériographie, le degré de sténose correspond au rapport entre le diamètre le plus étroit au niveau de la sténose et le diamètre de l'artère adjacente à la lésion considérée comme saine sur l'artériographie (segment proximal ou distal) (9-19).

III.4. Reproductibilité des mesures

La reproductibilité de la lecture de l'artériographie digitalisée a fait l'objet d'une étude prospective spécifique par Koelemay en 2001 (20). Par ailleurs, cinq auteurs incluaient l'analyse de la reproductibilité des lectures angiographiques dans leur publication (9,17,21-23).

Koelemay (20) a étudié la reproductibilité de l'analyse par artériographie digitalisée des *artères poplitées, artères de jambe et artères du pied* de 48 patients, dont 43 en ischémie critique. Quatre observateurs indépendants (3 chirurgiens et 1 radiologue) devaient classer les segments artériels en 4 catégories (3 catégories lésionnelles de sévérité croissante : perméabilité, pathologie sévère, occlusion ou non interprétable). Les observateurs devaient alors proposer un traitement (médical, angioplastie, chirurgie, amputation primaire) ou non en fonction de leur interprétation de l'artériographie.

Le kappa (k) était le test de concordance interobservateurs utilisé. La concordance était qualifiée de faible ($k < 0,20$), de médiocre ($k < 0,40$), de moyenne ($k < 0,60$), de bonne ($k < 0,80$) ou d'excellente ($k > 0,80$).

La proportion de segments non interprétables variait de 0 % à 8 % pour les artères poplitées et les artères de jambe et de 15 % à 32 % pour les artères du pied. La concordance interobservateurs globale était modérée pour l'artère poplitée sus-articulaire ($k = 0,59$), bonne pour l'artère poplitée sous-articulaire ($k = 0,67$), modérée pour les artères de jambe (k variant de 0,44 à 0,60) et médiocre à modérée pour les artères du pied (k variant entre 0,27 et 0,52). Par ailleurs, la corrélation variait en fonction de la sévérité des lésions, médiocre à modérée pour les lésions « sévères », bonne à excellente pour les segments « perméables » et les segments « occlus ».

La concordance thérapeutique globale était médiocre ($k = 0,33$).

Pour Koelemay, il était important de prendre en compte cette variabilité inter-observateurs de l'artériographie pour l'exploration des lésions sous-poplitées dans

l'évaluation comparative des techniques non invasives, particulièrement dans le cas des lésions « sévères mais non occluses ».

Cinq auteurs incluaient l'analyse de la reproductibilité des lectures angiographiques dans leur publication.

Dans le travail de Lundin en 2000 (9), les artériographies des *axes iliaques* de 39 patients étaient lues par 2 observateurs. Le nombre total de segments était de 273 et les lésions observées étaient classées en 3 catégories. La variabilité interobservateurs était bonne ($k = 0,87$).

Dans l'étude prospective de Leng en 1993 (17), le degré de 30 sténoses *fémoro-poplitées* explorées par artériographie chez 28 patients était calculé par 3 observateurs indépendants. La concordance entre deux observateurs était bonne (coefficient de corrélation intraclasse : $r = 0,71$; $r = 0,77$; $r = 0,84$ pour chaque paire), bien que les mesures individuelles aient pu varier jusqu'à 30 %. Il n'existait pas de différence significative entre les résultats des 3 observateurs ($p = 0,78$), ce qui indiquait l'absence de différence systématique de cotation pour un observateur donné.

Le travail de Larch en 1997 (21) s'intéressait à l'analyse des *axes de jambe* chez 69 patients. Deux observateurs indépendants graduaient les lésions observées en 3 classes. Chaque artère était segmentée en 3, le test kappa traduisant l'agrément interobservateurs était de 0,87 pour l'artère tibiale postérieure, de 0,79 pour l'artère tibiale antérieure, et de 0,52 pour la péronière.

Dans le travail prospectif rapporté par Strandness en 1988 (22), 2 radiologues interprétaient indépendamment les artériographies de 30 patients. Le réseau artériel d'un membre inférieur était segmenté en 7, les lésions étaient classées en 5 catégories. L'agrément tous segments confondus était de 76 %. Par segment, l'agrément était de 70,4 %.

Dans le travail de Jäger en 1985 (23), les artériographies des MI, correspondant à 257 segments artériels, étaient lues par 2 observateurs et classées selon la sévérité des lésions en 5 catégories. L'interprétation était concordante pour 70 % des segments ($k = 0,63$).

III.5. Complications

III.5.1. Origine

Les risques de l'artériographie sont liés au produit de contraste iodé, à la ponction et au cathétérisme de l'axe iliaque et à l'irradiation.

L'iode est néphrotoxique : une vérification de la fonction rénale est systématique avant l'examen et en cas d'insuffisance rénale, une prise en charge néphrologique entoure l'examen. L'iode induit une surcharge volémique pouvant être mal tolérée en cas d'insuffisance cardiaque ou coronaire. En cas de prise de metformine, il existe un risque d'acidose lactique : une modification récente de la notice recommande d'interrompre le traitement avant ou au moment de l'injection de produit iodé et de ne reprendre le traitement qu'après 48 heures et après vérification de la fonction rénale. Bien que de physiopathologie discutée, les réactions allergiques vraies pouvant aller jusqu'au choc anaphylactique à l'iode existent et le dépistage d'une réaction allergique antérieure est indispensable.

Les complications vasculaires sont liées soit à la ponction artérielle elle-même, soit au cathétérisme d'artères le plus souvent pathologiques, responsables de traumatismes artériels et de complications emboliques. L'injection par voie veineuse entraîne rarement des complications au point de ponction.

Nous n'avons pas identifié d'étude évaluant le risque radique d'une artériographie des membres inférieurs.

III.5.2. Incidence des complications de l'artériographie des membres inférieurs

Aucune étude récente analysant prospectivement le type et la fréquence des complications rencontrées au décours d'une artériographie des MI n'a pu être identifiée.

La majorité des études retrouvées n'a pas pu être utilisée. Les études anciennes ne reflètent pas le risque actuel car les techniques d'examen ont changé (contrôle par échographie-Doppler du trépied fémoral et de l'axe iliaque avant l'artériographie pour vérifier la qualité du chenal à cathétériser, miniaturisation du matériel de ponction, disparition des voies translombaire et axillaire, amélioration de l'osmolarité des produits de contraste, digitalisation).

Un travail prospectif était ciblé sur l'évaluation de la morbidité de l'artériographie (8). Sur les 549 patients suivis dans cette étude, le nombre de patients explorés pour claudication et ischémie critique n'était pas précisé. Le taux de complication majeure était de 2,9 % pour les deux indications cumulées.

Trois études rétrospectives de bonne qualité ont également été retenues (24-26).

L'étude rétrospective de Schindler (24) portait sur 244 artériographies réalisées entre 1994 et 1998 pour ischémie critique (78 %), claudication (9 %) ou autre indication (13 %). Le taux de mortalité était de 0,4 % (1 patient) et le taux de complications majeures s'élevait à 2,9 % (7 patients) (mise en route d'une dialyse : 2 cas, insuffisance cardiaque : 1 cas, angor avec hypotension : 1 cas, hématome chirurgical au point de ponction : 1 cas, occlusion de prothèse fémoro-tibiale : 1 cas, accident ischémique transitoire : 1 cas).

Parmi les études qui rapportaient dans une même publication les complications observées après artériographie de territoires périphériques différents (membres inférieurs, artères rénales, troncs supra-aortiques) ou de territoires périphériques et cardiaques, seule l'étude rétrospective de Aburahma en 1993 (25) a permis d'isoler les complications de 376 artériographies des membres inférieurs réalisées en 1989. Les complications locales (8,7 %) incluaient les hématomes mineurs (5,1 %), les hématomes majeurs (2,1 %), les traumatismes vasculaires (thrombose, embolie, dissection et perforation) (0,5 %) et les lésions traumatiques neurologiques (2,7 %). Les complications générales étaient cardiaques (1,6 %) ou rénales (1,9 %). La mortalité s'élevait à 0,8 %.

L'étude de Chaigneau en 1990 (26) incluant 104 aorto-artériographies réalisées chez des sujets de plus de 70 ans, signalait sur les 88 ponctions fémorales réalisées trois dissections, une thrombose artérielle, aucun hématome. Aucune complication générale n'était mentionnée.

Les études plus récentes rapportaient les complications après artériographie couplée dans le même temps à un geste de revascularisation interventionnelle.

L'artériographie n'est actuellement plus réalisée à titre purement diagnostique : les recommandations portant sur l'AOMI émises par l'*American Heart Association* (AHA) en 1996 ne prenaient pas en compte l'artériographie à visée exploratoire (27).

III.6. Minimum requis de l'artériographie

La technique angiographique de référence pour l'exploration des artères des membres inférieurs est l'artériographie digitalisée avec réalisation des incidences multiples.

L'examen doit comporter la visualisation de l'aorte jusqu'aux artères sous-poplitées. Des clichés complémentaires non soustraits sont indispensables pour fournir un repérage anatomique des lésions observées.

La sténose devrait être explorée selon au moins deux incidences orthogonales.

Le degré de sténose doit être exprimé en rapport de diamètre. Son mode de calcul doit être explicite dans le compte-rendu.

III.7. Synthèse

L'artériographie des membres inférieurs est considérée comme l'examen de référence pour l'évaluation anatomique des lésions artérielles des membres inférieurs.

L'exploration artériographique d'une sténose devrait se faire sur deux incidences orthogonales, le degré de la sténose étant calculé en diamètre sur l'incidence où elle apparaît la plus serrée. Le diamètre de référence choisi devrait être précisé. Cependant, la diffusion des lésions, fréquente au cours de l'AOMI, ne permet pas toujours de multiplier les incidences.

La reproductibilité de lecture des artériographies a fait l'objet d'études récentes, Lundin en 2000 (9), Koelemay en 2001 (20). Si la reproductibilité interobservateurs est satisfaisante pour les axes proximaux et les diagnostics soit d'occlusion, soit de perméabilité, Koelemay souligne la variabilité observée pour les lésions distales intermédiaires (non occlusives). Cette constatation devrait amener à pondérer les résultats des études qui évaluent les techniques non invasives en comparaison à l'artériographie, particulièrement dans le cas des lésions non occluses et distales.

Les complications de l'artériographie proviennent du caractère invasif de l'examen. Le taux de mortalité dans notre analyse de littérature est en moyenne inférieur à 0,5 %, et les complications graves peuvent atteindre 2,9 %. Pour le groupe de travail, le risque actuel lié à la réalisation d'une artériographie est probablement inférieur aux chiffres indiqués ci-dessus, du fait de la miniaturisation du matériel de cathétérisme et des précautions médicales entourant l'examen (hydratation, modification du traitement en cours, en particulier chez les diabétiques, diminution de la toxicité des produits de contraste, respect des contre-indications).

Actuellement, grâce à l'ED et aux nouveaux examens non invasifs, l'artériographie n'est plus réalisée à titre purement diagnostique. De ce fait, l'étude prospective des complications ne pourrait actuellement se concevoir que chez des patients nécessitant une artériographie avant revascularisation, et n'ayant pas d'indication à une revascularisation interventionnelle dans le même temps que l'artériographie.

IV. ÉVALUATION DE L'IPS DANS L'AOMI

La mesure de la pression systolique à la cheville et le calcul de l'IPS font appel à une technique ultrasonore (Doppler continu de haute fréquence) et complètent les informations fournies par l'ED.

Dans la publication princeps de Carter en 1968 (28), la mesure de la pression est basée sur la pléthysmographie donnant une évaluation globale de la pression systolique à la cheville. Par la suite, l'utilisation du Doppler continu a nécessité de choisir le ou les sites artériels d'enregistrement.

IV.1. Définition

L'index de pression systolique est le rapport entre la pression systolique mesurée en un site du réseau artériel du MI et la pression systolique brachiale. L'index le plus utilisé est le rapport entre la pression systolique mesurée à la cheville et la pression systolique brachiale (IPS bras-cheville), désigné par IPS dans la suite du rapport.

Il renseigne sur la qualité de la perfusion sanguine à la cheville et évalue le retentissement hémodynamique des éventuelles lésions artérielles d'amont. Il ne fournit pas d'imagerie.

La mesure des pressions systoliques segmentaires le long du MI (cuisse, mollet, cheville) renseigne sur le niveau de l'obstacle artériel (iliaque, fémoro-poplitée, jambier) (4). Cette mesure est peu pratiquée en France et n'a pas été abordée dans ce rapport.

IV.2. Mesure de l'IPS

IV.2.1. Technique

La pression systolique brachiale peut être mesurée au bras droit ou au bras gauche. Cette mesure peut faire appel à différents instruments (cf. IV.2.2. Variabilité du matériel utilisé).

La pression systolique à la cheville nécessite la mise en place d'un brassard à tension au-dessus de la cheville et l'utilisation d'une sonde de Doppler continu de haute fréquence qui enregistre le signal émis par l'artère tibiale postérieure rétromalléolaire, l'artère tibiale antérieure intermalléolaire, l'artère péronière ou l'artère pédieuse. On peut donc calculer théoriquement 8 valeurs d'IPS pour chaque MI.

Le brassard est gonflé jusqu'à ce que le signal disparaisse puis est dégonflé très progressivement jusqu'à la réapparition du signal. La valeur de la pression en mmHg au moment où le signal réapparaît correspond à la valeur de la pression systolique de l'artère enregistrée.

La prise des pressions et le calcul des IPS peuvent être réalisés avant puis après une épreuve d'effort à la recherche d'une chute des pressions distales. L'épreuve la mieux standardisée est l'épreuve de marche sur tapis roulant. D'autres alternatives ont été proposées, sans protocole précis, telles que marche dans le couloir, inflation d'un brassard de pression à la cuisse, etc (4).

IV.2.2. Variabilité du matériel utilisé

L'impact du type de matériel utilisé pour mesurer la pression brachiale a été analysé dans deux études.

Les résultats d'une enquête téléphonique (29) menée auprès de 41 personnes amenées à mesurer les IPS dans leur activité quotidienne dans 31 hôpitaux montraient la diversité des instruments de mesure utilisés pour prendre la pression artérielle brachiale : 27 utilisaient une sonde Doppler et un sphygmomanomètre, 1 un Dinamap®, et 13 un stéthoscope et un sphygmomanomètre. Les IPS de 14 patients étaient alors calculés avec chacune de ces méthodes. Le chiffre de pression artérielle systolique brachiale était significativement plus bas avec le Dinamap® qu'avec les deux autres méthodes. La moyenne des IPS calculés était statistiquement plus élevée en utilisant le Dinamap®.

Dans le travail de Gardner (30), la mesure de l'IPS était effectuée, chez 50 patients claudicants, à la cheville du MI le plus symptomatique. La pression brachiale était mesurée par Doppler, méthode auscultatoire (stéthoscope) ou méthode oscillométrique (Dinamap®). La pression brachiale ne différait statistiquement pas entre les différentes techniques de mesures ($p = 0,954$) et les valeurs correspondantes des IPS étaient similaires ($p = 0,922$).

IV.2.3. Variabilité des protocoles de mesure

Dans la littérature, il existe un éventail dans le choix de la pression systolique brachiale et de la pression systolique à la cheville retenues pour le calcul d'un IPS.

— *Dans les études cliniques*

La pression brachiale retenue pour le calcul de l'IPS variait selon les auteurs :

- la pression artérielle brachiale droite (30,31) ;
- la valeur la plus élevée entre le bras droit et gauche, qu'il s'agisse de la valeur absolue ou d'une valeur moyenne de plusieurs mesures de pressions au bras droit et au bras gauche (28,32-37) ;
- la valeur moyenne de plusieurs mesures de pressions sans autre précision (38,39) ;
- le chiffre choisi n'était parfois pas précisé (40-45).

Pour la pression à la cheville, les auteurs mesuraient :

- la pression tibiale postérieure et pédieuse, et retenaient le chiffre le plus élevé (30,32,35-37,45-47) ;
- la pression tibiale postérieure et pédieuse et ne précisaient pas le chiffre retenu (28,33) ;
- la pression tibiale postérieure (40,41) ;
- la pression tibiale postérieure et pédieuse (plusieurs mesures) au niveau d'une extrémité et établissaient la moyenne des chiffres obtenus (42,48) ;
- la pression tibiale postérieure (3 mesures) et établissaient la moyenne des chiffres obtenus (38,39) ;
- le chiffre choisi n'était parfois pas précisé (34,43,44).

— *Dans les études épidémiologiques*

Dans ces études, une seule valeur d'IPS est attribuée à un individu :

- McKenna et Ogren utilisaient la pression artérielle brachiale la plus élevée et l'IPS le plus bas des IPS ainsi calculés (49,50) ;
- Aquino retenait la pression artérielle brachiale la plus élevée et la pression la plus élevée des pressions tibiales postérieure et pédieuse (51) ;
- Vogt établissait la moyenne de deux mesures de pression humérale et de deux mesures de pression tibiale postérieure pour chaque MI et retenait l'IPS le plus faible (52) ;
- Leng retenait l'IPS le plus faible (53) ;
- Vogt établissait la moyenne pour chaque membre inférieur les valeurs de pression tibiale antérieure et tibiale postérieure, divisait cette valeur par la pression brachiale la plus élevée et conservait l'IPS le plus bas (54) ;
- O'Riordain mesurait les pressions tibiales postérieure, pédieuse et péronière au niveau de chaque MI et rapportait la valeur la plus haute à la pression brachiale la plus élevée, puis conservait l'IPS le plus bas entre les deux membres inférieurs (55) ;
- le chiffre choisi n'était parfois pas précisé (56).

Cette hétérogénéité des protocoles de mesure a été soulignée par Hiatt (57) et McDermott (58). Pour McDermott (58), l'IPS le plus faible, calculé en établissant la moyenne des pressions tibiales postérieure et pédieuse pour chaque MI et en retenant le chiffre le plus faible, était le plus représentatif de l'activité fonctionnelle du membre inférieur.

IV.2.4. Reproductibilité

Quatre études ont fourni des renseignements sur la reproductibilité de la mesure de l'IPS.

L'étude de De Graaff en 2001 (37) portait sur 54 patients chez qui les IPS étaient mesurés par trois observateurs indépendants A, B, C. À J1, l'IPS était mesuré par l'observateur A (deux mesures A1 et A2) et l'observateur B (une mesure). Une semaine après, l'IPS était mesuré par l'observateur A (une mesure A3) et l'observateur C (une mesure). La variabilité intra-observateur était calculée entre A1 et A2 (même jour) et A1 et A3 (une semaine d'écart), et la variabilité interobservateurs était calculée entre A1 et B (même jour) et B et C (une semaine d'écart). Elle était appréciée par le coefficient de corrélation intraclass. La variabilité intraobservateur à J1 était de 0,98 et à une semaine était de 0,89. La variabilité interobservateurs à J1 était de 0,92 et à une semaine était de 0,87.

Dans l'étude de McDermott (58), 2 observateurs indépendants mesuraient les IPS chez 20 patients (12 artériopathes et 8 sujets sains) : la valeur moyenne des IPS pour chacun des observateurs était respectivement de 0,79 et 0,76 (coefficient de Pearson de 0,93).

L'étude prospective de Hiatt (59) portait sur 20 patients claudicants réalisant 6 fois une épreuve d'effort sur tapis roulant (3 à 3,2 km/h et 3 à 4,8 km/h). Les IPS étaient mesurés avant et après l'épreuve et seul le MI le plus atteint était retenu. La reproductibilité des mesures pour un même malade avant et après chaque type d'épreuve était évaluée par la déviation standard et un coefficient de variation. Au

repos, la déviation standard était de 0,08 et le coefficient de variation était de 11 %. Après les épreuves sur tapis roulant, la déviation standard et le coefficient de variation étaient respectivement de 0,07 et 17% pour une vitesse de 2 mph, et de 0,05 et 12 % pour une vitesse de 3 miles par heure.

Dans l'étude de Ouriel (32), 5 mesures consécutives des IPS étaient réalisées à 30 jours d'intervalle sur 10 patients claudicants (soit 20 MI) par le même observateur : la déviation standard relative était de 9,5 %.

IV.3. Détermination de la valeur normale et des valeurs pathologiques

IV.3.1. Valeur normale

La valeur normale de l'IPS était déterminée à partir d'une population de sujets asymptomatiques sans facteur de risque vasculaire ou à partir du MI angiographiquement sain d'un patient exploré. Les valeurs retenues sont rapportées dans le *tableau 2* : elles varient entre 0,97 et 1,31.

Dans une étude prospective de 403 sujets à faible risque cardio-vasculaire, Hiatt (57) montrait qu'au repos l'IPS était plus élevé chez les hommes que chez les femmes, qu'il était supérieur au niveau de l'artère tibiale postérieure par rapport à l'artère pédieuse et qu'il était supérieur au MID par rapport au MIG. À l'effort, l'IPS était plus élevé chez les hommes que chez les femmes et l'IPS du MID était plus élevé que l'IPS du MIG.

Ces différentes études montrent qu'il n'existe pas de valeur seuil précise pour distinguer IPS normal et IPS pathologique.

IV.3.2. Valeurs pathologiques

La détermination des valeurs pathologiques de l'IPS a été réalisée à partir de paramètres de référence variables : présence ou non d'une lésion athéroscléreuse, type de lésion athéroscléreuse (sténose ou occlusion), topographie de la lésion (étage iliaque ou fémoro-poplité), stade clinique. Les études identifiées dans la littérature sont rapportées dans le *tableau 3* (28,32,33,37,38,41-43,60,61).

Pour Hirai (43), il existait une différence significative entre la valeur moyenne des IPS chez les sujets normaux ($1,18 \pm 0,08$) et chez les sujets porteurs d'une AOMI angiographique ($0,62 \pm 0,15$). Pour Yao (61), il existait une corrélation significative entre la valeur de l'IPS et le stade clinique ; Ouriel (32) montrait que la valeur des IPS différait statistiquement entre les sujets normaux ($1,1 \pm 0,01$), les claudicants ($0,62 \pm 0,01$) et les patients porteurs de douleur de décubitus ou de troubles trophiques ($0,46 \pm 0,02$).

IV.3.3. Valeur seuil de l'IPS pour le diagnostic d'artériopathie

La valeur seuil de l'IPS retenue dans les études cliniques pour porter le diagnostic d'AOMI ou utilisée dans les études épidémiologiques pour évaluer la prévalence de la maladie ou la valeur pronostique de l'IPS variait en fonction des auteurs :

- $\leq 0,80$: Criqui 1985 (62) ;
- $\leq 0,85$: McKenna 1991 (49), Dormandy 1991 (63) ;

- $\leq 0,90$: Fowkes 1992 (64), Ögren 1993 (50), Leng 1996 (53), Newman 1993 (56), Simon 2000 (39), McDermott 2000 (58) ;
- $\leq 0,95$: Hiatt 1992 (48) ;
- $\leq 0,97$: Gardner 1998 (30) ;
- ≤ 1 : Baxter 1993 (33).

Pour Boccalon (47), l'IPS normal était compris entre 1 et 1,3. Entre 0,75-1,00, il reflétait une artériopathie bien compensée, entre 0,40-0,75 une artériopathie moyennement compensée, et sous 0,40 (ou pression systolique à la cheville < 50 mmHg) une artériopathie de retentissement sévère.

IV.4. Performance diagnostique

Dans 8 études, les auteurs ont recherché la performance de l'IPS pour diagnostiquer la présence d'une lésion artérielle. Les chiffres de sensibilité et de spécificité rapportés sont très variables (*tableau 4*).

- Pour distinguer un MI sain d'un MI pathologique, un IPS $< 0,97$ permettait d'obtenir une sensibilité de 97 % et une spécificité de 100 % pour Ouriel (32).
- Pour détecter une sténose $>$ ou ≥ 50 % et/ ou une occlusion,
 - un IPS $< 0,98$ permettait d'obtenir une sensibilité de 85 % et une spécificité de 85 % pour Lijmer (35),
 - un IPS < 1 permettait d'obtenir une sensibilité de 100 % et une spécificité de 40 % pour Baxter (33). Dans le même travail, Baxter montrait qu'il n'y avait pas de différence significative entre les IPS des sujets normaux et les IPS des patients ayant une sténose fémoro-poplitée.

Pour Carter (28), 5/25 MI ayant une sténose angiographique sévère et 4/9 MI ayant une sténose modérée avaient un IPS $> 0,98$, considéré comme normal par l'auteur.

IV.5. Limites

Les limites de l'IPS dans leur performance diagnostique ont été soulignées par Carter (28).

La valeur de la pression systolique à la cheville n'est pas mesurable si les artères sont calcifiées (diabète, insuffisance rénale chronique) car elles sont incompressibles. La mesure de la pression systolique au gros orteil par pléthysmographie représente la seule modalité de prise de pression distale lorsque les artères sont incompressibles (ALFEDIAM 1997) (65).

Un IPS peut être normal malgré une occlusion tibiale antérieure et tibiale postérieure si la péronière est normale.

Pour Bollinger (40), l'IPS n'avait pas de valeur localisatrice de la lésion : il n'existait pas de différence significative entre les pressions à la cheville (Tpost) chez 12 patients ayant une occlusion isolée iliaque ($74,9 \pm 16$ mmHg) et chez 12 patients ayant une occlusion isolée fémorale superficielle ($83,1 \pm 10,4$ mmHg).

IV.6. Utilisation pratique

IV.6.1. Valeur de l'IPS et définitions de l'AOMI

La variabilité des protocoles de mesure et des valeurs d'IPS retenues dans la littérature pour le diagnostic d'une artériopathie montre qu'il n'y a pas de technique de mesure ni de valeur consensuelle de l'IPS pour le diagnostic d'AOMI, comme il en existe par exemple une pour le diagnostic de l'hypertension artérielle.

Dans les recommandations de la *Society of Vascular Surgery/International Society for Cardiovascular Surgery*, l'IPS au repos n'était pas retenu comme critère diagnostique de l'artériopathie chronique. La définition des différents stades faisait appel à la valeur absolue de la pression à la cheville ou à sa chute à l'effort (1,2). Rutherford privilégiait la pression absolue à la cheville par rapport à l'IPS pour définir les niveaux d'ischémie chronique, car cette valeur était un meilleur reflet de la pression exacte de perfusion à la cheville.

Dans les recommandations de l'AHA, Weitz (27) soulignait que l'artériopathie asymptomatique était généralement définie par un IPS au repos $<$ ou égal à 0,9 mais avec des extrêmes allant de $< 0,8$ à $< 0,97$ dans la littérature.

Dans le document du *TASC Working Group*, les auteurs notaient que la valeur seuil de l'IPS pour le dépistage d'une artériopathie au sein d'une large population était de 0,9 au repos. Cependant aucune recommandation ne fixait la valeur seuil de l'IPS pour le diagnostic de l'artériopathie à partir de ces valeurs (4).

En cas d'artère incompressible ($IPS > 1,3$ ou $1,5$ selon les références), il est recommandé de compléter l'examen en prenant la pression du gros orteil par pléthysmographie (avis du groupe de travail).

IV.6.2. IPS et orientation dans la prise en charge thérapeutique de l'AOMI

Boccalon a proposé un algorithme à partir de la clinique (classification de Leriche et Fontaine) et de la mesure de l'IPS pour orienter le traitement du claudicant (47), mais il n'existe pas de consensus.

En revanche, la pression systolique absolue à la cheville fait partie des différentes définitions de l'ischémie critique (1,2,7) qui nécessite chaque fois que cela est possible un geste de revascularisation.

IV.6.3. Surveillance d'un patient porteur d'une AOMI

Dans les recommandations de la SVS/ISCS, les éléments de surveillance clinique des patients comportaient la mesure de l'IPS (2).

Cependant, après pontage fémoro-poplitée, plusieurs auteurs montraient que la surveillance isolée de l'IPS (chute de 0,15 à 0,20) manquait de sensibilité pour dépister les pontages à risque d'occlusion ou porteurs d'une sténose serrée (66-71).

IV.6.4. IPS et valeur pronostique

La valeur de l'IPS est un facteur indépendant de surmorbimortalité cardiovasculaire et le risque est d'autant plus important que l'IPS est plus bas.

Neuf études illustrant cet aspect sont rapportées dans le *tableau 5* (45,49-53,55,56,63).

IV.7. Synthèse

L'index de pression systolique (IPS) est le rapport entre la pression systolique mesurée en un site du réseau artériel du MI (habituellement la cheville) et la pression systolique brachiale. Actuellement, la mesure de l'IPS est réalisée le plus souvent à l'aide d'un brassard et d'un Doppler continu à haute fréquence.

Les protocoles de mesure de l'IPS sont variables en fonction des équipes et de leurs objectifs : dans les études épidémiologiques, le protocole de mesure a pour but d'attribuer une seule valeur d'IPS à un individu, alors que lors du suivi clinique individualisé du patient, plusieurs mesures d'IPS peuvent être calculées pour un MI.

L'IPS n'a pas valeur de localisation de l'obstacle car il est la résultante des pertes de charges pressionsnelles globales sur l'ensemble de l'arbre artériel.

L'IPS est utilisé pour porter le diagnostic d'artériopathie. La valeur seuil est le plus souvent définie par un $IPS < 0,9$, mais avec des extrêmes allant de 0,8 à 0,97 (Weitz 1996) (27).

En pratique clinique, l'IPS est également utilisé pour la surveillance des patients porteurs d'une artériopathie. Enfin, l'IPS est un marqueur indépendant de sur-morbimortalité cardiovasculaire.

Au total, l'IPS contribue à orienter la démarche diagnostique et thérapeutique du patient ayant une AOMI en complétant les informations fournies notamment par la clinique et l'échographie-Doppler.

V. ÉVALUATION DE L'ÉCHOGRAPHIE-DOPPLER DANS L'AOMI (CHIRURGIE ET ANGIOPLASTIE EXCLUES)

Ce chapitre concerne l'AOMI non opérée et a pour but de déterminer les critères de diagnostic des sténoses et d'évaluer la reproductibilité et la performance de l'ED dans le diagnostic des sténoses et des occlusions artérielles des membres inférieurs.

L'évaluation de l'ED appliqué à la décision, à la réalisation et à la surveillance des pontages et des gestes de revascularisation endoluminale est traitée dans les chapitres ultérieurs.

V.1. Méthodologie

L'essentiel de la littérature consacrée à l'évaluation de l'ED dans la quantification du degré de sténose dans l'AOMI consiste en des études comparatives à l'angiographie. L'exploration par ED permet également d'analyser les parois artérielles et de caractériser les plaques, en décrivant leur échogénicité, l'homogénéité et la régularité de leur versant endoluminal, ainsi que leur diffusion. Ces paramètres, qui n'ont pas été spécifiquement étudiés dans des études de méthodologie correcte, ne sont pas traités dans ce rapport.

Deux types d'articles ont été étudiés : ceux visant à déterminer les critères optimaux pour le diagnostic de sténose et d'occlusion et ceux évaluant la performance de critères vélocimétriques donnés pour ce diagnostic.

Pour déterminer les *critères diagnostiques utilisés en ED* pour le diagnostic des sténoses et des occlusions *versus* l'artériographie, les articles devaient répondre aux 5 critères suivants : *étude prospective, lecture indépendante de l'artériographie et de l'ED, technique par échographie-Doppler pulsé ou échographie-Doppler pulsé et couleur, artériographie réalisée selon plusieurs incidences au moins sur les axes iliaques, mode de calcul du degré de sténose.*

Pour déterminer la *performance de l'ED* pour le diagnostic des sténoses et des occlusions *versus* l'artériographie, les articles devaient répondre aux 5 critères cités plus haut, et devaient expliciter les *critères diagnostiques utilisés.*

La comparaison des différentes études est délicate : les auteurs divisent l'artère qu'ils évaluent en plusieurs segments d'importance variable. La multiplication des mesures augmente de façon artificielle le nombre de segments normaux et provoque un biais qui tend à surestimer les résultats présentés.

V.2. Description de la technique

L'ED utilise les ultrasons : cette exploration donne des renseignements morphologiques et vélocimétriques dont la combinaison est utilisée pour quantifier une sténose.

La sonde d'ED est posée sur la peau en regard de la région où passe l'axe artériel à explorer. Cette sonde émet puis recueille des ultrasons de longueur d'onde adaptée à l'examen. La réflexion de ce faisceau d'ultrasons sur des tissus de natures différentes fournit en temps réel une image en coupe, dynamique, en noir et blanc : il s'agit de *l'imagerie en mode B*. La paroi de l'artère apparaît comme un liseré échogène fin et régulier qui la délimite par rapport aux tissus environnants. La présence d'une sténose modifie cet aspect. La lumière d'une artère est normalement vide d'écho : elle apparaît en noir sur l'écran. Le plan de coupe dépend de la position de la sonde sur la peau par rapport à l'axe du vaisseau. Elle peut varier en fonction du besoin de l'examen du plan perpendiculaire au plan parallèle au grand axe de l'artère.

Un faisceau d'ultrasons qui rencontre un élément mobile est réfléchi avec une longueur d'onde différente (effet Doppler-Fizeau), ce qui permet de calculer la vitesse de déplacement de cet élément. L'application de cette propriété physique à l'analyse du déplacement du sang dans le lit vasculaire a conduit au développement de plusieurs instruments de mesure utilisant l'effet Doppler. Le plus simple est le *Doppler continu* qui ne permet pas de chiffrer précisément la vitesse de circulation du sang. Le *Doppler pulsé* mesure la vitesse d'un échantillon de sang délimité par une fenêtre positionnée dans la lumière de l'artère : la valeur des vitesses enregistrées au niveau d'une sténose, en amont et en aval au cours du cycle cardiaque, est fonction du degré de cette sténose. Le *Doppler couleur* code la colonne de sang circulant dans l'artère selon une échelle de couleur liée à la vitesse et à la direction du flux sanguin. Cette cartographie couleur repère la zone d'accélération ou de turbulences générées par la sténose et aide à positionner la fenêtre du Doppler pulsé sur la zone d'accélération maximale. Elle fournit également un moule de la lumière de l'artère car seul le sang circulant est coloré : on obtient ainsi un luminogramme de l'artère. Le *Doppler puissance* code également la lumière de l'artère sans fournir de renseignement sur la direction ni sur la vitesse circulatoire. Dans des mains expérimentées, le *Doppler puissance* peut fournir

une imagerie de flux de la lumière artérielle délimitant plus finement les contours des lésions pariétales.

Par l'analyse du flux enregistré, le Doppler continu permet de faire une cartographie rapide des lésions artérielles le long des axes iliaques, fémoro-poplités et distaux, sans visualiser les lésions. L'échographie mode B couplée au Doppler pulsé, couleur et/ou puissance permet de visualiser les lésions et de calculer précisément les paramètres vélocimétriques des flux enregistrés.

Il est possible de rehausser le signal Doppler à l'aide d'un produit de contraste ultrasonore fait de microbulles encapsulées et injecté par voie veineuse (72-74). Cette pratique est en cours d'évaluation.

Les appareils d'ED commercialisés actuellement pour une application vasculaire possèdent les fonctions de Doppler pulsé et couleur associées à l'imagerie en mode B. La majorité des appareils est équipée de la fonction Doppler puissance. Ces perfectionnements technologiques ont amélioré les performances par comparaison avec les performances des premiers appareils disponibles. Le Doppler continu est intégré à l'appareil d'ED ou est indépendant.

V.3. Risques

L'exploration par ED des artères des membres inférieurs est atraumatique et peut être répétée sans préjudice physique pour le patient.

V.4. Méthode et critères de quantification des sténoses des artères des membres inférieurs

La quantification d'une sténose ou d'une occlusion en ED combine théoriquement l'analyse morphométrique de l'image et l'enregistrement de vélocités.

V.4.1. Analyse morphométrique (ou planimétrie)

Sur des coupes axiales ou longitudinales de bonne qualité, en modes B, couleur ou puissance, sont réalisées la mesure du diamètre minimal de la lumière circulante au site de la sténose et la mesure du diamètre choisi comme la référence. Par analogie avec les mesures angiographiques, ce diamètre de référence devrait correspondre au diamètre du segment artériel adjacent ou proximal d'allure normale.

Appliqué aux sténoses des membres inférieurs, ce mode de mesure pose plusieurs problèmes.

La mesure du diamètre minimal de la lumière circulante au site de la sténose est difficile au niveau d'artères profondes ou de petit calibre, en présence de calcifications. Le diamètre de référence mesuré en artériographie est défini par la colonne de produit de contraste iodé. Or l'analyse en échographie de la paroi artérielle détecte des lésions pariétales non détectées par l'artériographie. D'une part, la notion d'aspect normal de la paroi n'est pas la même en artériographie et en échographie ; d'autre part, l'échographie mesure plus facilement le diamètre externe de l'artère au site de la sténose ou au site dit sain.

Les mesures de la surface circulante résiduelle et de la surface externe de l'artère au même niveau créent une confusion dans la définition de la sténose, cette dernière étant exprimée en rapport de diamètres sur les artériographies.

Nous n'avons pas identifié d'étude validant la quantification d'une sténose en planimétrie.

V.4.2. Analyse du spectre Doppler

L'accélération et les turbulences générées par la sténose et les modifications de l'aspect de la courbe en aval de la sténose ont conduit à établir des critères quantitatifs et qualitatifs représentatifs d'un degré de sténose.

Les premiers critères, proposés par Jäger en 1985 (23), sont fondés sur l'analyse du spectre Doppler au niveau de la sténose : aspect des contours du spectre Doppler, pic systolique de vélocité maximale comparé au pic de vélocité enregistré en amont, et degré d'élargissement spectral, c'est-à-dire brillance observée entre le contour du spectre et la ligne de base de l'enregistrement. La description du spectre Doppler enregistré en aval de la sténose est très sommaire. Dans sa publication, l'auteur n'expliquait pas comment il avait défini ces critères, mais en évaluait les performances en les appliquant à une population de 30 malades. Par la suite, de nombreux auteurs ont à leur tour publié des critères de quantification.

On distingue l'analyse du spectre au niveau de la sténose et l'analyse du spectre en aval de la sténose.

— Analyse du spectre Doppler au niveau de la sténose

Parmi 11 travaux identifiés, 3 répondaient aux critères méthodologiques retenus (cf. V.1.) (17-19). Un quatrième travail, malgré l'absence de précision du critère « *lecture indépendante* », a été retenu compte-tenu de sa qualité (16). L'étude de Strauss (19) concernait une situation anatomique particulière : le diagnostic de sténose de l'artère fémorale profonde en présence d'une occlusion de l'artère fémorale superficielle.

Ces études sont rapportées dans le *tableau 6*.

Le même protocole est utilisé par les auteurs pour l'établissement de critères de vélocité visant à estimer la sévérité d'une sténose. Il s'appuyait sur une cohorte de malades ayant à la fois un ED avec enregistrement des vélocités et une angiographie où était mesurée la sténose.

Trois vitesses pouvaient être enregistrées :

- le pic systolique de vélocité (PSV) maximale et la vélocité en fin de diastole au niveau de la sténose ;
- le pic systolique de vélocité en amont de la sténose (ou en aval si la sténose était située juste après une bifurcation).

Les valeurs du PSV maximal au niveau de la sténose et du PSV en amont (ou à défaut en aval) de la sténose permettaient de calculer un ratio des vélocités systoliques (ratio PSV).

La compilation des données *quantitatives* (vitesses enregistrées et ratio de vélocités systoliques) combinée pour certaines à l'analyse *qualitative* du spectre Doppler (étude de l'aspect de l'enveloppe du spectre et de sa brillance a été rapportée aux sténoses artériographiques correspondantes, ce qui a permis de construire des courbes ROC. Pour un degré de sténose artériographique donné, la courbe ROC exprime les critères (différentes valeurs de vitesse absolue, de rapport de vitesse) permettant de faire le diagnostic de la sténose avec un couple « sensibilité-spécificité » propre à chaque vitesse considérée. La sensibilité et la spécificité évoluant inversement, le choix d'un

paramètre chiffré de vitesse dépend donc non seulement du degré de sténose que l'on veut diagnostiquer mais également de la sensibilité et de la spécificité avec lesquelles on veut faire le diagnostic.

Les seuils de sténose retenus dans ces 4 études étaient différents : 20 %, 50 %, 75 % pour De Smet (16), 50 % pour Leng (17), 50 %, 70 % et 90 % pour Sacks (18) et 30 % pour Strauss (19). Dans la majorité des études non retenues, la stratification se faisait en trois (0-49 %, 50-99 % et occlusion) ou quatre classes (0-19 %, 20-49 %, 50-99 %, occlusion).

Les différentes stratifications utilisées par les auteurs et les critères retenus qui s'y rattachent montrent qu'il n'existe pas de critère consensuel pour un degré de sténose défini applicable dans tous les centres.

— *Analyse du spectre enregistré en aval d'une sténose ou d'une occlusion*

Les modifications du spectre Doppler en aval d'une sténose ou d'une occlusion ont fait rechercher des paramètres chiffrés pour évaluer indirectement l'existence d'une sténose serrée ou d'une occlusion en amont du point d'enregistrement. Il n'est dans ce cas pas possible de différencier sténose serrée et occlusion.

L'évaluation de la modulation des tracés en distalité d'une lésion permet d'atteindre deux objectifs différents :

- soit d'aider à quantifier une sténose lorsqu'aucune collatéralité n'est possible entre la lésion et la zone d'enregistrement du signal Doppler (comme cela est proposé au niveau fémoral commun pour une sténose iliaque externe) ;
- soit d'apprécier la qualité de la collatéralité en enregistrant le signal Doppler en aval des voies de suppléance possibles (par exemple, sur les axes jambiers en cas de lésion proximale fémorale ou poplitée).

La plupart des travaux identifiés ont porté sur l'analyse du flux fémoral commun pour identifier la présence d'une sténose ou d'une occlusion iliaque du fait de la difficulté d'accès à la terminaison de l'aorte abdominale et aux axes iliaques (75-79). Deux études du même auteur (80,81) portaient sur le réseau artériel global. Ces études ne répondaient qu'au premier objectif.

Au plan méthodologique, aucune des études ne répondait aux cinq critères de sélection (cf. V.1.).

Ces études sont rapportées dans le *tableau 7*.

Les critères diagnostiques retenus étaient la valeur du PSV (75,78), du temps de montée systolique (78,80,81), du temps d'accélération (76), de la largeur du pic systolique (80), du temps de décélération (75,76), de la décélération (75) de l'index de pulsatilité (77,79,80), du flux diastolique (77,78).

Pour Kistlaar (78), les paramètres de la courbe Doppler enregistrée au niveau de la fémorale commune, en Doppler continu sans ou avec analyse spectrale, étaient comparés à l'angiographie pour le diagnostic de sténose iliaque > 50 % et à la pression intra-artérielle fémorale commune pour le diagnostic de sténose iliaque hémodynamique. Ces paramètres avaient une faible corrélation avec les deux examens de référence, y compris pour les pressions fémorales communes mesurées après épreuve d'hyperémie à la papavérine. Pour cet auteur, les meilleurs paramètres étaient le temps de montée systolique et la valeur du flux diastolique, mais il ne pouvait donner de valeur chiffrée du fait d'un important chevauchement entre les valeurs normales et pathologiques.

— *Analyse des spectres enregistrés avant puis après réalisation d'une épreuve de sensibilisation par l'effort*

Dans de nombreuses équipes, une épreuve de sensibilisation par l'effort est couramment réalisée pour améliorer la performance de l'examen :

- pour le diagnostic des sténoses intermédiaires ;
- quand la normalité de l'IPS et/ou de l'ED au repos est discordante par rapport à la clinique, afin d'identifier une lésion passée inaperçue (par exemple, sténose courte serrée isolée de l'axe iliaque) ;
- quand la sévérité des lésions détectées en ED est discordante avec l'évaluation des flux d'aval, afin d'évaluer la collatéralité, ie la qualité de la perfusion efficace.

Nous n'avons pas identifié d'études de méthodologie correcte montrant le bénéfice de cette pratique.

V.4.3. Limites de la quantification en ED des sténoses et occlusions dans l'AOMI

La quantification en ED des sténoses et occlusions dans l'AOMI se heurte à des difficultés techniques : diffusion des lésions, calcifications s'opposant à la pénétration des ultrasons, surcharge pondérale, interpositions digestives, lésions cutanées et cicatrices, œdème, mobilité limitée du patient gênant la visualisation des axes artériels. Les pièges hémodynamiques sont constitués par la présence de lésions étagées, les causes de vasodilatation périphérique (inflammation, trouble trophique, neuropathie diabétique), les causes d'hyperdébit (repos insuffisant).

V.5. Efficacité de l'ED dans le diagnostic des sténoses et des occlusions des artères des membres inférieurs

V.5.1. Reproductibilité

La reproductibilité interobservateurs de la réalisation d'un ED a fait l'objet de deux travaux prospectifs spécifiques (82,83).

Le travail de Ubbink (82) faisait intervenir 3 observateurs. Dans une première série, les observateurs A et B exploraient 25 axes aorto-iliaques (107 segments) et 26 axes fémoro-poplités (171 segments) chez 31 patients. Dans une deuxième série, les observateurs A et C exploraient 30 patients à l'étage iliaque (138 segments). Les segments étaient répartis en 4 classes (ratio PSV < 2, ratio PSV 2 à 3, ratio PSV >3, occlusion). La variabilité était importante. Pour les axes aorto-iliaques, entre les observateurs A et B, la concordance interobservateurs était de 82 %, le coefficient de corrélation interclasses était de 0,51 et le k était de 0,43 ; entre les observateurs A et C, la concordance interobservateurs était de 85 %, le coefficient de corrélation interclasses était de 0,72 et le k était de 0,53. Pour les axes fémoro-poplités, entre les observateurs A et B, la concordance interobservateurs était de 87 %, le coefficient de corrélation interclasses était de 0,85 et le kappa était de 0,73. Les tables de contingence montraient que les discordances portaient sur les ratios PSV intermédiaires [2 à 3].

Dans le travail de Winter-Warnars en 1996 (83), portant sur 41 patients claudicants, un ED était réalisé sur le MI le plus atteint par 2 observateurs indépendants ignorant les

résultats de l'artériographie. L'artériographie avait révélé 7 sténoses iliaques de plus de 50 % en diamètre, dont 5 associées à une sténose fémoro-poplitée homolatérale de plus de 50 %, 11 sténoses isolées fémoro-poplitées de plus de 50 %, et dans 11 cas, des lésions diffuses iliaques et fémoro-poplitées. L'axe ilio-fémoro-poplité était segmenté en 7, soit 248 segments analysables conjointement par les deux observateurs. L'auteur analysait pour chaque segment artériel la reproductibilité des caractéristiques du spectre Doppler et du classement des lésions selon le degré de sténose en cinq, quatre, trois ou deux catégories. Le paramètre le plus reproductible était la mesure du pic de vélocité systolique (coefficient de Pearson moyen de 0,87, variant de 0,61 à 0,97 selon les segments) alors que la reproductibilité du type de profil, de l'élargissement spectral et de la vitesse en fin de diastole était faible (respectivement 0,56, 0,20 et 0,56 en moyenne). Quel que soit le mode de classification, la reproductibilité de l'analyse de la fémorale commune était médiocre. La reproductibilité du classement en 4, 3 ou 2 catégories était correcte voire bonne pour les autres segments y compris pour l'axe iliaque. La détection des occlusions était très reproductible ($k = 0,9$) sauf pour la fémorale commune. En conclusion de ce travail, l'auteur préconisait une simplification des critères diagnostiques en insistant sur un classement en 4 catégories basé sur la mesure du PSV (sténose entre 0 et 19 %, sténose entre 20 et 49 %, sténose entre 50 et 99 %, occlusion).

Trois auteurs Koelemay (84), Leng (17) et Strauss (19) incluaient une analyse moins détaillée de la reproductibilité de l'ED dans leur publication.

L'examen chez 5 patients des artères de jambe (60 segments) et des artères du pied (15 segments) par deux observateurs (84) révélait une bonne reproductibilité pour les artères de jambe ($k = 0,66$) et une reproductibilité excellente pour les artères du pied ($k = 0,91$).

Leng en 1993 (17) analysait la reproductibilité des mesures effectuées par deux observateurs chez 28 patients porteurs de 30 sténoses fémoro-poplitées puis chez 17 d'entre eux à 2 semaines d'intervalle par ces mêmes observateurs. Pour le ratio PSV, la reproductibilité interobservateurs était bonne ($r = 0,88$) alors que la reproductibilité intra-observateur était modérée ($r = 0,53$). Dès lors que le ratio était > 3 (c'est-à-dire pour le diagnostic d'une sténose d'environ plus de 50 % en diamètre) les reproductibilités inter et intra-observateurs étaient très bonnes ($k = 0,8$ et $k = 0,7$). La reproductibilité dans l'analyse de la forme du spectre et de son élargissement était faible.

Dans une étude portant sur les sténoses fémorales profondes en cas d'occlusion fémorale superficielle associée, Strauss en 1991 (19) montrait que la mesure du PSV effectuée à 5 ± 3 jours d'intervalle par le même observateur chez 20 malades avait une déviation standard de 22 cm/sec pour une vélocité moyenne de 210 m/sec. La corrélation était hautement significative entre les deux mesures ($r = 0,96$, $p < 0,001$).

V.5.2. Performance de l'ED

Les articles sélectionnés pour déterminer la performance de l'ED pour le diagnostic des sténoses et des occlusions *versus* l'artériographie devaient répondre aux 6 critères définis au chapitre V.1. Méthodologie.

Chaque fois que les données le permettaient, la performance de l'ED a été rapportée ou recalculée pour les sténoses et pour les occlusions car la distinction entre sténose et occlusion est devenue importante dans la stratégie et la décision thérapeutique avec le développement des techniques de revascularisation endoluminale.

Sur 40 études analysées, 8 répondaient aux critères de sélection retenus (9-15,84). L'étude de Jäger (23) est citée à titre historique. Les résultats détaillés figurent dans le *tableau 8*. Les auteurs rapportaient leurs résultats en fonction du type de lésion (sténose, occlusion, ou les deux confondues), du site examiné, en fonction de lésions associées.

Une synthèse de ces résultats est rapportée dans le *tableau 9* ci-dessous.

Tableau 9. Échographie-Doppler : synthèse des performances globales.

Lésion	Matériel d'étude	Sensibilité (en %)	Spécificité (en %)	Auteur
Sténose ≥ 50 %	Tous segments confondus (iliaque et fémoro poplité)	58	97,5	Allard 1994 (12)
	Axe iliaque	58	97	Lundin 2000 (9)
	Axe fémoro poplité	100	94	Linke 1994 (13)
	Artères de jambe, Artère(s) du pied	43	98	Karacagil 1996 (11)
Occlusion	Tous segments confondus (iliaque et fémoro poplité)	97,5	99	Allard 1994 (12)
	Axe iliaque	93	99,5	Lundin 2000 (9)
	Axe fémoro poplité	74	100	Linke 1994 (13)
	Artère poplitée, Artères de jambe, Artère(s) du pied	53 à 81	76 à 96	Koelemay 1998 (84)
	Artères de jambe, Artère(s) du pied	85	82	Karacagil 1996 (11)
Sténose ≥ 50 % et occlusion	Tous segments confondus (iliaque et fémoro poplité)	74	96	Allard 1994 (12)
	Axe iliaque	72	97	Lundin 2000 (9)
	Axe iliaque	63	85	Wikstrom 2000 (10)
	Axe iliaque	83	96	Allard 1994 (12)
	Axe iliaque	88	97	Moneta 1993 (14)
	Axe iliaque	89	99	Moneta 1992 (15)
	Artère fémorale commune	76	99	Moneta 1992 (15)
	Artère fémorale profonde	83	97	Moneta 1992 (15)
	Axe fémoro poplité	93	100	Moneta 1993 (14)
	Axe fémoro poplité	95	96	Linke 1994 (13)
	Axe fémoro poplité	93	90	Allard 1994 (12)
	Artère fémorale superficielle	87	98	Moneta 1992 (15)
	Artère poplitée	67	99	Moneta 1992 (15)
	Artères de jambe, Artère(s) du pied	85	80	Karacagil 1996 (11)

Cas particulier de l'analyse indirecte de l'axe iliaque

Sept études (Eiberg 2001) (85), (Sensier 1998) (86), (Currie 1995) (77), (Burnham 1992) (87), (Bagi 1988) (81), (Symes 1984) (88), (Walton 1984) (89) ont étudié la performance de l'analyse de la courbe Doppler fémorale commune pour le diagnostic de sténose $\geq 50\%$ ou 75% ou d'occlusion iliaque. *Aucune ne répondait aux critères de sélection.* Les résultats figurent dans le *tableau 10*.

Cinq auteurs utilisaient l'analyse visuelle qualitative de la courbe (Eiberg 2001) (85), (Sensier 1998) (86), (Bagi 1988) (81), (Symes 1984) (88), (Walton 1984) (89) associée dans deux cas à un paramètre quantitatif (81,88) et deux auteurs utilisaient seulement un paramètre quantitatif (77,87).

Pour le diagnostic d'une sténose $\geq 50\%$ ($\geq 75\%$ pour Burnham 1992) (87) ou d'une occlusion iliaque, la sensibilité variait entre 86% et 98% et la spécificité variait entre 80% et 97% .

V.6. Synthèse

Les protocoles de réalisation d'un ED artériel des membres inférieurs sont variables d'une équipe à l'autre, de même que les critères utilisés pour le diagnostic de sténose. La reproductibilité de l'examen est correcte surtout si l'on simplifie les critères diagnostiques utilisés. La performance diagnostique de cet examen varie en fonction des segments artériels considérés et est bonne dans la majorité des études sélectionnées (sténoses $> 50\%$ et occlusions sur tous segments confondus : sensibilité 63% à 95% , spécificité 85% à 100%). Néanmoins, la segmentation des artères qui augmente artificiellement le nombre de segments considérés comme normaux dans les comparaisons peut majorer la performance de cet examen.

Alors que l'ED est une technique ancienne, il est intéressant de noter le nombre d'études récentes, prouvant l'intérêt de nombreux auteurs pour l'ED et pour sa standardisation. L'analyse de la littérature a montré que le déroulement des examens et les critères diagnostiques pour la quantification en ED des sténoses et occlusions dans l'AOMI n'étaient pas standardisés. Ceci a conduit les experts du groupe de travail à proposer une trame pour le déroulement des examens et identifier les critères diagnostiques utilisés dans leur propre expérience.

VI. ÉVALUATION DE L'ED APPLIQUÉ À LA DÉCISION, À LA RÉALISATION ET À LA SURVEILLANCE DES PONTAGES

L'ED est depuis longtemps utilisé et évalué dans l'optique de la décision, de la réalisation et de la surveillance des pontages des membres inférieurs. Dès 1977 Fitzgerald (90) préconisait de réserver l'artériographie aux patients la nécessitant ou pouvant être revascularisés. L'utilisation du Doppler continu était pour lui une technique de sélection.

Les principaux facteurs intervenant dans le choix et la réalisation d'un pontage ont été précédemment rappelés (cf. chapitre II.5.2). La nature du pontage peut être prothétique ou veineuse ou mixte. Une application spécifique de l'ED est l'évaluation du réseau veineux superficiel avant pontage fémoro-poplité ou fémoro-distal. Au plan technique, l'anastomose proximale d'un pontage ne doit pas être implantée en aval d'une sténose et son anastomose distale doit être située sur une artère perméable dont l'aval est correct.

Le suivi par ED après revascularisation chirurgicale conventionnelle a fait récemment l'objet d'une synthèse (91). Le contrôle précoce a pour but de vérifier la perméabilité du pontage, l'amélioration du flux d'aval et de dépister les complications postopératoires. Pendant cette période, les anomalies à rechercher relèvent essentiellement d'une erreur technique (sténose anastomotique, valvule résiduelle ou FAV laissée involontairement en place en cas de pontage veineux *in situ*, collection périprothétique, ablation incomplète de la lésion athéroscléreuse ou lambeau décollé en cas d'endartérectomie associée). En fonction du résultat, un geste complémentaire peut être nécessaire pour corriger l'anomalie dépistée (92).

Au cours du suivi, l'objectif du contrôle est de dépister la présence d'anomalies au niveau des anastomoses et du corps du pontage, ainsi qu'au niveau du réseau artériel natif à proximité des anastomoses afin de les corriger pour prévenir l'occlusion du pontage.

Ces différents éléments bien que connus et étudiés en pratique quotidienne ont été très inégalement étudiés dans la littérature récente. On notera d'autre part que la littérature est plus riche pour les pontages sous-inguinaux que pour les pontages proximaux.

VI.1. Décision thérapeutique et choix du geste chirurgical fondés sur l'ED

Ces études ont eu pour but de comparer les décisions thérapeutiques portées sur les données cliniques et soit sur les résultats de l'ED, soit sur les résultats de l'angiographie. Trois auteurs étudiaient la concordance des décisions thérapeutiques prises (84,93,94). Deux auteurs comparaient les décisions prises sur l'ED et sur l'artériographie au geste chirurgical effectué (95,96). Un auteur étudiait la modification du traitement initialement prévu au décours de la réalisation élective d'une artériographie (97).

VI.1.1. Concordance des décisions

La série publiée par Ramaswami (93) portait sur 54 patients claudicants. Un premier choix thérapeutique (traitement médical, angioplastie, chirurgie, pas de décision possible) était porté sur les données cliniques, les IPS au repos et à l'effort et l'ED. Un deuxième choix était formulé par deux seniors sur les données cliniques, les IPS au repos et à l'effort et l'angiographie. Douze ED étaient non contributifs (obésité, interpositions digestives). Parmi les 42 patients restants, les choix thérapeutiques concordaient pour 40 d'entre eux.

L'étude prospective de Koelemay (84) portait sur 126 membres inférieurs au stade de claudication ou en ischémie critique chez 120 patients adressés en chirurgie vasculaire et candidats à un pontage distal. Chaque MI était exploré par ED et par artériographie. Un chirurgien proposait un traitement sur les seules données de l'ED. Le staff chirurgical prenait la décision sur les données de l'artériographie (à l'insu des résultats de l'ED). Pour 74/126 (59 %) des MI, le traitement proposé sur l'ED était concordant avec celui retenu sur l'artériographie préopératoire. Dans 23/29 (79 %) des pontages fémoro-poplités et 15/37 (41 %) des pontages cruraux, le type de pontage et le site anastomotique prévus par l'ED étaient concordants avec les décisions prises sur l'artériographie préopératoire.

Kohler (94), dans une enquête de pratique a voulu savoir si le choix thérapeutique était influencé par la nature de l'imagerie vasculaire fournie. Pour 29 malades, 6 chirurgiens différents recevaient chacun à 2 mois d'intervalle une fiche comportant les renseignements cliniques et un schéma des lésions vasculaires basé sur les résultats de l'ED ou sur les résultats de l'artériographie. Les chirurgiens ne pouvaient pas savoir quel examen avait permis d'établir le schéma. Huit choix thérapeutiques étaient possibles. Les deux décisions prises par chaque chirurgien avaient une bonne concordance (k moyen 0,70, 0,61-0,90). Sur les 174 décisions prises à partir des schémas basés sur l'ED ou sur l'artériographie, 133 étaient similaires (accord 74 %). En comparant les décisions des chirurgiens pris deux à deux, la concordance moyenne était de $0,51 \pm 0,08$ face à une même artériographie et de $0,61 \pm 0,09$ face à un même ED ($p < 0,002$). Les prises de décision étaient significativement plus souvent semblables devant les schémas établis à partir de l'ED qu'à partir de l'artériographie ($p < 0,05$). Cependant, chez les 21 malades où les résultats étaient identiques entre l'ED et l'artériographie, les décisions différaient pour 43 % des malades. La variabilité des décisions semblait donc plus liée aux chirurgiens qu'au type d'imagerie fournie.

VI.1.2. Comparaison avec le geste effectué

L'étude prospective de Aly (95) portait sur 177 MI chez 90 patients au stade de claudication ou en ischémie critique explorés par ED et artériographie. Cent soixante quatre comptes-rendus d'ED et d'artériographie accompagnés de données cliniques étaient adressés à 5 chirurgiens à 6 mois d'intervalle. Chaque chirurgien proposait un choix thérapeutique. Si la référence était l'intervention effectivement réalisée, la précision moyenne des interventions proposées par les chirurgiens était de 84 % sur l'ED (78-93 %) et était de 85 % sur l'artériographie (77-95 %). Si la référence était l'opération planifiée sur l'artériographie, la précision moyenne des interventions proposées sur l'ED était de 91 % (85-98 %).

L'étude prospective de Ligush (96) portait sur 40 MI en ischémie critique chez 36 patients, explorés par ED et artériographie. Les interventions étaient planifiées en double aveugle d'une part sur les données de l'ED par le directeur du laboratoire d'exploration et d'autre part sur les données de l'artériographie par un chirurgien et un radiologue. La référence était l'opération effectivement réalisée. Les interventions réalisées étaient correctement prédites dans 83 % des cas par l'ED et dans 90 % des cas par l'artériographie, différence non significative.

VI.1.3. Modification de la thérapeutique

L'étude prospective de Elsmann (97) portait sur 100 patients pour lesquels le chirurgien choisissait entre traitement médical, angioplastie et chirurgie sur les données cliniques et l'ED. Parmi les 22 patients orientés vers un traitement médical, 4 avaient une artériographie, sans modification du traitement. Parmi les 36 patients orientés vers une angioplastie, l'artériographie modifiait le traitement chez 4 d'entre eux. Parmi les 32 patients orientés vers la chirurgie, l'artériographie réalisée chez 24 d'entre eux modifiait le traitement chez 5 et 8 malades étaient opérés sans artériographie. Pour 10 patients (9 en ischémie critique) les données non invasives étaient insuffisantes et une artériographie était nécessaire. Sur les 100 malades, 74 artériographies étaient réalisées. Dix étaient nécessaires pour choisir la conduite à tenir. Sur les 64 restantes, 9 conduisaient à modifier le traitement initialement prévu.

En résumé, dans le cadre de la décision thérapeutique et du choix du geste chirurgical, ces études ont montré une bonne concordance entre les décisions prises sur l'artériographie et sur l'ED. L'ED avait une bonne valeur prédictive des interventions réalisées. Dans l'étude de Elsmann, 10 % seulement des patients tiraient un bénéfice de la réalisation d'une artériographie pour le choix thérapeutique et 9 % voyaient leur traitement initialement prévu modifié (97).

VI.2. ED appliqué à l'évaluation du réseau veineux superficiel avant pontage

Le but de l'ED est d'évaluer la qualité du réseau veineux superficiel (le plus souvent saphène) en vue de son utilisation comme greffon.

Ce chapitre n'a pas fait l'objet d'une recherche exhaustive. Trois références ont été communiquées par le groupe de travail.

La plus ancienne (Seeger 1987) (98) montrait l'utilité de l'échographie en mode B pour déterminer l'adéquation de la veine pour le pontage. Chez 50 des 51 patients de l'étude, l'évaluation prospective préopératoire de la qualité des veines saphènes ou céphaliques en échographie concordait avec l'évaluation peropératoire. Par comparaison avec une série antérieure de patients opérée sans cartographie préopératoire, le taux de complication cutanée était statistiquement plus faible.

Les études de Davis en 1991 (99) et Blebea en 1994 (100) comparaient plusieurs protocoles techniques pour optimiser l'évaluation de la qualité de la veine.

VI.3. Site d'implantation des pontages

Dans ces études, l'ED était utilisé pour prédire le site distal ou les sites proximal et distal d'implantation d'un pontage sous-inguinal. Le choix retenu sur l'ED était comparé avec le choix établi sur l'artériographie (1 étude) ou avec le site retenu en peropératoire (3 études).

VI.3.1. Concordance avec le ou les sites prédits sur l'artériographie

La série consécutive de Larch (21) portait sur 50 patients porteurs de lésions obstructives fémoro-poplitées explorés par ED et artériographie antérograde avant revascularisation percutanée. L'artère crurale (artère jambière) dominante qui aurait pu être le site distal d'un pontage fémoro-distal était choisie sur l'ED par l'investigateur et sur l'artériographie par deux lecteurs indépendants. Les choix étaient comparés. La concordance entre l'artère choisie sur l'ED et sur l'artériographie était de 0,61 pour le premier lecteur et de 0,56 pour le deuxième. Le choix en ED n'était pas influencé par la présence d'un diabète, du stade clinique, du type de lésion fémoro-poplitée ou de l'état de l'artère poplitée.

VI.3.2. Comparaison avec la décision opératoire

La série consécutive de MacCarthy (101) portait sur 37 patients consécutifs en ischémie critique explorés en vue d'un pontage fémoro-distal sur les données de l'ED et du Doppler continu. Les prédictions en ED de l'artère receveuse optimale, du site de l'anastomose distale et de l'état de l'arche plantaire (perméabilité et artère nourricière dominante) étaient bien corrélées à l'artériographie peropératoire et aux constatations chirurgicales (respectivement $k = 1$, $k = 0,85$; $k = 1$).

La série de Wain (102) portait sur 41 patients au stade de claudication ou en ischémie critique explorés par ED et artériographie. Un chirurgien vasculaire prédisait le type de pontage et les sites anastomotiques sur les résultats de l'ED sans connaître l'intervention réalisée. Le type de pontage avait été correctement prédit pour 19 des 20 patients traités par pontage fémoro-poplité et 18 des 21 patients traités par pontage sous-poplité. Le niveau des deux anastomoses avait été correctement prédit pour 18 des 20 patients traités par pontage fémoro-poplité et pour 5 des 21 patients traités par pontage sous-poplité.

La série consécutive de Wilson (saisie prospective et analyse rétrospective des données) portait sur 43 patients ayant 44 pontages fémoro-distaux pour ischémie critique explorés en ED et artériographie (103). Le choix de l'artère distale receveuse fait respectivement par le technicien vasculaire et le radiologue était comparé aux constatations opératoires incluant une artériographie peropératoire et une prise de pression sanglante. Le site d'implantation du pontage était correctement prédit par l'ED et l'artériographie initiale dans respectivement 100 % (44/44) et 72 % (32/44) des cas.

L'évaluation du site d'implantation des pontages a été relativement peu étudiée jusqu'à ce jour. Les études concernent des séries de faibles effectifs analysées avec une méthodologie moyenne. L'ED semble avoir une bonne valeur prédictive du ou des sites d'implantation d'un pontage sous-inguinal.

VI.4. Contrôle ED peropératoire

Ces études ont eu pour but de déterminer si le contrôle peropératoire du pontage habituellement fait par une artériographie sur table pouvait être substitué par un ED peropératoire (1 étude) et si la révision peropératoire d'un pontage et le traitement médical postopératoire basés sur les données de l'ED influencent sa perméabilité (3 études).

VI.4.1. ED *versus* artériographie peropératoire

Dans la série consécutive de Sawaged (104), 7 pontages poplités sus-articulaires et 12 pontages poplités sous-articulaires ou distaux réalisés chez 19 patients consécutifs dont 16 en ischémie critique étaient contrôlés en peropératoire par ED et artériographie (conventionnelle ou scopie). La corrélation entre l'ED et l'artériographie était de 100 %. La réalisation de l'ED prenait statistiquement moins de temps que les deux autres modalités d'artériographie et son coût était moindre.

VI.4.2. Révision des pontages et orientation du traitement médical selon l'ED peropératoire

L'étude rétrospective de Johnson (105) portait sur 626 pontages veineux. Dans cette étude l'ED conduisait ou non à une révision sur table et était à la base du type de traitement médical postopératoire en fonction de l'analyse du flux et de la mise en évidence d'anomalies anatomiques (formation de thrombus, striction, valvule). Un ED peropératoire jugé anormal pour 96 pontages (15 %) conduisait à la révision de 99 segments. Pour 53 autres pontages, la sténose était considérée modérée et non révisée. À 90 jours, le taux de révision ou d'échec était de 2,5 % pour les pontages ayant un ED normal ou ayant été révisés avec succès, et de 40 % pour les pontages non révisés ou ayant été révisés avec sténose résiduelle.

La série rétrospective de MacKenzie (106) portait sur 78 patients ayant un pontage sous-inguinal dont 91 % pour ischémie critique, contrôlée par ED peropératoire à la recherche d'une anomalie. L'ED était normal pour 48 pontages (61,5 %) et anormal pour 30 pontages (38,5 %). En cas d'ED normal, la perméabilité primaire à 1 et 6 mois était respectivement de 100 % et 85 %, et la perméabilité secondaire à 6 mois était de 93 %. En cas d'ED anormal et révision peropératoire, la perméabilité primaire à 1 et 6 mois était respectivement de 100 % et 91 %, et la perméabilité secondaire à 6 mois était de 89 %. En cas d'ED anormal sans révision peropératoire, la perméabilité primaire à 1 et 3 mois était respectivement de 83 % et 53 %, et la perméabilité secondaire à 3 mois était de 71 %. L'ED permettait de distinguer les groupes à bas et à haut risques d'échec postopératoire précoce.

La série de Bandyk (107) portait sur 275 pontages veineux sous-inguinaux ayant un contrôle ED peropératoire. Un contrôle ED normal d'emblée (202 pontages) ou après correction peropératoire (33 pontages) était associé à un taux d'occlusion de 0,4 % et de révision de 2,5 % à 90 jours. En cas d'anomalie non (25 pontages) ou incomplètement (15 pontages) corrigée, le taux de révision était de 47,5 % ($p < 0,001$).

L'utilisation de l'ED au cours de la réalisation d'un pontage sous-inguinal a été relativement peu étudiée jusqu'à ce jour et les études sont des séries de faibles effectifs ou des études rétrospectives, de méthodologie moyenne. La révision d'un pontage sur les données de l'ED peropératoire semble augmenter sa perméabilité. La confrontation ED artériographie peropératoire ne montre pas de bénéfice en faveur de l'artériographie.

VI.5. Contrôle postopératoire précoce

Dans l'étude rétrospective de Wilson (92), un ED réalisé au cours de la première semaine postopératoire chez 123 patients ayant eu un pontage sous-inguinal révélait 6 occlusions de pontage et 40 anomalies sur pontage perméable non diagnostiquées en peropératoire. Seize pontages étaient repris. Parmi les 25 pontages suspects de sténose, mais surveillés, le diagnostic se confirmait au cours du suivi et 8 pontages étaient repris ultérieurement.

VI.6. Surveillance au cours du suivi

La surveillance d'un pontage a pour but de prévenir son occlusion. L'examen clinique et la surveillance isolée de l'IPS (chute de 0,15 à 0,20) manquent de sensibilité pour dépister les pontages à risque d'occlusion ou porteurs d'une sténose serrée (66-71). L'ED est apparu comme un examen non invasif à évaluer dans cette indication.

Les études portant sur l'utilisation de l'ED au cours du suivi des pontages ont des objectifs variés :

- établissement et performance des critères diagnostiques en ED des lésions compromettant la perméabilité du pontage ;
- conduite thérapeutique à tenir en fonction des résultats de l'ED ;
- comparaison de deux stratégies de surveillance avec ou sans ED.

VI.6.1. Établissement et performance des critères diagnostiques en ED des lésions compromettant la perméabilité du pontage

Le développement d'une sténose au niveau ou à proximité des sites d'implantation d'un pontage, ou sur le pontage lui-même, l'altération du lit d'aval et les modifications hémodynamiques qui en découlent ont pour risque l'occlusion de ce pontage.

Les critères hémodynamiques d'alerte au cours du suivi d'un pontage sont :

- ceux qui permettent le diagnostic d'une sténose serrée, comparativement à l'artériographie ;
- ceux qui sont prédictifs de l'occlusion du pontage (pontage à risque d'occlusion) ;
- ceux qui conduisent à proposer un geste complémentaire (reprise chirurgicale ou angioplastie).

Les critères hémodynamiques sont soit directs, basés sur la caractérisation de la sténose par le PSV max et le ratio PSV, soit indirects témoignant de la chute du débit dans le pontage (valeur du PSV enregistrée dans le pontage), soit les deux. Une valeur basse du PSV enregistrée dans le pontage n'est pas univoque : elle peut être liée à la présence d'une sténose du pontage mais également à une sténose en amont du pontage, à la dégradation du lit d'aval, à une dégradation de la fonction cardiaque.

Les valeurs seuils retenues de ces différents paramètres ont été comparées à l'artériographie, à l'attitude thérapeutique ou au devenir du pontage, selon les études. Certains auteurs ont recherché les meilleurs critères hémodynamiques pour quantifier une sténose comparativement à l'angiographie, pour déterminer une valeur seuil prédictive ou non d'échec du pontage comparativement au devenir de celui-ci, ou pour faire porter l'indication d'un geste complémentaire préventif de l'occlusion de ce pontage.

Dans une autre catégorie d'étude, les auteurs ont évalué les critères proposés dans la littérature. Enfin, dans certaines études ces critères sont simplement énoncés.

— *Recherche de critères diagnostiques des lésions compromettant la perméabilité du pontage*

Dans ces études, les auteurs ont déterminé les critères hémodynamiques permettant de porter le diagnostic de sténose (66,67,108,109) ou prédictif d'occlusion (110,111).

L'étude prospective multicentrique de Idu (108) portait sur 300 patients ayant un pontage veineux sous-inguinal surveillé par ED et angiographie en cas de suspicion de sténose. D'après les courbes ROC, le ratio PSV > 3 avait les sensibilité et spécificité optimales (80 et 84 %) pour prédire la présence d'une sténose de 70 % en diamètre. L'association de la valeur de l'IPS n'améliorait pas sensiblement la performance.

La série de Buth (109) comportait deux parties. Dans une première partie l'auteur recherchait les critères diagnostiques de sténose puis dans une deuxième il validait prospectivement ces critères (cf. VI).

La première partie portait sur 116 pontages veineux fémoro-poplités ou sous-poplités chez 112 patients surveillés par ED et angiographie (en aveugle) qui développaient 43 sténoses au niveau ou à proximité du pontage.

Un index de PSV (inverse du ratio) $< 0,65$ avait une sensibilité et une spécificité de 89 % et 92 % pour le diagnostic des sténoses > 49 % et un index de PSV $< 0,55$ avait une sensibilité et une spécificité de 92 % et 87 % pour le diagnostic des sténoses > 69 %.

Le PSV max > 109 cm/sec avait une sensibilité et une spécificité de 89 % et 87 % pour le diagnostic des sténoses > 49 % et un PSV max > 170 cm/sec avait une sensibilité et une spécificité de 76 % et 91 % pour le diagnostic des sténoses > 69 %.

Le PSV min $< 0,45$ cm/sec avait une sensibilité et une spécificité de 13 % et 99 % pour le diagnostic des sténoses > 49 % et avait une sensibilité et une spécificité de 16 % et 98 % pour le diagnostic des sténoses > 69 %.

La planimétrie en ED couleur avait une sensibilité et une spécificité de 88 % et 99 % pour le diagnostic des sténoses > 29 %, une sensibilité et une spécificité de 78 % et 100 % pour le diagnostic des sténoses > 49 % et avait une sensibilité et une spécificité de 12 % et 100 % pour le diagnostic des sténoses > 69 %.

Un index $< 0,65$, une sténose en planimétrie ED couleur > 49 % et une sténose en angiographie > 49 % étaient significativement prédictifs d'occlusion en l'absence de révision.

La série de Grigg (67) portait sur 65 pontages veineux sous-poplités surveillés par ED et angiographie par voie veineuse. Neuf sténoses > 33 % apparaissaient au cours des 6 premiers mois. Un PSV < 50 cm/sec avait une sensibilité et une spécificité de 100 % et de 71 % pour identifier les sténoses > 67 % en diamètre. Les pontages sans sténose

avaient un ratio $< 1,5$ et tous les pontages avec une sténose avaient un ratio $> 1,5$. Le ratio moyen était de 2,1 pour les sténoses modérées ($< 33\%$), de 2,9 pour les sténoses intermédiaires (33-67 %) et de 6 pour les sténoses sévères.

La série prospective de Bandyk (66) portait sur 197 pontages veineux fémoro-poplités ou sous-poplités chez 190 patients. Quarante-neuf pontages étaient porteurs de 56 sténoses $> 50\%$ en diamètre au cours du suivi.

L'auteur proposait l'association de $PSV < 45$ cm/sec (sensibilité de 96 % pour le diagnostic de sténose) et de la modification de l'aspect de la courbe : évolution d'une courbe triphasique soit vers une courbe monophasique avec flux diastolique positif (31/56 pontages, 55 %), soit vers une courbe monophasique sans flux diastolique (22/56 pontages, 39 %), soit vers une courbe staccato (3/56 pontages, 6 %) pour le diagnostic de sténose $> 50\%$ en diamètre.

La série de Gibson (110) portait sur 165 pontages veineux sous-inguinaux ayant eu 1 562 ED réalisés dans le cadre d'un protocole de surveillance postopératoire. Une analyse univariée isolait les paramètres hémodynamiques significativement prédictifs d'occlusion : ratio $PSV \geq 3,5$, $PSV_{max} > 400$ cm/sec, $EDV_{max} \geq 50$ cm/sec, vitesse moyenne dans le pontage < 50 cm/sec, chute de la vitesse moyenne entre deux examens de 20 cm/sec, présence d'une sténose d'amont $> 50\%$, présence d'une sténose d'aval $> 50\%$. En analyse multivariée, les paramètres retenus étaient le ratio $PSV \geq 3,5$ et la vitesse moyenne dans le pontage < 50 cm/sec.

La série de Bandyk (111) portait sur 69 pontages veineux sous-inguinaux chez 67 patients évalués par ED en peropératoire puis au cours du suivi. Un PSV postopératoire < 40 cm/sec sans flux diastolique était identifié chez 2 des 3 pontages s'occluant avant J7 et 4 pontages ayant une anomalie reprise précocément. Au-delà, un $PSV < 45$ cm/sec était identifié pour tous les pontages nécessitant une révision.

— *Performance des critères diagnostiques de sténose de pontage*

Trois études prospectives portant sur des effectifs modestes et une étude rétrospective permettaient de rechercher les performances des critères diagnostiques de sténose de pontage.

La série prospective de Taylor (112) avait pour but de tester la performance de critères hémodynamiques : $PSV < 45$ cm/sec et ratio $PSV > 2$ pour le diagnostic de sténose $> 50\%$ en diamètre. Soixante-quatorze patients ayant une greffe veineuse fémoro-poplitée ou sous-poplitée étaient contrôlés en ED et angiographie par voie veineuse. L'analyse se faisait en aveugle. Dix-neuf patients avaient une sténose $> 50\%$ en diamètre du pontage et 4 avaient une sténose en aval de l'anastomose distale sur l'angiographie de contrôle.

Le ratio avait une sensibilité et une spécificité de 83 % et de 100 % pour le diagnostic des sténoses du pontage mais ne dépistait pas les sténoses distales. Le $PSV < 45$ cm/sec avait une sensibilité et une spécificité de 61 % et de 98 % pour le diagnostic des sténoses du pontage et des sténoses distales. L'association des 2 critères avait une sensibilité de 100 % et une spécificité de 98 %.

La deuxième partie de l'étude de Buth (109), menée prospectivement, portait sur 41 pontages veineux avec 26 resténoses. Le $EDV > 20$ cm/sec avait une sensibilité et une

spécificité de 59 % et 100 % pour le diagnostic des sténoses >49 % et avait une sensibilité et une spécificité de 91 % et 100 % pour le diagnostic des sténoses > 69 %. En validation prospective, l'index PSV $< 0,65$ avait une sensibilité et une spécificité de 100 % et 58 % pour le diagnostic des sténoses >49 % et un index $< 0,55$ avait une sensibilité et une spécificité de 100 % et 63 % pour le diagnostic des sténoses > 69 %. Le pouvoir discriminatif de ces critères dépendait du degré de sténose. La planimétrie en ED couleur était optimale pour distinguer les sténoses $< \text{et} > 29$ %, l'index de PSV $< 0,65$ était optimal pour distinguer les sténoses $< \text{et} > 49$ %, l'EDV > 20 cm/sec était optimal pour distinguer les sténoses $< \text{et} > 69$ %.

L'étude prospective de Polack (113) portait sur 14 patients ayant 15 pontages veineux sous-inguinaux (92 segments) suivis en ED et par angiographie. Pour le diagnostic de sténose > 50 % en diamètre, le PSV $< 0,45$ cm/sec avait une VPP de 31 %, et le ratio PSV > 2 avait une sensibilité et une spécificité de 95 et 100 %.

L'étude rétrospective de De Gier (71) portait sur 103 patients ayant un pontage prothétique proximal pour des lésions occlusives aorto-iliaques. Cent quatre vingt quinze anastomoses distales étaient étudiées en ED et par angiographie par voie veineuse. Une sténose de plus de 30% en diamètre était identifiée chez 30 patients (30-49% : 10 ; 50-79% : 17 ; 80-99% : 3). L'index PSV $\leq 0,65$ avait une sensibilité et une spécificité de 86 % et de 90 % pour le diagnostic des sténoses ≥ 30 % (ratio PSV NI/PSV max). Un PSV ≥ 140 cm/sec avait une sensibilité et une spécificité de 82 % et de 96 % pour le diagnostic des sténoses ≥ 30 %.

— *Performance de l'ED pour la prédiction d'occlusion de pontage*

La série de Calligaro (114) portait sur 66 patients avec 89 pontages prothétiques sous-inguinaux fémoro-poplités ($n = 56$) ou fémoro-jambiers ($n = 33$) surveillés par ED. La sensibilité de l'ED pour identifier un pontage à risque d'occlusion était significativement meilleure pour les pontages fémoro-jambiers que pour les pontages fémoro-poplités (88% *vs* 57%, $p = 0,04$). La spécificité de l'ED ne différait statistiquement pas (pontages fémoro-jambiers : 89%, pontages fémoro-poplités : 78%). Ces résultats étaient en faveur d'une surveillance régulière des pontages prothétiques fémoro-jambiers.

L'étude rétrospective de Hoballah (115) portait sur 95 patients avec 102 pontages sous-inguinaux en PTFE surveillés prospectivement (clinique, IPS et ED). Soixante dix pontages restés perméables étaient comparés à 32 pontages révisés ou s'occluant. Les groupes étaient comparables par ailleurs. Un ED était considéré comme anormal si le ratio PSV était > 3 ou si le PSV était < 45 cm/s.

Cinq pontages parmi les 70 pontages perméables avaient un ED anormal, sans anomalie sur l'angiographie. Parmi les 32 pontages révisés ou s'occluant, 8 avaient un ED anormal et 24 s'occluaient sans anomalie sur le dernier ED de contrôle. Pour les critères retenus, l'ED avait une sensibilité et une spécificité de 25 % et 93 % pour identifier les pontages en PTFE à risque d'échec.

— Critères diagnostiques de sténose ou « d'échec du pontage » ou de réintervention

Dans dix études, les auteurs énonçaient les critères hémodynamiques conduisant leur équipe à réintervenir ou permettant de porter le diagnostic de sténose (69,70,105,114-120). Ces résultats sont rapportés dans le *tableau 11*.

VI.6.2. Conduite thérapeutique à tenir en fonction des résultats de l'ED

Les auteurs dégageaient dans ces études une attitude thérapeutique à partir de résultats anormaux d'ED pratiqués au cours du suivi des patients pontés. Trois études étaient prospectives (108,119,121) et 5 étaient rétrospectives (71,116,118,120,122). La construction différait d'une étude à l'autre, ce qui ne permet pas de les présenter de façon synthétique.

L'étude prospective multicentrique de Idu (108) portait sur 300 patients ayant un pontage veineux sous-inguinal surveillé par ED et angiographie en cas de suspicion de sténose. La perméabilité des pontages était étudiée en fonction de la valeur du ratio de PSV. Pour un seuil de 2,5, la perméabilité à 2 ans était de 89 % si le ratio était $< 2,5$ et de 21 % si le ratio était $\geq 2,5$. Pour un seuil de 3, la perméabilité à 2 ans était de 86 % si le ratio était < 3 et de 15 % si le ratio était ≥ 3 . Pour un seuil de 4, la perméabilité à 2 ans était de 80 % si le ratio était < 4 et de 7 % si le ratio était ≥ 4 .

L'auteur proposait l'algorithme suivant : en cas de ratio PSV $< 2,5$, une surveillance était suffisante. En cas de ratio PSV ≥ 4 , le pontage était à haut risque d'occlusion et une révision pouvait être faite sans angiographie préalable. Entre 2,5 et 4 une artériographie était préconisée pour vérifier l'existence ou non d'une sténose ≥ 70 % en diamètre. Appliqué rétrospectivement, cet algorithme avait des valeurs prédictives positive de 93 % et négative de 89 % et permettait de réduire de 49 % le nombre d'angiographies systématiques devant un PSV ratio $\geq 2,5$.

L'étude prospective de Olojuba (121) portait sur 210 greffes veineuses sous-inguinales suivies par ED. Onze pontages avec 12 sténoses (PSV ≥ 3) étaient traités par angioplastie et 32 pontages avec 38 sténoses (PSV entre 2 et 2,9) étaient surveillés étroitement. Parmi ces 38 sténoses, 16 régressaient (42 %), 11 (29 %) restaient stables et 11 (29 %) s'aggravaient (PSV ≥ 3) et étaient dilatées. Aucun des pontages ne s'occluait.

L'auteur préconisait une surveillance pour les pontages veineux avec à l'ED un PSV entre 2 et 2,9.

L'étude prospective de Westerband (119) portait sur 101 pontages veineux sous-inguinaux surveillés par ED et par mesure de l'IPS.

Les critères de réintervention étaient 1) un PSV max de 3m/sec ou un ratio PSV $> 3,5$, 2) un PSV < 45 cm/sec sur l'ensemble du pontage, et 3) une chute de l'IPS $> 0,15$. La période d'étude s'étendait sur 2 ans mais la durée de suivi n'était pas précisée. Les 51 pontages gardant un ED et un IPS normaux restaient perméables, 5 pontages s'occluaient, tous avec les critères de réintervention, et sur 25 pontages repris avant l'occlusion l'ED avait méconnu 4 lésions du lit d'amont ou d'aval. Un pontage avec un PSV compris entre 45 et 180 cm/sec et des IPS stables ne présentait qu'un risque minime d'occlusion. En présence d'un PSV focal > 180 cm/sec ou un ratio PSV $> 1,5$, le pontage nécessiterait une réintervention ou finirait par s'occlure dans plus de 50 %

des cas. Si l'IPS diminuait de plus de 0,15 ou si la vitesse dans le pontage devenait < 45 cm/sec, sans lésion dépistée en ED, l'artériographie était nécessaire.

L'étude rétrospective de Mills (116) étudiait le devenir des sténoses des pontages veineux sous-inguinaux. Ce travail portait sur 156 pontages chez 142 patients inclus prospectivement dans un programme de surveillance par ED. Les pontages étaient classés en 3 catégories : normal, présence d'une sténose intermédiaire, présence d'une sténose serrée. Une sténose « intermédiaire » était surveillée. Parmi les 100 pontages restant normaux (64 %), au cours d'un suivi moyen de 27,5 mois, l'incidence annuelle d'occlusion était de 3 %. Parmi les 32 pontages (20 %) développant une sténose intermédiaire qui était suivie 26 mois en moyenne, 20 sténoses (63 %) évoluaient vers une sténose serrée et étaient révisées, 10 sténoses (32 %) restaient stables ou régressaient, 1 pontage s'occluait spontanément (incidence annuelle d'occlusion de 1,5 %, NS) et 1 sténose évoluant vers une sténose serrée entraînait l'occlusion du pontage avant la chirurgie. Parmi les 25 pontages (16 %) développant une sténose serrée, 16 étaient repris et restaient perméables et 9 n'étaient pas révisés, conduisant à l'occlusion de 7 pontages moins de 4 mois après le diagnostic. Ces résultats étaient en faveur d'une surveillance régulière des sténoses intermédiaires car le risque d'occlusion du pontage ne différait statistiquement pas de celui d'un pontage normal. En revanche, le risque d'occlusion à court terme était élevé en cas de sténose serrée non révisée.

L'étude rétrospective de Ryan (122) remettait en question la révision de l'anastomose proximale de pontages sous-inguinaux sur les données de l'ED.

Ce travail portait sur 67 pontages sous-inguinaux chez 61 patients ayant une anomalie de l'anastomose proximale en ED au cours du suivi (ratio PSV > 3). Entre le premier et le dernier ED disponibles, 17 (25,4 %) anomalies régressaient et 4 (6 %) progressaient. Qu'il s'agisse d'anomalies précoces (< 3 mois) ou tardives (> 3 mois), ces lésions avaient 4 fois plus de chances de régresser que de progresser. La révision relevait de la décision du chirurgien et du patient. Quatorze pontages étaient révisés (20,9 %) et 53 étaient suivis (79,1 %). La perméabilité primaire assistée globale était de 76 % et 68 % à 12 et 48 mois. Elle était de 81 % et 74 % à 12 et 48 mois pour les pontages surveillés et de 64 % et 56 % pour les pontages révisés (différence non significative).

L'étude rétrospective de Dougherty (118) portait sur 46 pontages sous-inguinaux chez 34 patients ayant une anomalie de l'anastomose proximale en ED au cours du suivi (ratio PSV > 3 et/ou PSV < 45 cm/sec). Le suivi par ED était de 2 à 50 mois (médiane de 10 mois). Dans cet intervalle, les anomalies régressaient dans 10 pontages (21,7 %) et progressaient dans 5 (10,9 %). Quatorze pontages étaient repris après un suivi médian de 5 mois. Durant le suivi, 3 sur ces 46 pontages (6,5 %) s'occluaient à 3, 4 et 5 mois après le premier ED anormal. Tous trois avaient un ratio PSV > 7 et 2 d'entre eux avaient un PSV < 45 cm/sec. En présence de l'association d'un ratio PSV > 3 et PSV < 45 cm/sec ou d'un ratio PSV > 7 , le risque d'occlusion était significativement plus élevé ($p = 0,03$ et $p = 0,001$).

Pour l'auteur, les critères ED pour le diagnostic d'une anomalie de l'anastomose proximale conduisant à sa réfection étaient à revoir.

La série probablement rétrospective de Ho (120) portait sur 68 pontages veineux, composites ou en PTFE infra-géniculés surveillés en ED. Une ou plusieurs sténoses apparaissaient au niveau de 53 pontages (78 %). Dans 35 cas, la sténose apparaissait au cours des 3 premiers mois. Au cours du suivi, 18 pontages s'étaient occlus et 99 % des occlusions survenaient dans les deux années suivant leur réalisation. Le risque d'occlusion ou de réintervention était statistiquement plus élevé en cas de sténose $\geq 50\%$: à 40 mois après le diagnostic de la sténose maximale, la perméabilité primaire était de 43 % en cas de sténose $\geq 50\%$ et de 75 % en cas de sténose $< 50\%$. Le taux de réintervention ou d'occlusion de pontage était plus élevé dans le groupe de malades développant une sténose au cours de la première année postopératoire. Devant l'histoire naturelle des resténoses, l'auteur insistait sur l'importance d'une surveillance régulière en ED au cours des deux premières années.

L'étude rétrospective de De Gier (71) portait sur 103 patients avec un pontage aorto-bifémoral ou aorto-fémoral soit 195 anastomoses distales suivies par ED et angiographie intraveineuse. Trente-six sténoses $\geq 30\%$ apparaissaient chez 30 patients. Seule la sténose la plus serrée était considérée chez un même patient. Pour le diagnostic d'une sténose anastomotique de 30 % en diamètre, la sensibilité et la spécificité de l'ED étaient respectivement de 89 % et 95 %, et pour le diagnostic d'une sténose anastomotique de 50 % en diamètre, la sensibilité et la spécificité de l'ED étaient respectivement de 65 % et 95 %. Une dilatation anévrysmale se développait chez 3 patients : pour ce diagnostic la sensibilité et la spécificité de l'ED étaient respectivement de 60 % et 100 %.

VI.6.3. Comparaison de plusieurs stratégies de surveillance, incluant ou non l'ED

L'utilité d'une surveillance incluant l'ED dans le suivi des pontages sous-inguinaux a été étudiée dans deux études randomisées (70,123) et deux études rétrospectives (68,124).

Une étude prospective multicentrique (125) évaluait le coût et le taux d'amputation attendus pour trois protocoles de surveillance simulés : ED, surveillance des IPS et suivi clinique simple.

Nous n'avons pas trouvé d'étude comparative concernant les pontages proximaux.

L'étude prospective randomisée de Ihlberg (123) portait sur 185 pontages veineux sous-inguinaux réalisés chez 179 patients consécutifs et randomisés à un mois selon deux modes de surveillance : examen clinique et mesure de l'IPS (90 pontages) plus contrôle ED (95 pontages). Seuls les patients non amputés à pontage perméable étaient inclus. À un an, dans le groupe IPS et dans le groupe ED, la perméabilité primaire était respectivement de 68 % et 56 % ($p = 0,11$), la perméabilité primaire assistée était respectivement de 74 % et 65 % ($p = 0,21$), la perméabilité secondaire était respectivement de 84 % et 71 % ($p = 0,04$) et le taux de sauvetage de membre était respectivement de 88 % et 81 % ($p = 0,23$). Deux critiques étaient formulées par l'auteur : (a) seuls 60 % des ED prévus étaient effectivement réalisés dans le groupe ED et, dans le groupe IPS, 8 % des pontages avaient un contrôle ED demandé par le clinicien, (b) les ED étaient faits par 22 examinateurs différents dont 7 seniors. Ces

critiques ne remettaient pas en cause le fait que l'étude ne permettait pas de montrer un bénéfice de l'ED au cours du suivi des pontages veineux infra-inguinaux.

L'étude prospective randomisée de Lundell (70) portait sur 156 patients ayant un pontage fémoro-poplité ou sous-poplité. Soixante-dix-neuf patients avaient un suivi clinique basé sur la mesure de l'IPS à 1, 12, 24 et 36 mois après l'intervention et 77 patients avaient un suivi intensif clinique avec mesure de l'IPS et ED à 1 mois, 3 mois puis tous les 3 mois pendant 2 ans et enfin à 36 mois. Les deux groupes étaient comparables. Après 3 ans, dans les groupes avec et sans surveillance intensive, la perméabilité primaire assistée d'un pontage veineux était de 78 % *versus* 53 % ($p < 0,05$) et la perméabilité secondaire était de 82 % *versus* 56 % ($p < 0,05$). En cas de pontage en PTFE ou composite, la différence à 1 an n'était pas significative (perméabilité primaire assistée : 57 % *versus* 50 % ; perméabilité secondaire : 67 % *versus* 54 %). Les résultats plaident en faveur d'une surveillance intensive après pontage veineux surtout au cours des deux premières années.

L'étude rétrospective de Bergamini (124) portait sur 539 pontages veineux infra-inguinaux perméables à 1 mois et suivis sur l'examen clinique, et l'IPS sans ED systématique (222 pontages «suivi clinique») ou associant un ED systématique (317 pontages, «surveillance intensive»). Les deux groupes étaient comparables sauf pour le facteur tabac (75 % dans le groupe «surveillance intensive» *versus* 59 %) et la symptomatologie initiale (73 % en ischémie critique dans le groupe «surveillance intensive» *versus* 92 %). À 5 ans, la perméabilité primaire était équivalente dans les deux groupes («surveillance intensive» 56 %, «suivi clinique» 67 %). La perméabilité secondaire et le taux de sauvetage de membre étaient significativement meilleurs ($p < 0,02$) dans le groupe «surveillance intensive» (80 % et 94 %) comparés au groupe «suivi clinique» (67 % et 73 %). La révision d'un pontage perméable était plus fréquente ($p < 10^{-7}$) dans le groupe «surveillance intensive» (61 sur 70, soit 87 %) comparée au groupe «suivi clinique» (9 sur 34, soit 26 %). La perméabilité secondaire à 2 ans était meilleure ($p < 0,02$) si la révision concernait un pontage perméable (79 %) plutôt qu'occlus (55 %).

L'étude rétrospective bien conduite de Idu (68) portait sur 201 pontages veineux sous-inguinaux chez 187 patients (128 en ischémie critique soit 64 %). Les patients étaient suivis la première année tous les 3 mois puis la deuxième année tous les 6 mois : le suivi était fait soit par l'ED (160 pontages) soit sur la clinique et l'IPS (41 pontages). Au delà, la surveillance annuelle était clinique avec mesure de l'IPS pour tous les patients.

Une ou plusieurs sténoses ≥ 30 % étaient identifiées au niveau de 58 pontages, 51 apparaissant au cours des 18 premiers mois. Seule la sténose la plus serrée était prise en compte.

Après 3 ans, dans les groupes avec et sans surveillance intensive, la perméabilité primaire assistée était de 91 % *versus* 72 % ($p < 0,005$), et à 5 ans, le taux cumulé de sauvetage de membre était de 99 % *versus* 92 % ($p < 0,005$). Après analyse multivariée, la surveillance par ED était un facteur indépendant d'augmentation de la perméabilité primaire assistée. Le risque d'occlusion d'un pontage suivi par ED était estimé à moins d'un tiers de celui d'un pontage suivi sur les données cliniques.

L'étude prospective multicentrique de Visser en 2001 (125) portait sur 293 patients inclus dans un programme de surveillance après pontage veineux sous-inguinal. Trois protocoles de surveillance étaient simulés : surveillance par ED, prise de l'IPS et suivi clinique simple. L'auteur calculait le coût lié à chaque type de surveillance et le taux d'amputation constaté entre J30 et 1 an. La surveillance par ED était la plus économique et s'accompagnait du taux d'amputations majeures le plus faible (2 823 \$ et 17 amputations pour 1000), comparé avec la prise des IPS (5 411 \$ et 77 amputations pour 1 000) et le suivi clinique (5 072 \$ et 77 amputations pour 1 000). La supériorité de la surveillance par ED était plus marquée en cas d'ischémie critique (2 974 \$ et 19 amputations pour 1 000).

Quatre études sur cinq montraient un bénéfice à surveiller les pontages veineux sous-inguinaux en ED.

Néanmoins, le rapport coût/bénéfice exact d'une surveillance par ED d'un pontage veineux sous-inguinal en complément de la surveillance clinique avec prise des IPS n'est pas connu. L'étude randomisée multicentrique européenne Vein Graft Surveillance Trial a pour but de comparer le taux d'amputation, les perméabilités primaire, primaire assistée et secondaire et d'évaluer le coût de ces deux stratégies à 18 mois (126). Les résultats devraient être prochainement publiés.

VI.7. Résultats de la chirurgie sans artériographie préalable

Ces études rapportaient les résultats d'équipes pratiquant la chirurgie de revascularisation sans artériographie préopératoire ou sans aucune artériographie pour une part de leur activité.

Dans ce cadre, nous n'avons pas identifié d'étude comparative randomisée. Trois études prospectives sont détaillées ainsi qu'une étude rétrospective méthodologiquement bien conduite (127-130). Dans cette dernière étude, l'auteur comparait les résultats de patients consécutifs opérés sur les données de l'ED seul à un groupe comparable de patients opérés antérieurement sur les données de l'artériographie. Les caractéristiques des groupes et les interventions ne différaient pas statistiquement, ce qui nous conduit à retenir cette étude malgré son caractère rétrospectif.

Quatre autres études ont également été identifiées mais ne sont pas détaillées car d'une part, il s'agit d'études rétrospectives et d'autre part, leurs conclusions n'apportent pas d'élément complémentaire aux résultats des études de bonne qualité (131-134).

L'étude prospective de Koelemay (127) rapportait les résultats de la chirurgie chez des patients opérés sans artériographie systématique puis les comparait avec une population de référence statistiquement identique qui avait eu une artériographie systématique.

Cent-quatorze patients soit 125 MI, sans lésion iliaque en ED, étaient orientés sur les données de l'ED vers un traitement médical ou une revascularisation sous-inguinale par angioplastie ou enfin une intervention chirurgicale. Soixante-quinze pour cent des MI (93/125) étaient en ischémie critique. Vingt-six pour cent (33/125 MI) étaient traités médicalement. Vingt pour cent (25/125 MI) étaient traités par angioplastie : pour 16 % une artériographie préthérapeutique était nécessaire (4/25). Cinquante-

quatre pour cent des MI devaient être opérés (67/125) (1 patient décédait avant l'intervention) : pour 40 % une artériographie préthérapeutique était nécessaire (27/67). Au total, 31 artériographies (25 %) étaient réalisées. La mortalité à un mois était de 4 %, 3 % en cas de traitement médical, 0 % après angioplastie, 5 % après chirurgie ; le taux de réocclusion de pontage (29 pontages fémoro-poplités et 29 pontages fémoro-cruraux) était de 21 % et le taux d'amputation après pontage était de 17 %. À deux ans, le taux de survie était de 83 %. Le taux de réintervention était de 6 % après traitement médical, 24 % après angioplastie, 25 % après chirurgie. Le taux de sauvetage de MI était de 94 % après angioplastie, 93 % après pontage fémoro-poplité, et 74 % après pontage fémoro-crural. Les perméabilités primaire, primaire assistée et secondaire étaient respectivement de 75 %, 86 % et 93 % après pontage fémoro-poplité et de 35 %, 58 %, et 73 % après pontage fémoro-crural. La mortalité, le taux de sauvetage de MI, le taux de réintervention et les taux de perméabilité ne différaient pas entre les deux populations. La réalisation systématique d'une artériographie ne modifiait pas les résultats.

La série prospective de Schneider (128) portait sur 24 patients parmi 158 nécessitant une revascularisation pour ischémie des MI (15 %), opérés sur les résultats de l'ED, 18 fois pour ischémie critique. Les gestes réalisés étaient 14 pontages fémoro-poplités, 9 endartérectomies fémorales et 1 pontage fémoro-fémoral, associés chez 4 patients à une angioplastie iliaque. Une artériographie limitée était réalisée uniquement pour guider la dilatation chez ces 4 derniers patients. Les taux de mortalité et d'amputation postopératoire étaient nuls. Le suivi moyen était de 16,7 mois (9-30). La perméabilité primaire était de $91,7 \pm 6,8$ % à 12 mois et de $91,7 \pm 9,4$ % à 18 mois et la perméabilité primaire assistée était de 100 % à 12 mois et à 18 mois, sans aucune amputation.

La série prospective de Sarkar (129) portait sur 47 patients dont 31 (66 %) en ischémie critique ayant 65 revascularisations iliaques [27] et sous-inguinales [38]. Tous avaient une artériographie peropératoire. Pour 46 des 47 patients, le geste prévu était réalisé sans complication majeure ou conversion. Le dernier patient décédait d'un infarctus du myocarde deux semaines après complication d'une angioplastie iliaque. Les perméabilités primaire, primaire assistée et secondaire étaient de 92 %, 96 % et 100 % à 29 mois après revascularisation iliaque et de 82 %, 96 %, et 100 % à 40 mois après revascularisation sous-inguinale. L'auteur proposait de réserver l'artériographie pour les anévrysmes de l'aorte abdominale complexes, les infections de greffe aortique et la probabilité d'une revascularisation viscérale associée.

La série rétrospective de Proia (130) portait sur 23 patients consécutifs en ischémie critique traités par pontage veineux poplité sous-articulaire ou sous-poplité sur les données de l'ED seul, comparés à un groupe de 50 patients consécutifs opérés antérieurement sur les données de l'artériographie. Les caractéristiques des groupes et les interventions ne différaient pas statistiquement, ce qui nous conduit à retenir cette étude malgré son caractère rétrospectif. La perméabilité primaire à 12 mois était respectivement de 78 ± 9 % et de 70 ± 8 % dans le groupe opéré sur l'ED et dans le groupe opéré sur l'artériographie, sans différence significative. Le sauvetage de membre à un an était comparable dans les deux groupes (respectivement 70 ± 12 % et de 81 ± 7 %).

La série de Ascher (131) incluait 28 pontages distaux chez 27 patients en ischémie critique réalisés sur les données de l'ED seul (26/28) ou associé à une artériographie (ED gêné par les calcifications artérielles) (2/28). L'artériographie peropératoire confirmait l'état du réseau distal prédit par l'ED dans 25 des 26 cas. La perméabilité à 1, 3 et 6 mois était respectivement de 96 %, 85 % et 62 %. Le taux de sauvetage de membre était de 86 %.

L'étude rétrospective de Van Der Zaag (132) incluait 44 patients ayant une reconstruction aorto-iliaque (uni-ou bilatérale). Vingt-deux patients étaient opérés sur les données de l'ED seul et 22 après ED et artériographie dont 6 réalisées à la suite d'un ED non contributif, et 10 réalisées dans le cadre d'une angioplastie. Les constatations peropératoires modifiaient la stratégie pour 2 patients opérés sur l'ED et pour 4 patients ayant eu une artériographie. Au cours du suivi, 1 pontage s'occluait à J1 et une resténose était diagnostiquée dans les 3 mois après la chirurgie chez les patients opérés sur l'ED, et 3 resténoses étaient diagnostiquées dans les 3 mois dans l'autre groupe (NS).

Pour l'auteur, l'artériographie devrait être réservée aux patients ayant eu un ED non contributif.

L'étude rétrospective de Bodily (133) portait sur 11 patients ayant une reconstruction aorto-iliaque sans artériographie. Le site d'implantation des anastomoses distales choisi en peropératoire avait été correctement prédit en ED. Il n'y avait pas de décès postopératoire.

L'étude rétrospective de Pemberton (134) portait sur 215 patients (250 MI). Parmi eux, 75 patients (85 MI) étaient adressés en chirurgie sans artériographie et 63 % des patients étaient en ischémie critique.

L'artériographie peropératoire était réalisée en cas de pontage poplité bas ou sous-poplité (29 cas) et montrait un seul cas de discordance avec l'ED. Le taux d'occlusion dans le groupe des pontages poplités bas ou sous-poplités était de 14 % (4/29) à 1 mois.

VI.8. Synthèse

De nombreux auteurs ont évalué l'intérêt de l'ED pour la décision, la réalisation et la surveillance d'un pontage. Cependant, les études sont des séries de faibles effectifs, de qualité méthodologique moyenne. Les pontages sous-inguinaux sont les plus étudiés.

La planification d'un geste chirurgical sur les données d'un ED de bonne qualité diffère peu des décisions prises sur l'artériographie. Néanmoins, la chirurgie sans artériographie préalable est une pratique très peu répandue. La littérature disponible ne permet pas d'évaluer le bénéfice de cette pratique.

L'ED est communément utilisé pour évaluer la qualité du réseau veineux superficiel avant réalisation d'un pontage veineux sous-inguinal.

La détermination du site d'implantation des pontages par ED a été relativement peu étudiée. L'ED semble avoir une bonne valeur prédictive du ou des sites d'implantation des pontages sous-inguinaux.

Le contrôle ED peropératoire d'un pontage et la correction d'éventuelles anomalies détectées augmente la perméabilité du pontage et sa mise en œuvre est plus facile que l'artériographie.

Les critères diagnostiques utilisés en ED au cours de la surveillance des pontages ont pour but d'isoler les pontages qui risquent de s'occlure afin de proposer une correction préventive de l'anomalie par geste chirurgical ou angioplastie. Il n'est pas observé de consensus sur les critères décisionnels, qui varient d'une étude à l'autre.

L'utilité de l'ED pour la surveillance des pontages veineux sous-inguinaux est reconnue, alors qu'elle actuellement discutée pour les pontages fémoro-poplités sus-ou sous-articulaires en PTFE. Un seul travail qui distingue les pontages fémoro-poplités des pontages fémoro-jambiers en PTFE montre l'importance d'une surveillance ED régulière pour ces derniers.

Néanmoins, le rapport coût/bénéfice d'une surveillance par ED d'un pontage veineux sous-inguinal en complément de la surveillance clinique avec prise des IPS n'est pas connu. L'étude randomisée multicentrique européenne Vein Graft Surveillance Trial (126) a pour but de comparer le taux d'amputation, les perméabilités primaire, primaire assistée et secondaire et d'évaluer le coût de ces deux stratégies à 18 mois. Les résultats devraient être prochainement publiés.

Le rythme de surveillance dépend des équipes et du geste. Mais la majorité des équipes insiste sur l'importance d'un suivi régulier pendant les deux premières années pour les pontages veineux sous-inguinaux.

VII. ÉVALUATION DE L'ED APPLIQUÉ À LA DÉCISION ET À LA SURVEILLANCE DES GESTES DE REVASCULARISATION ENDOLUMINALE

Le traitement endoluminal des lésions artérielles occlusives repose essentiellement sur l'angioplastie par ballonnet et l'implantation d'endoprothèses. Les techniques de fibrinolyse et de thromboaspiration peuvent y être associées.

L'indication d'un traitement par angioplastie dans l'AOMI est discutée sur la clinique et l'aspect anatomique des lésions : à l'étage iliaque sténose (s) focale (s) ou occlusion courte, à l'étage fémoro-poplité sténose (s) focale (s), occlusion courte.

La revascularisation par voie endoluminale est le mode opératoire à envisager en première intention devant une ischémie critique (Second Consensus Circulation 1991) (7).

Afin de prédire la possibilité d'un traitement endoluminal, l'ED doit pouvoir distinguer entre sténose serrée et occlusion, évaluer correctement la longueur d'une occlusion et établir le caractère focal ou non d'une sténose.

VII.1. Décision thérapeutique et choix de l'angioplastie fondés sur l'ED

Dans les études identifiées, les auteurs évaluaient l'apport de l'ED pour prédire ou non la faisabilité d'une angioplastie et déterminaient si l'ED permettait la réalisation de l'angioplastie dans le même temps que l'artériographie.

L'étude prospective de Elsmann (135) portait sur 109 patients chez lesquels une indication d'angioplastie à l'étage iliaque ou fémoro-poplité avait été portée sur la clinique, les pressions distales et les résultats de l'ED. Les indications anatomiques

étaient une sténose ≥ 50 % en diamètre (ratio PSV $\geq 2,5$) ou une occlusion < 10 cm. Les non-indications étaient la présence d'un anévrisme aortique associé à des lésions aortiques ou iliaques ou toute lésion requérant une chirurgie aortique ou iliaque et des lésions diffuses. L'auteur ne précisait pas si les patients avaient une artériographie diagnostique puis la dilatation ou si la dilatation était effectuée dans le même temps que l'artériographie. À l'étage iliaque, 80 des 94 lésions diagnostiquées en ED étaient dilatées avec succès (85 %), 9 n'étaient pas confirmées ; en revanche, l'ED méconnaissait une sténose. À l'étage fémoro-poplitée, 59 des 66 lésions diagnostiquées en ED étaient dilatées avec succès (89 %), 3 n'étaient pas confirmées. Au vu de l'artériographie préangioplastie, 94 % des patients (103/109) étaient correctement sélectionnés par ED pour l'angioplastie. Le taux de succès primaire était de 90 % (98/109).

La série de Ashleigh (136) portait sur 60 patients ayant des lésions fémoro-poplitées au niveau de 78 MI considérées comme accessibles à une angioplastie sur l'ED (sténose ≥ 50 % diagnostiquée par un ratio PSV ≥ 2 , occlusion < 10 cm), à l'exclusion des lésions localisées à l'origine de l'artère fémorale superficielle et de la trifurcation poplitée et de la présence d'un anévrisme fémoral superficiel ou poplitée. Comparé à l'artériographie, l'ED avait une sensibilité et une spécificité de 86 % pour prédire l'angioplastie. L'ED distinguait les sténoses des occlusions avec une sensibilité de 86 % et une spécificité de 78 %. Pour 50 des 66 membres inférieurs ayant une sténose ou une occlusion, la longueur de la lésion était évaluée en ED et sur l'angiographie avec une différence n'excédant pas 2 cm. Dans ce travail, l'auteur ne précisait pas si les patients étaient traités ou non par angioplastie au cours de l'artériographie réalisée. En revanche, l'auteur concluait que l'angioplastie pouvait être faite dans le même temps que l'artériographie.

L'étude rétrospective de Van Der Heijden (137) portait sur 31 patients ayant une artériopathie des MI (17 patients) ou un pontage (14 patients, 15 pontages), avec 51 lésions identifiées en ED comme étant accessibles à une angioplastie. En cas d'artériopathie native, une angioplastie était proposée si l'ED montrait une sténose ≥ 50 % (ratio PSV $\geq 2,5$) sur moins de 5 cm ou une sténose de moins de 50 % au sein d'un segment multisténosé. En cas de pontage, une angioplastie était proposée si l'ED montrait une sténose sévère (ratio PSV $\geq 4,5$, EDV $\geq 0,4$ m/s et PSV $< 0,4$ m/s). Dans ce cas, les patients n'avaient pas d'artériographie pré-dilatation pour confirmer la décision thérapeutique. Au cours de l'artériographie, l'angioplastie était effectivement réalisée chez 26 patients (84 %).

La série de Whyman (138) portait sur 30 patients ayant une claudication des MI (36 MI) liée à des lésions fémoro-poplitées explorées par ED. Pour cet auteur, l'indication à une angioplastie était une sténose supérieure à 50 % de diamètre (PSV > 2) ou une occlusion courte (≤ 10 cm). Comparé à l'artériographie, l'ED avait une sensibilité et une spécificité de 94 % et 85 % pour prédire ces lésions.

VII.2. Surveillance

Le suivi par ED après revascularisation endovasculaire a fait récemment l'objet d'une synthèse (91). Au cours des 24 à 48 premières heures, l'ED est réalisé pour apprécier le résultat anatomique de la procédure à la recherche d'une sténose résiduelle ou d'une dissection, pour évaluer l'amélioration hémodynamique et pour rechercher des complications en particulier au point de ponction (hématome, faux-anévrisme, fistule artério-veineuse, dissection locale, occlusion). En cas d'implantation d'une endoprothèse, l'ED analyse la qualité de son déploiement. Au cours du suivi, l'ED est réalisé pour rechercher la survenue d'une resténose et/ou du développement d'une hyperplasie intimale endoprothétique.

L'étude prospective de Nyamekye (139) recherchait un critère ED et un degré de sténose corrélés à l'échec clinique d'une angioplastie fémoro-poplitée. Cette étude portait sur 50 patients traités pour 32 sténoses d'une longueur moyenne de 10 mm et 18 occlusions d'une longueur moyenne de 45 mm et suivis sur la clinique, les IPS au repos et à l'effort, l'ED et l'angiographie durant 9 mois. Le critère de jugement de l'auteur était clinique (absence de réintervention), sans être explicité dans la méthodologie. La mesure de l'IPS au repos et à l'effort ne prédisait pas l'échec de l'angioplastie. Toutes les resténoses étaient détectées par l'ED. En cas de succès, le ratio de vélocité max était de 2,8 et en cas d'échec le ratio minimal était de 3,8. En cas de succès clinique primaire, le diamètre de la sténose au cours du suivi était inférieur à 60 % et en cas d'échec le diamètre était supérieur à 60 %.

L'utilité de la surveillance par ED était étudiée en comparant l'ED et les pressions à la cheville (140), ou en évaluant la valeur de l'ED pour prédire un échec d'angioplastie au cours du suivi (141-145), ou en comparant la clinique, les IPS et l'ED à l'angiographie pour le diagnostic d'échec de procédure au cours du suivi (146).

La série consécutive de Radak (140) justifiait l'utilisation de l'ED pour le suivi des angioplasties fémoro-poplitées. Chez 171 patients traités avec succès par angioplastie fémoro-poplitée et suivis pendant un an, l'auteur évaluait le dépistage d'une resténose ≥ 50 % en diamètre ou d'une réocclusion par mesure de la valeur absolue de la pression à la cheville et mesure de l'IPS en prenant l'ED comme référence. Pour le diagnostic de resténose ou de réocclusion, une chute de 50 % du gain postangioplastie de l'IPS avait une sensibilité de 67 % et une spécificité de 80 %, une chute de la valeur absolue de la pression à la cheville de plus de 15 mmHg avait une sensibilité et une spécificité de 88 % et de 94 %, et une chute de la valeur absolue de la pression à la cheville de plus de 20 mmHg avait une sensibilité et une spécificité de 92 % et de 96 %.

L'étude prospective de Tielbeck (141) portait sur 124 MI traités pour claudication par procédure endoluminale fémoro-poplitée avec succès chez 124 patients. Au cours d'un suivi moyen de 16 mois (0-60), une resténose était observée chez 52 patients. Trente et un parmi ces 52 patients avaient une occlusion ou nécessitaient une réintervention (c'est-à-dire un échec de procédure). À trois mois, un ratio PSV $> 2,5$ était enregistré chez 31 % des patients ayant, à terme, un échec final (occlusion ou réintervention) et chez 7 % des patients sans échec final. Au dernier contrôle, un ratio PSV $> 2,5$ était enregistré chez 94 % des patients ayant à terme un échec final et chez 26 % des

patients avec un succès durable. Un ratio PSV $> 2,5$ avait une sensibilité de 86 % et une spécificité de 75 % pour prédire un échec final et une sensibilité de 67 % et une spécificité de 75 % pour prédire une occlusion. Le score clinique défini par la SCV/ISCVS était appliqué à cette population. Ce score tient compte des symptômes cliniques, des IPS et de l'évolution de la pression à la cheville après l'effort. Un score < 2 était considéré comme valeur seuil d'échec.

Pour l'auteur, la surveillance clinique avec prise des pressions avait une meilleure performance : un score clinique < 2 avait une sensibilité de 93 % et une spécificité de 90 % pour prédire un échec final et une sensibilité de 82 % et une spécificité de 90 % pour prédire une occlusion.

L'étude prospective de Spijkerboer (142) recherchait la valeur prédictive de l'ED après angioplastie sur le devenir d'une angioplastie fémoro-poplitée. Trente-quatre lésions fémorales communes, fémorales superficielles ou poplitées étaient traitées par angioplastie chez 25 patients.

Une sténose résiduelle ≥ 50 % était diagnostiquée sur l'ED de contrôle à J1 pour 3 lésions qui étaient occluses à un an (en angiographie ces lésions étaient < 50 % pour 2 d'entre elles et < 30 % pour la dernière). Une sténose résiduelle sur l'ED à J1 entraînait un risque relatif de resténose ou d'occlusion à un an de 2,8 et un risque d'échec clinique plus élevé mais non significatif.

L'étude prospective de Mewissen (143) recherchait la valeur prédictive de l'angiographie de contrôle postangioplastie et de l'ED post AEP pour le devenir d'une angioplastie fémoro-poplitée. Soixante-quatre MI chez 59 patients étaient traités avec succès par angioplastie fémoro-poplitée. Vingt-neuf MI étaient en ischémie critique (45 %).

Le Doppler effectué une semaine après l'angioplastie identifiait une resténose > 50 % (ratio PSV $> 2,5$) pour 18 sites d'angioplastie (28 %) et l'absence de resténose pour 46 sites d'angioplastie (72 %). La présence d'une resténose n'était pas associée à la présence d'un lambeau intimal sur l'artériographie. La perméabilité en cas de sténose résiduelle > 50 % était de 23 % à 3 mois *versus* 84 % à 18 mois en cas de sténose résiduelle < 50 %. La perméabilité à 9 mois en présence ou non de lambeau intimal ne différait pas. La détection d'une sténose résiduelle en ED n'était pas corrélée à l'aspect angiographique mais était prédictive d'un échec précoce de l'angioplastie.

La série de Myers (144) portait sur 155 MI chez 105 patients ayant 198 procédures interventionnelles (angioplastie ou stent) à l'étage iliaque acceptant un suivi par ED. Sur la courbe ROC, un PSV > 300 cm/sec avait une sensibilité de 58 % et une spécificité de 90 % pour prédire un échec technique nécessitant une nouvelle procédure.

La série de Spijkerboer (145) recherchait la valeur prédictive de l'ED post AEP pour le devenir d'une angioplastie iliaque. Soixante-dix lésions iliaques étaient traitées par angioplastie chez 61 patients et suivies un an par ED.

Un bon résultat était défini par un ratio PSV $< 2,5$ sur le contrôle à J1 et à un an, une sténose résiduelle était définie par un ratio $\geq 2,5$ quel que soit son devenir et une resténose était définie par un ratio PSV $< 2,5$ sur le contrôle à J1 et $\geq 2,5$ à un an.

À un an, 45 segments avaient un bon résultat (64,3 %), 15 segments avaient une sténose résiduelle (21,4 %) et 10 avaient une resténose (14,3 %). En cas de sténose résiduelle, le ratio PSV s'améliorait significativement à un an. À un an, le score clinique ne différait statistiquement pas entre les patients avec un bon résultat et les patients avec une sténose résiduelle.

L'étude prospective de Vroegindeweij (146) portait sur 62 patients adressés pour recanalisation fémoro-poplitée. Le suivi sur une période moyenne de 23 mois (0-69) était fondé sur la clinique (score de la SVS/ISCVS) (1), l'IPS, l'ED et l'artériographie. Le critère d'échec était angiographique : une resténose ≥ 50 % en diamètre ou une réocclusion au site dilaté, ou une nouvelle sténose sur un autre site fémoro-poplité. Cinquante-trois étaient recanalisés avec succès. Pour le diagnostic d'échec, comparés à l'artériographie, la clinique avait une sensibilité de 61% et une spécificité de 95 %, un IPS $< 0,9$ à l'effort avait une sensibilité de 81% et une spécificité de 90 %, et l'ED avait une sensibilité de 91 % et une spécificité de 100 %.

VII.3. Autres applications de l'ED appliqué aux gestes de revascularisation endoluminale

Deux applications marginales de l'ED ont été étudiées : il s'agit de la caractérisation de la plaque (147) et son rôle prédictif et de la réalisation d'une angioplastie sous contrôle ED (148-150).

Rasmawani (147) a évalué la valeur prédictive de la caractérisation de la plaque par l'ED sur le devenir de l'angioplastie. Cette étude prospective portait sur l'analyse de l'échogénicité en échelle de gris de 31 sténoses chez 17 patients. Ces sténoses étaient localisées à l'étage iliaque ou à l'étage fémoro-poplité et étaient traitées par angioplastie.

Si le score d'échogénicité était < 25 , 11 % des lésions resténosaient *versus* 78 % lorsque le score d'échogénicité était > 25 ($p < 0,001$).

La série consécutive prospective de Katzenschlager (148) portait sur 13 patients ayant une thrombolyse *in situ* réalisée dans le laboratoire d'ultrasons sous contrôle ED. Un échec de thrombolyse pour ischémie critique était suivi du décès de la malade. Pour les 12 cas restants, une angioplastie complémentaire était réalisée après thrombolyse, dans 9 cas sous contrôle fluoroscopique (un échec) et dans 3 cas sous contrôle ED : dans ce dernier groupe un embolie du tronc tibio-péronier était thromboaspiré sous contrôle scopique. Une complication mineure au point de ponction était notée chez 3 patients. Deux patients resténosaient à 6 mois.

La série de London (149) rapportait les résultats préliminaires de 45 patients ayant 55 lésions artérielles au niveau de 50 MI diagnostiquées par ED puis traitées par angioplastie sous contrôle ED. Quarante-quatre MI étaient traités pour claudication, 3 pour ischémie critique et 3 pour sténose de pontage veineux asymptomatique. En cas de claudication, ces lésions constituaient 58 % des lésions accessibles à cette stratégie. Le critère de succès de l'angioplastie était hémodynamique : obtenir un ratio PSV $< 1,5$. La mesure des IPS permettait de contrôler l'absence d'embolie. Le nombre

d'échecs primaires n'était pas précisé. Aucune complication n'était signalée durant la procédure. Une amélioration de la symptomatologie était notée pour 46 des 47 MI symptomatiques sur un suivi moyen de 23 jours. Il n'y avait pas de suivi tardif.

VII.4. Synthèse

L'ED est utilisé pour la décision, la réalisation et la surveillance d'un geste de revascularisation endoluminal. Cependant, de même que pour les pontages, peu d'études sont publiées et la qualité méthodologique des données est moyenne.

Pour les études qui évaluent l'utilité de l'ED avant la réalisation d'une angioplastie, dans plus de 80 % des cas, l'ED permet de prédire la faisabilité d'une angioplastie avec la même pertinence que l'artériographie. De ce fait, ces auteurs proposent la réalisation de l'angioplastie dans le même temps que l'artériographie. Cette pratique est à discuter par les différentes équipes intervenantes et ne peut se concevoir que dans le cadre d'une prise en charge globale du patient polyvasculaire (avis du groupe de travail).

Au décours immédiat de l'angioplastie, l'évaluation par ED de la qualité de celle-ci a une valeur prédictive de la survenue ou non d'une resténose ou d'une occlusion au site dilaté. Cependant, la pratique d'une angioplastie sous contrôle ED est très marginale.

PLACE DE L'ÉCHOGRAPHIE-DOPPLER ARTÉRIELLE DES MEMBRES INFÉRIEURS ET DE L'IPS

I. INTRODUCTION ET MÉTHODOLOGIE

L'analyse de la littérature effectuée pour l'évaluation technologique de l'ED dans l'AOMI montre une variabilité des pratiques, tant dans le déroulement de l'examen que dans les critères diagnostiques utilisés. Il n'existe pas de données consensuelles. Paradoxalement, malgré cette variabilité, l'ED est le premier examen demandé en pratique courante devant une artériopathie et son utilité est reconnue par les spécialistes en pathologie vasculaire.

Devant ce manque de standardisation, le groupe de travail a souhaité donner une opinion consensuelle sur le minimum requis pour l'appareillage nécessaire à la réalisation d'un ED des membres inférieurs, la méthode de réalisation de l'examen et sa place en fonction de la situation clinique. Cette démarche atypique dans le cadre d'une évaluation technologique a conduit l'ANAES à constituer un groupe de lecture.

Une trame pour la rédaction de ce chapitre reprenant les items sus-cités a été proposée au groupe de travail. Au cours de la dernière réunion de ce groupe, la rédaction proprement dite a été réalisée en direct sur ordinateur. Ce chapitre a alors été adressé conjointement au groupe de travail pour relecture et au groupe de lecture pour remarques et critiques.

La version finale tient compte des avis recueillis. En cas de discordance entre le groupe de travail et le groupe de lecture, les points non consensuels sont explicités à la fin de chaque paragraphe.

Rédigé à l'initiative du groupe de travail dans le cadre d'un dossier d'évaluation technologique, ce texte ne peut pas être considéré comme des « recommandations » car son élaboration n'a pas été conforme à la méthodologie spécifique que l'ANAES utilise pour la rédaction habituelle de recommandations.

II. MINIMUM REQUIS POUR L'APPAREILLAGE

II.1. Index de pression à la cheville

L'enregistrement de la pression artérielle brachiale est réalisé à l'aide d'un brassard à tension et d'une sonde de Doppler continu de 8 à 10 Mhz.

L'enregistrement des pressions à la cheville est réalisé à l'aide du même brassard et de la même sonde.

II.2. Échographie-Doppler

L'appareil d'ED utilisé pour l'exploration d'une AOMI doit posséder les fonctions de Doppler pulsé et couleur associées à l'imagerie en mode B. L'utilisation préalable du

Doppler continu est fortement conseillée. La marque, le type d'appareil et la date de mise en fonctionnement doivent légalement figurer sur le compte-rendu.

Les conditions d'examen sont l'utilisation d'une sonde adaptée (dans la plupart des cas : une sonde abdominale pour l'aorte et les axes iliaques, une sonde vasculaire pour les axes sous-inguinaux) munie d'un Doppler de 4-5 Mhz.

III. MÉTHODE DE RÉALISATION DE L'EXAMEN

III.1. Index de pression à la cheville (mesure ultrasonique)

La pression artérielle brachiale et les pressions à la cheville doivent être mesurées dans l'intervalle de temps le plus bref possible.

On s'assure de l'absence de sténose sous-clavière.

Pour le MI, le brassard est positionné juste au dessus de la cheville (tiers inférieur de jambe).

La pression systolique est définie comme la pression pour laquelle réapparaît le signal lorsque le brassard est lentement dégonflé.

En routine, la mesure est effectuée au niveau des artères tibiales antérieures (et/ou pédieuses) et postérieures. On retient la pression la plus élevée de chaque membre inférieur rapportée à la pression la plus élevée au membre supérieur.

En l'absence de signal sur l'artère tibiale antérieure et l'artère tibiale postérieure, on enregistre l'artère péronière.

L'examen est réalisé au repos et si nécessaire après épreuve dynamique (cf chap III.3).

III.2. Arbre artériel examiné en ED et technique

Le patient est en décubitus, au repos.

L'examen doit systématiquement comporter l'étude de l'aorte abdominale, des artères iliaque primitive, iliaque externe, de l'artère fémorale commune, de l'origine de l'artère fémorale profonde, des artères fémorale superficielle, poplitée sus- et sous-articulaire et du tronc tibio-péronier. Tous les segments sont analysés sur le plan anatomique et hémodynamique.

L'examen des axes de jambe comporte au minimum un enregistrement des flux tibial antérieur, tibial postérieur et péronier à la cheville.

L'étude des artères tibiale antérieure, tibiale postérieure et péronière sur toute leur hauteur est réservée à des indications particulières.

Le tir Doppler pulsé est effectué sur une coupe longitudinale avec un angle $\leq 60^\circ$ et une fenêtre d'échantillonnage suffisante.

Une épreuve de sensibilisation par l'effort peut également être indiquée (cf chap III.3).

III.3. Épreuves dynamiques

Deux épreuves sont utilisées et ont une finalité différente : l'épreuve de marche sur tapis roulant (épreuve de Strandness) et l'épreuve de sensibilisation à l'effort.

— *Épreuve de marche sur tapis roulant (épreuve de Strandness)*

L'examen de référence est l'épreuve de marche sur tapis roulant (pente à 10 %, vitesse 3 km/h.). Cette épreuve a pour but d'évaluer la distance de gêne et la distance de marche. Elle est complétée par la mesure des pressions à la cheville avant et après marche. Enfin, le temps de récupération est quantifié.

— *Épreuve de sensibilisation à l'effort*

Cette épreuve a pour but de mettre en évidence la décompensation à l'effort d'une sténose asymptomatique au repos. De nombreuses modalités d'examens sont possibles (15 à 30 flexions-extensions standard ou sur la pointe des pieds, contraction isométrique du quadriceps...).

On analyse l'aspect du spectre au niveau de la sténose et en aval, à la recherche d'une dégradation spectrale révélée par l'effort. Cette dégradation n'est recherchée qu'en l'absence de signes indirects au repos ; l'épreuve est inutile si les spectres au repos sont déjà démodulés.

Cette épreuve peut améliorer la performance de l'examen ED pour le diagnostic des sténoses intermédiaires. Elle est aussi réalisée en cas de discordance entre l'ED au repos et les données de l'interrogatoire et de l'examen clinique.

On peut mesurer également la chute de la pression distale en fin d'effort.

Ce type d'épreuve n'est ni standardisé ni évalué dans la littérature.

III.4. Critères diagnostiques

III.4.1. Pour les IPS

L'IPS est normalement supérieur à 0,9. La diminution de l'IPS est corrélée à la sévérité des lésions et à la gravité du stade clinique.

Un IPS supérieur à 1,3 témoigne d'une augmentation de rigidité de la paroi artérielle, de type médiacalcose.

III.4.2. Pour le diagnostic de sténose

— *Aspect hémodynamique :*

La sténose exprimée en pourcentage est définie en rapport de diamètre.

On dispose de deux types de signes directs (PSV max et ratio PSV) et indirects (courbe Doppler en aval d'une lésion).

- Signes directs :

Pour les artères iliaques, les valeurs seuils proposées par le groupe de travail sont :

- pour une sténose $\geq 50\%$: PSV > 200-250 cm/s, et ratio PSV > 2-2,5 ;
- pour une sténose $\geq 70\%$: PSV > 350-400 cm/s, et ratio PSV > 3,5-4.

À l'étage sous-inguinal, les ratios semblent plus pertinents. Un ratio supérieur à 2,5 à 3 est généralement admis pour différencier les sténoses de plus de 50 %.

En cas de lésions étagées, les ratios prennent toute leur importance.

Dans tous les cas, chaque centre doit valider ses propres valeurs de seuil, qui sont fonction du matériel utilisé.

- Signes indirects :

Les signes indirects concernent les sténoses $\geq 70\%$. L'amortissement (augmentation du temps de montée systolique), la démodulation (tracé monophasique, apparition éventuelle d'un flux diastolique continu) sont analysés qualitativement sur la courbe Doppler, en aval d'une lésion.

En cas de test de sensibilisation à l'effort, on étudie comparativement la dégradation spectrale entre le côté sain et le côté pathologique.

— *Aspect morphologique :*

La quantification de la sténose par mesure des diamètres peut-être réalisée, mais cette méthode n'est pas validée par la littérature.

III.4.3. Pour le diagnostic d'occlusion artérielle

L'occlusion artérielle est caractérisée par une absence de signal enregistrable au site de l'occlusion en se méfiant des calcifications massives dont le cône d'ombre empêche d'enregistrer un signal (un signal normal enregistré en aval d'un cône d'ombre permet généralement d'éliminer une occlusion segmentaire).

III.4.4. Pour la surveillance d'un geste de revascularisation conventionnelle

Une exploration hémodynamique et morphologique est effectuée au niveau des différents sites suivants :

- le pontage ;
- les anastomoses ;
- le réseau d'amont ;
- le réseau d'aval.

On utilise les paramètres cités précédemment. De plus, en cas de pontage veineux fémoro-poplité, un PSV inférieur à 45 ou 50 cm/s a été validé comme critère prédictif menaçant la perméabilité du pontage. Par extension, ces critères peuvent être utilisés pour les pontages veineux fémoro-jambiers.

III.4.5. Pour la surveillance d'un geste d'angioplastie

Une exploration hémodynamique et morphologique est effectuée au niveau des différents sites suivants :

- le site d'angioplastie ;
- l'endoprothèse éventuelle ;
- le réseau d'amont ;
- le réseau d'aval.

On utilise les paramètres cités précédemment.

III.5. Rédaction du compte-rendu

Le compte-rendu doit préciser :

- la marque et le type d'appareil avec année de mise en service (obligation légale) ;
- l'indication de l'examen ;

- l'exhaustivité de l'examen (axes artériels explorés ou non) ;
- la définition de la sténose, c'est-à-dire expliciter clairement que la sténose est exprimée en rapport de diamètre.

Les critères sur lesquels se base la quantification de la sténose doivent être fournis : PSV max au site de la sténose, ratio PSV, analyse visuelle de la courbe Doppler en aval si l'accès à la lésion n'a pas été possible.

Le compte-rendu doit préciser la localisation et l'étendue des lésions, ainsi que leur échogénicité (en particulier les calcifications majeures).

En cas d'examen anormal, une proposition de prise en charge globale de l'athérosclérose est souhaitable.

La conclusion, claire et concise, doit répondre à la question précise posée par le clinicien. En fonction de la formation du praticien qui réalise l'examen, des propositions thérapeutiques peuvent être formulées.

IV. PLACE DE L'ED ARTÉRIEL DES MEMBRES INFÉRIEURS EN FONCTION DE LA SITUATION CLINIQUE

IV.1. Patient asymptomatique

L'ED est systématique chez un patient :

- dont l'examen clinique est anormal (absence d'un pouls autre que le pouls pédieux seul, souffle ilio-fémoral) ;
- en cas de découverte d'un anévrisme de l'aorte ;
- dont les IPS sont inférieurs à 0,90 (IPS mesurés pour une raison X) ;
- avant greffon rénal, en fonction des équipes.

Dans le cadre du suivi d'un diabète type 1 et 2, le groupe de travail préconise de suivre les Recommandations de l'ALFEDIAM (65) : « Le Doppler couplé à l'échographie couleur (afin d'améliorer la performance de l'exploration ultrasonique sur les axes de jambe notamment) est recommandé chez les diabétiques asymptomatiques dont l'âge est supérieur ou égal à 40 ans et/ou dont le diabète a une ancienneté supérieure ou égale à 20 ans, s'il existe d'autres facteurs de risque associés que le diabète. Il paraît raisonnable de renouveler cet examen cinq ans plus tard.

Cet examen n'est pas systématique chez les diabétiques asymptomatiques dont l'âge est inférieur ou égal à 40 ans et/ou dont l'ancienneté du diabète est inférieure ou égale à 20 ans en l'absence d'autres facteurs de risque vasculaire.

L'existence d'un tabagisme peut conduire à moduler les indications de l'échographie-Doppler et notamment à renouveler plus précocement cet examen au fil du temps ».

Le groupe de travail préconise de se limiter à la mesure des IPS dans les deux circonstances suivantes :

- patients porteurs d'un ou plusieurs facteurs de risque ;
- patients porteurs d'une coronaropathie ou de lésions connues des TSAO (patient polyvasculaire).

La pratique d'un examen complet par ED dépend de la valeur des IPS trouvés.

Avis divergent :

La pratique d'un ED systématique avant cathétérisme artériel utilisant l'abord fémoral en fonction du contexte clinique est proposée par le groupe de travail et est discutée par le groupe de lecture.

La pratique d'un ED systématique chez le coronarien est proposée par le groupe de lecture.

IV.2. Claudication

— *Au décours d'une première consultation :*

L'ED est systématique.

— *Aggravation d'une claudication connue :*

L'ED est systématique dans le but de rechercher le mécanisme de l'aggravation clinique :

- développement d'un obstacle en amont ou en aval d'une occlusion connue ;
- occlusion d'un segment antérieurement sténosé ;
- évaluation de la collatéralité.

— *Renseignements en ED nécessaires pour orienter la conduite thérapeutique*

L'ED permet d'établir l'origine artérielle de la claudication. Afin d'orienter la prise en charge thérapeutique du patient, le compte-rendu doit fournir les renseignements suivants :

- topographie des lésions ;
- tolérance hémodynamique de l'AOMI ;
- morphologie et longueur des lésions ;
- valeur de la collatéralité.

— *Circonstances de réalisation d'une épreuve de sensibilisation à l'effort*

L'épreuve de sensibilisation à l'effort est réalisée en cas de discordance entre l'ED au repos et les données l'interrogatoire et de l'examen clinique.

— *Importance de l'ED avant réalisation d'une artériographie pour guider la voie d'abord*

L'utilité de répéter l'ED avant la réalisation d'une artériographie pour guider la voie d'abord est fonction de plusieurs paramètres : contexte clinique (aggravation clinique depuis l'ED précédent), qualité de l'ED dont on dispose, délai entre l'ED et l'artériographie. L'ED n'est pas pratiqué systématiquement, il doit être discuté au cas par cas.

— *Fréquence de la surveillance chez le claudicant en cas de traitement médical*

Une surveillance par ED peut être proposée une fois par an (attitude non consensuelle).

L'ED doit être réalisé en cas d'aggravation clinique.

— *Bilan des autres territoires vasculaires clés accessibles à l'ED*

L'exploration par ED des autres territoires vasculaires concerne :

- les troncs supra-aortiques, à titre systématique ;
- les artères rénales, en fonction des données de la clinique (âge, HTA, insuffisance rénale).

Avis divergent :

La réalisation d'un ED des artères rénales en fonction de l'âge seulement n'est pas justifiée pour certains membres du groupe de lecture.

IV.3. Ischémie critique

En cas d'ischémie critique, l'ED est systématique pour :

- établir le bilan des lésions artérielles des membres inférieurs (nombre d'étages atteints, valeur de la collatéralité, état des parois artérielles) ;
- orienter l'artériographie (voie d'abord, exploration ou non des axes iliaques en fonction des résultats de l'ED) ;
- aider à la décision thérapeutique (geste endovasculaire ou revascularisation conventionnelle, éventuellement combinés).

Une situation clinique concernant la pratique de l'artériographie est détaillée par le groupe de lecture : en l'absence de sténose ou d'occlusion iliaque sur un ED de bonne qualité, la réalisation d'une ponction directe fémorale unilatérale permettant une meilleure opacification des artères distales avec une plus faible quantité de produit de contraste iodé peut être l'alternative à un cathétérisme de l'axe iliaque et réalisation d'une artériographie bilatérale.

Par ailleurs, une étude du capital veineux superficiel (membres inférieurs et/ou supérieurs) peut être nécessaire en vue d'un pontage.

IV.4. Place de l'ED en situation périthérapeutique

IV.4.1. Avant le geste de revascularisation

- *Renseignements nécessaires avant un geste de revascularisation à l'étage sus-inguinal ou sous-inguinal :*

L'ED fournit les renseignements suivants :

- caractéristiques des lésions :
 - occlusion ou sténose, degré de sténose, excentrée ou non, bourgeon calcifié, anfractuosité ;
 - longueur ;
 - caractère isolé ou pas (sténose isolée, sténoses multiples, ou surcharge diffuse) ;
- diamètres artériels ;
- anévrisme associé ;
- état des axes proximaux ;
- état du lit d'aval.

- *Renseignements nécessaires avant un geste de revascularisation conventionnelle*

L'ED permet d'évaluer :

- la qualité de l'axe receveur ;
- la qualité de l'axe donneur ;
- les calcifications pariétales sur les axes receveur et donneur.

Par ailleurs, un examen par ED du réseau veineux superficiel (membres inférieurs et/ou supérieurs) permet d'évaluer le capital veineux en cas de revascularisation sous-inguinale.

IV.4.2. Surveillance après geste de revascularisation endoluminale

- *ED au décours immédiat de la procédure :*

Un ED de contrôle n'est pas systématique après un geste de revascularisation endoluminale. Pour les équipes qui le pratiquent, il constitue un examen de référence pour le suivi des patients. Il est alors réalisé entre J0 et J2.

L'ED est indispensable en cas d'incident au cours de la procédure.

Au niveau de la zone d'angioplastie, l'ED recherche :

- un dégât pariétal ;
- une dissection obstructive ;
- une sténose résiduelle.

En cas d'endoprothèse, l'étude porte de plus sur :

- la mesure des diamètres et de la longueur de l'endoprothèse ;
- la qualité de l'ouverture d'endoprothèse ;
- la couverture de la zone pathologique.

Le contrôle du point de ponction n'est pas systématique. En cas de masse palpable, de « thrill » ou de souffle audible, il est réalisé à la recherche des anomalies suivantes :

- hématome ;
- faux-anévrisme (hématome circulant) ;
- fistule artério-veineuse ;
- dissection.

L'état de l'axe veineux contigu est également apprécié.

— *ED au cours du suivi*

Au cours du suivi, l'ED de contrôle réalisé au niveau de la zone d'angioplastie recherche une resténose ou une occlusion, et cherche à déterminer son mécanisme.

En cas d'endoprothèse, l'ED de contrôle :

- mesure les diamètres et la longueur de l'endoprothèse ;
- étudie la qualité de l'ouverture de l'endoprothèse ;
- recherche une hyperplasie dans l'endoprothèse ou au niveau de ses extrémités (par ED couleur ou puissance), dont le retentissement hémodynamique local et à distance est évalué en Doppler pulsé.

L'exploration au site traité est complétée par une exploration systématique du réseau artériel en amont et en aval et du membre inférieur controlatéral.

— *Calendrier de surveillance :*

Il n'y a pas de consensus. De principe, on peut préconiser un contrôle régulier au cours de la première année (par exemple à 1, 3, 6 et 12 mois) puis par la suite un contrôle annuel.

La pratique d'un ED est nécessaire en cas de survenue d'un événement clinique.

Au moment de l'ED, il est **indispensable** d'avoir à disposition le compte-rendu de la procédure endoluminale.

Avis divergent :

Le calendrier de surveillance durant la première année, préconisé par le groupe de travail, a suscité plusieurs remarques du groupe de lecture. Ce dernier propose de réserver des contrôles **systématiques** fréquents (1, 3, 6, 12 mois) aux procédures endoluminales difficiles et d'espacer les contrôles pour les autres.

IV.4.3. Surveillance après revascularisation conventionnelle

— *ED au décours immédiat de l'intervention :*

Un ED est systématique avant la sortie du patient (J8 à J12) pour contrôler la perméabilité du geste de revascularisation. Cet ED sert de référence pour le suivi.

— *ED au cours du suivi :*

Quel que soit le type de revascularisation (pontage, endartériectomie, patch +/- endartériectomie), le contrôle par ED :

- recherche une sténose ou un faux-anévrisme au niveau des anastomoses ou des sutures ;
- porte sur le lit d'amont et le lit d'aval.

Dans le cas d'un pontage, le contrôle par ED recherche :

- une sténose et/ou une évolution dysplasique du greffon veineux ;
- une fistule artério-veineuse non intentionnelle en cas de pontage veineux *in situ* ;
- une sténose sur l'anastomose intermédiaire d'un pontage composite (prothèse + veine) ;
- une plicature ou une compression musculo-tendineuse positionnelle (examen positionnel) ;
- une dilatation, une collection périponage dans le cadre d'un pontage prothétique.

— *Calendrier de surveillance*

En cas de revascularisation conventionnelle sus-inguinale, un contrôle par ED est préconisé à 1, 3, 6 et 12 mois, puis tous les ans.

En cas revascularisation conventionnelle sous-inguinale :

- pour les pontages veineux, un contrôle par ED est préconisé tous les trois mois pendant deux ans, puis tous les ans ;
- pour les pontages prothétiques, le calendrier est plus discutable, car les paramètres prédictifs de dégradation du pontage sont moins pertinents.

Au moment de l'ED, il est **indispensable** d'avoir à disposition au moins le compte-rendu ou un schéma de l'intervention, l'idéal étant d'avoir les deux.

Avis divergent :

Le calendrier de surveillance durant la première année, préconisé par le groupe de travail, a suscité plusieurs remarques du groupe de lecture. Ce dernier propose de réserver des contrôles **systematiques** fréquents (1, 3, 6, 12 mois) aux gestes de revascularisation conventionnelle difficiles et d'espacer les contrôles pour les autres.

IV.5. Situations cliniques où l'ED artériel des MI n'est pas justifié

L'ED n'est pas justifié dans tous les cas où l'IPS est $\geq 0,9$, sauf :

- s'il existe un diabète ou une insuffisance rénale chronique ;
- s'il existe une anomalie clinique : présence d'un anévrisme ou bien absence de pouls autres que pédieux.

En cas d'ischémie aiguë, l'ED ne doit pas **retarder** la revascularisation.

ANNEXES

Liste des abréviations utilisées dans les tableaux

Technique

ED : écho-Doppler

IPS : index de pression systolique bras-cheville

PSV : pic de vélocité systolique

PSV (Ratio) : rapport entre le pic de vélocité maximal au niveau de la sténose et le pic de vélocité en amont ou en aval de la sténose

EDV : vitesse en fin de diastole

Méthodologie

Se : sensibilité

Sp : spécificité

ROC (Courbe) : *receiver operating characteristic curve analysis*

NP : non précisé

Clinique

MI : membre inférieur

Stade II : claudication

D de D : douleur de decubitus

Pontage en PTFE : pontage en poly-tétra-fluoro-éthylène (par exemple Goretex™)

Anatomie (ancienne nomenclature)

IP : iliaque primitive

IE : iliaque externe

FC : fémorale commune

FP : fémorale profonde

FS : fémorale superficielle

Pop : poplité

Fem-pop : fémoro-poplité

Tronc TP : tronc tibio-péronier

T post : tibiale postérieure

T ant : tibiale antérieure

Pér : péronière

Dist : distal

Prox : proximal

Moy : moyen

Société

SCV/ISCS : *Society for Vascular Surgery/International Society for Cardiovascular Surgery*

Tableau 1. Catégories cliniques de l'ischémie chronique de la SVS /ISCVS, d'après Rutheford (2).

Grade	Catégorie	Description clinique	Critères objectifs
0	0	Asymptomatique – pas de maladie artérielle obstructive hémodynamiquement significative	Épreuve de marche sur tapis roulant* ou test d'hyperhémie normaux
	1	Claudication légère	Épreuve de marche sur tapis roulant menée à terme. Pression à la cheville après l'exercice > 50 mm Hg, mais ayant chuté d'au moins 20 mm Hg par rapport à la pression au repos
I	2	Claudication modérée	Entre les catégories 1 et 3 Épreuve de marche sur tapis roulant incomplète <i>et</i> pression à la cheville après l'exercice < 50 mm Hg
	3	Claudication sévère	
II	4	Douleur de repos ischémique	Pression à la cheville au repos < 40 mm Hg, enregistrement par pléthysmographie au niveau de la cheville ou du métatarse plat ou à peine pulsé ; pression au gros orteil < 30 mmHg
III	5	Perte tissulaire mineure – ulcération, gangrène focalisée avec ischémie diffuse du pied	Pression à la cheville au repos < 60 mm Hg, enregistrement par pléthysmographie au niveau de la cheville ou du métatarse plat ou à peine pulsé ; pression au gros orteil < 40 mmHg
	6	Perte tissulaire majeure – s'étendant au delà du métatarse, appui du pied ne pouvant plus être préservé	Idem catégorie 5

* Cinq minutes à 2 miles / heure, pente à 12 % (1 mile = 1,6 km)

Tableau 2. Valeurs normales de l'index de pression à la cheville.

Auteur	Population	valeur normale d'IPS
ABRAHAM 1995 (38)	65 sujets normaux 80 MI normaux en ED sur 101 explorés par ED**	IPS : $1,10 \pm 0,07$ IPS : $1,16 \pm 0,10$
BAXTER 1993 (33)	Étude prospective de 20 patients symptomatiques, avec référence artériographique ; n = 5 MI angiographiquement normaux	IPS : $0,92 \pm 0,12$
BECKER 1990 (60)		IPS : $1,05 \pm 0,04$
HIRAI 1984 (43)	20 sujets normaux	IPS : $1,18 \pm 0,08$
OURIEL 1982 (32)	25 sujets normaux (n = 50 MI)	IPS : $1,1 \pm 0,01$ IPS $\geq 0,97^*$
CARTER 1969 (151)	Sujets normaux (n = 86 MI)	IPS $\geq 0,97$
YAO 1969 (42)	25 sujets normaux (n = 50 MI)	IPS > 1
CARTER 1968 (28)	Sujets normaux (n = 44 MI) Sujets normaux mais avec antécédents cardiovasculaires (n = 41 MI)	IPS moyen 1,15 (0,98 à 1,31) IPS moyen 1,1 (0,97 à 1,24) (p < 0,05 par rapport au sujet normal)
WINSOR (1950) (152)	10 sujets normaux	IPS > 1

* Courbe ROC : IPS < 0, 97 permet de différencier 50 MI sains et 372 MI porteurs d'une artériopathie asymptomatique ou symptomatique avec une Se de 97 % et une Sp de 100 % .

**Référence ED : disparition du reflux Doppler et plaques athéroscléreuses en écho (site d'enregistrement non précisé)

Tableau 3. Valeurs pathologiques des IPS en fonction du paramètre de référence.

Auteur	Population	Valeur pathologique d'IPS	
En fonction de la lésion (nature ou topographie)			
ABRAHAM 1995 (38)	101 patients	110 MI pathologiques en ED:	IPS : 0,91 ± 0,21
	référence : ED (disparition du reflux Doppler et plaques athéroscléreuses en écho ; site d'enregistrement non précisé)	80 MI normales en ED:	IPS : 1,16 ± 0,10
BAXTER 1993 (33)	Étude prospective 20 patients symptomatiques Référence : angiographie	Occlusion fem-pop :	IPS : 0,51 ± 0,2
		Sténose fem-pop :	IPS : 0,86 ± 0,12
		Occlusion ou sténose iliaque ≥ 50 % :	IPS : 0,59 ± 0,12 ;
		Normal :	IPS : 0,92 ± 0,12
		Pas de différence significative entre Normal et Sténose fem-pop Différence significative entre Normal / Sténose fem-pop et Occlusion fem-pop / Lésions iliaques	
HIRAI 1984 (43)	34 patients (n = 50 MI) Référence angiographie	Artériopathie :	IPS : 0,62 ± 0,15
		Lésion fem-pop isolée :	IPS : 0,66 ± 0,12
		Lésion iliaque isolée:	IPS : 0,64 ± 0,17
		Lésions fem-pop et iliaque :	IPS : 0,51 ± 0,14
		Différence significative entre Normal/artériopathie (p < 0,001) Différence significative entre lésions fem-pop isolées plus iliaque isolées/lésions fem-pop et iliaque associées (p < 0,01)	
YAO 1969 (42)	Occlusion (n = 51 iliaques et n = 107 fem-pop) Sténose (n = 30 MI) Lésion athéromateuse modérée (n = 25 MI) Référence : angiographie	IPS < 1	
		IPS < 1 dans 28/30 MI	
		IPS < 1 dans 22/25 MI	
CARTER 1968 (28)	Occlusion artérielle unique ou double (n = 112 MI) Sténose (n = 34 MI) Référence : angiographie	IPS < 0,81	
		Près de 50 % des IPS < 0,8 ; mais 5/25 MI avec une sténose sévère et 4/9 MI avec une sténose modérée : IPS > 0,98	

Tableau 3 (suite). Valeurs pathologiques des IPS en fonction du paramètre de référence.

Auteur	Population	Valeur pathologique d'IPS	
En fonction du stade clinique			
DE GRAFF 2001 (37)	54 patients, 107 MI	MI asymptomatique (26 MI)	IPS : 1,01 (SD 14)
		Claudication (54 MI)	IPS : 0,74 (SD 20)
		DdeD /ulcère/gangrène (27 MI)	IPS : 0,47 (SD 12)
BECKER (1990) (60)	NP	Groupe Noraml :	IPS : 1,05 ± 0,04
		Asymptomatique :	IPS : 0,89 ± 0,18
		Claudicant :	IPS : 0,61 ± 0,17
		DdeD :	IPS : 0,36 ± 0,15
		Ulcère/gangrène :	IPS : 0,37 ± 0,16
OURIEL 1982 (32)	218 patients (N = 372 MI) 25 sujets normaux	Valeurs des IPS statistiquement différentes d'un groupe à l'autre :	
		Groupe Normal :	IPS : 1,1 ± 0,01
		Claudicant :	IPS : 0,62 ± 0,01
		DdeD/ulcère/gangrène :	IPS 0,46 ± 0,02
YAO 1970 (61)	326 patients 50 sujets sains	Corrélation significative entre IPS et stade clinique	
		Normal (50MI) :	IPS: 1,11 ± 0,10
		Claudicant (213 MI) :	IPS : 0,59 ± 0,15
		Douleur de décubitus (77 MI) :	IPS : 0,26 ± 0,13
		Gangrène (36 MI) :	IPS: 0,05 ± 0,08

Tableau 3 (suite). Valeurs pathologiques des IPS en fonction du paramètre de référence.

Auteur	Population	Valeur pathologique d'IPS	
À l'effort en fonction de la topographie des lésions			
HIRAI 1984 (43)	34 patients (50 MI) Référence angiographie 2 types d'effort : dorsi-flexion du pied - > IPS extension genou - > IPS	Normal :	IPS : 1,09 ± 0,11
			IPS : 1,10 ± 0,12
		Artériopathie :	IPS : 0,41 ± 0,15
			IPS : 0,45 ± 0,19
		Lésion fem-pop isolée :	IPS : 0,43 ± 0,12
			IPS : 0,53 ± 0,16
		Lésion iliaque isolée:	IPS : 0,46 ± 0,15
			IPS : 0,41 ± 0,15
		Lésions fem-pop et iliaque :	IPS : 0,29 ± 0,15
			IPS : 0,31 ± 0,19
		Différence significative entre normal/artériopathie pour les deux types d'exercices (p < 0,001)	
		Différence significative entre lésions fem-pop isolées plus iliaque isolées/lésions fem-pop et iliaque associées pour les deux types d'exercice (p < 0,01)	
		Chute des IPS plus élevée après dorsi-flexion du pied qu'après extension genou en cas de Lésion FS isolée et chute de pression moindre en cas de Lésion iliaque isolée	
CHAMBERLAIN 1975 (41)	31 patients claudicants Référence angiographie	Corrélation entre la sévérité des lésions artériographiques et la valeur de l'IPS au repos (p < 0,001)	
		Évolution de la pression à la cheville après effort en fonction de la sévérité des lésions :	
		<ul style="list-style-type: none">- Sujet normal : augmentation de la pression à la cheville après effort- Lésion aorto-iliaque isolée : IPS normal ou modérément réduit au repos ; chute sévère et prolongée à l'effort- Lésion fem-pop isolée : IPS réduit au repos ; chute modérée et brève à l'effort	
		Corrélation entre la sévérité des lésions artériographiques et la sévérité de la chute de la pression à la cheville à l'effort (p < 0,001)	

Tableau 4. Performance diagnostique de l'IPS.

Auteur	Population	Critère diagnostique, valeur de l'IPS et performance		
SIMON 2000 (39)	140 patients asymptomatiques porteurs de facteurs de risque vasculaire Détection par échographie de lésions athéroscléreuses (plaques non sténosantes ou sténoses $\geq 50\%$) iliaques FC ou FS	ISP $< 0,9$	Se 44 %	Sp 98 %
LIJMER 1996 (35)	Étude rétrospective de 106 MI explorés par artériographie chez 441 patients artériopathes	Détection d'une sténose $\geq 50\%$ ou d'une occlusion quel que soit son siège : IPS $< 1,19$ IPS $< 1,05$ IPS $< 0,98$ IPS $< 0,91$	Se 94 % Se 88 % Se 85 % Se 79 %	Sp 29 % Sp 83 % Sp 85 % Sp 96 %
ABRAHAM 1995 (38)	101 patients adressés pour une exploration artérielle (110 MI pathologiques, 80 MI normaux) Référence ED : disparition du reflux Doppler et plaques athéroscléreuses en écho (site d'enregistrement non précisé)	Diagnostic d'une artériopathie mineure IPS Normal $\geq 0,8$ IPS Normal $\geq 0,9$ IPS Normal $\geq 0,95$	Se 16 % Se 39 % Se 46 %	Sp 100 % Sp 100 % Sp 98 %
FEIGELSON 1994 (34)	484 adultes (967 MI) Diagnostic d'une artériopathie clinique sur un algorithme clinique	Diagnostic d'une artériopathie des gros vaisseaux IPS inférieur ou égal à 0,8 En associant IPS $\leq 0,8$ et PSV ≤ 3 cm/sec au niveau de la tibiale postérieure :	Se 39,6 % Se 89 % Se 82 % Se 88 %	Sp de 99 % Sp 99 % dans la population totale, Sp 99 % en excluant les lésions isolées de la tibiale postérieure, Sp 99 % dans la population asymptomatique.
BAXTER 1993 (33)	Étude prospective de 20 patients symptomatiques, avec référence artériographique	Sténose $> 50\%$ / occlusion IPS < 1	Se 100 %	Sp de 40 %

Tableau 4 (suite). Performance diagnostique de l'IPS.

Auteur	Population	Critère diagnostique, valeur de l'IPS et performance		
NICHOLSON 1993 (44),	50 patients consécutifs ayant une artériographie pour des symptômes d'artériopathie	Sténose > 25 % Chute de la pression à la cheville \geq 20 mmHg	Se 92 %	Sp 75 %
OURIEL 1982 (32)	25 sujets normaux (50 MI) 218 patients (372 MI) porteurs d'une artériopathie asymptomatique ou symptomatique	Distinction entre MI sain et pathologique IPS < 0,97 : Se 97 % Sp 100 %		
CARTER 1969 (151)	NP	Artériopathie angiographique IPS < 0,97 Se 94 % Sp 100 %		

Tableau 5. Valeur pronostique de l'IPS.

Auteur	Étude	Résultats
AQUINO 2001 (51)	Série de 1244 hommes claudicants Suivi moyen 45 mois (analyse statistique possible sur 12 ans)	Chute de l'IPS de 0,1 Risque relatif de douleurs de décubitus de 2,2 Risque relatif d'ulcération ischémique de 1,9
LENG 1996 (53)	Cohorte de 1592 hommes et femmes âgés de 55 à 74 ans Suivi 5 ans.	Après ajustement pour âge, sexe, antécédents d'ischémie coronaire et de diabète à l'entrée de l'étude, pour un IPS $\leq 0,9$, Risque relatif d'infarctus du myocarde non fatal 1,38 Risque relatif d'AVC 1,98 Risque relatif de décès cardio-vasculaire 1,85 Risque relatif de décès de toute cause 1,58
MATZKE 1996 (45)	Étude rétrospective portant sur le risque d'amputation de 145 MI en ischémie critique chez 160 patients	À 3 mois, 36 MI amputés (25 %) Différence significative des IPS entre MI amputé (moy 0,26, médiane 0,24) et non amputé (moy 0,31, médiane 0,32) ($p < 0,01$) Mais chevauchement des valeurs et pas de valeurs seuils nettes entre population amputée (ext 0,03 à 0,47) et population non amputée (0,1 à 0,5) IPS $< 0,3$: amputation prédite à 3 mois avec une Se de 57 % et une Sp de 61 % IPS $< 0,4$: amputation prédite à 3 mois avec une Se de 80 % et une Sp de 37 % IPS $< 0,5$: amputation prédite à 3 mois avec une Se de 94 % et une Sp de 18 %

Tableau 5 (suite). Valeur pronostique de l'IPS.

Auteur	Étude	Résultats
NEWMAN 1993 (56)	Cohorte de 1537 hommes et femmes de plus de 60 ans Suivi moyen de 16 mois.	En fin de suivi, pour un IPS $\leq 0,9$ Risque relatif de mortalité globale de 3,8 Risque relatif de mortalité coronaire de 3,24 Risque relatif de mortalité cardiovasculaire de 3,7 Risque relatif de mortalité et morbidité cardiovasculaire de 2,5 Après ajustement pour âge, sexe, facteurs de risques vasculaires et antécédents cardiovasculaires à l'entrée de l'étude Risque relatif de mortalité globale de 4,1 Risque relatif de mortalité et morbidité cardio-vasculaire de 2,4
OGREN 1993 (50)	Cohorte de 477 hommes de plus de 68 ans Suivi moyen de 81 ± 26 mois.	Après ajustement pour tabac, HTA, hyperlipidémie, et antécédents d'ischémie coronaire à l'entrée de l'étude, pour un IPS $< 0,9$, Risque relatif de mortalité globale 2,3 ($p < 0,001$) Risque relatif de mortalité coronaire 2,6 ($p < 0,001$) Risque relatif de survenue d'un événement cardiaque 2,3 ($p < 0,001$)
VOGT 1993 (52)	Cohorte de femmes âgées de 65 ans et plus Suivi moyen 4,3 ans.	À 4 ans, après ajustement pour âge, tabac, et autres facteurs de risque vasculaire pour un IPS $\leq 0,9$, Risque relatif de mortalité globale de 3,1 Risque relatif de mortalité cardiaque de 3,7 Risque relatif de mortalité cardio-vasculaire de 4 Risque relatif de mortalité par cancer de 3,3 Risque relatif de mortalité de toutes autres causes de 1,1
DORMANDY 1991 (63)	Étude prospective de 1969 claudicants ayant un IPS $< 0,85$ et suivis au moins 1 an Suivi total de 2 129 patient-années	En fin de suivi, pour un IPS $\leq 0,5$ Risque relatif de mortalité globale de 2,02 Risque relatif d'aggravation de l'ischémie de 2,31

Tableau 5 (suite). Valeur pronostique de l'IPS.

Auteur	Étude	Résultats		
McKENNA 1991 (49)	Suivi d'une cohorte de 744 patients adressés pour exploration vasculaire non invasive. Suivi médian de 3,28 ans	Survie actuarielle en fonction de l'IPS initial ($p < 0,001$)		
		IPS $> 0,85$	Survie à 5 ans 85 %	à 10 ans 77 %
		IPS 0,4 - 0,85	Survie à 5 ans 65 %	à 10 ans 51 %
		IPS $< 0,4$	Survie à 5 ans 42 %	à 10 ans 33 %
		Après ajustement pour âge, race, tabac, pression artérielle systolique, hypertension, insuffisance cardiaque, amputation majeure, et cardiopathie ischémique à l'entrée de l'étude, Pour un IPS $> 0,85$, Risque relatif de mortalité globale de 1 Pour un IPS 0,4 - 0,85 Risque relatif de mortalité globale de 2,02 ($p < 0,001$) Pour un IPS $< 0,4$ Risque relatif de mortalité globale de 3,35 ($p < 0,001$)		
O'RIORDAIN 1991 (55)	Cohorte de 113 patients consécutifs claudicants avec un IPS de repos $< 0,85$ ou une chute de l'IPS de 15 % à l'effort Suivi médian de 82 mois	Pour un IPS initial $< 0,5$	Taux de mortalité de 20, 50 et 69 % respectivement à 2,5 et 7 ans	
		Pour un IPS initial $\geq 0,5$	Taux de mortalité de 5, 16 et 24 % respectivement à 2,5 et 7 ans	

Échographie-Doppler dans l'artériopathie oblitérante des membres inférieurs

Tableau 6. Échographie Doppler : recherche de critères diagnostiques.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel d'étude, patients, axe artériel, effectif lésion	Examen de référence	Résultats		
DE SMET 1996 (16)	Prospectif probable	Echo mode B et ED pulsé	Axe iliaque	Artériographie	1) PSV		
			112 axes iliaques	Face Multiplan si nécessaire	Sténose ≥ 50 %	PSV ≥ 200m/sec	Se 95 % Sp 55 %
	Indépendance NP		Axe Normal ou sténose unique (lésions multiples et occlusions exclues)	Pression intra-artérielle FC - au repos et ap papavérine - index systolique de pression	2) Ratio PSV		
					Sténose ≥ 20 %	ratio PSV ≥ 1,5	Se 95 % Sp 73 %
					Sténose ≥ 50 %	ratio PSV ≥ 2,8	Se 86 % Sp 84 %
					Sténose ≥ 75 %	ratio PSV ≥ 5	Se 65 % Sp 91 %
			Clinique NP	Calcul de sténose précisé (en diamètre)	3) EDV		
					Sténose ≥ 50 %	EDV ≥ 10 cm/sec	Se 67 % Sp 93 %
					Sténose ≥ 75 %	EDV ≥ 40 cm/sec	Se 70 % Sp 90 %
					4) Ratio PSV et [flux monophasique et élargissement spectral] Ratio PSV < 1,5 avec flux bi/triphasique et pas d'élargissement spectral : identifie toutes les sténoses < 20 %		
					5) Ratio PSV et ratio EDV		
					Sténose ≥ 50 %	ratio PSV ≥ 2,8 et < 5	Se 86 % Sp 84 %
					Sténose ≥ 75 %	ratio PSV ≥ 5 et EDV ≥ 40cm/ sec	Se 57 % Sp 97 %
					6) Critères proposés		
					PSV < 1,5, flux bi/triphasique et présence d'une fenêtre sombre		
					Sténose < 20 %		
					PSV < 200 cm/sec et /ou ratio PSV < 2,5		
					Sténose < 50 %		
					Ratio PSV ≥ 2,5		
					Sténose ≥ 50 %		
					Ratio PSV ≥ 5 et EDV ≥ 40cm/ sec		
					Sténose ≥ 75 %		
					EDV > 0cm/sec		
					Sténose hémodynamique		

Tableau 6 (suite). Échographie Doppler : recherche de critères diagnostiques.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel d'étude, patients, axe artériel, effectif lésion	Examen de référence	Résultats		
LENG 1993 (17)	Prospectif	ED pulsé et couleur	28 patients Axe fem-pop	Artériographie Biplan	1) Sténose $\geq 50\%$	Se	Sp
	Lecture indépendante	2	30 sténoses localisées isolées	3 lecteurs indépendants	Ratio PSV ≥ 2	93%	62%
	ED/ artériographie	observateur s	sur l'artériographie	Calcul de sténose précisé (en diamètre)	Ratio PSV ≥ 3	70%	96%
					Élargissement spectral marqué	48%	73%
					Aspect monophasique	37%	67%
			Clinique NP				
					2) Paramètres proposés pour sténoses fem-pop		
					0-49 %	ratio PSV < 3	
					50-99 %	ratio PSV ≥ 3	
					Occlusion	Pas de flux	

Tableau 6 (suite). Échographie Doppler : recherche de critères diagnostiques.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel d'étude, patients, axe artériel, effectif lésion	Examen de référence	Résultats			
SACKS 1992 (18)	Prospectif probable Lecture indépendante ED/ artériographie (relecture des artériographies)	ED pulsé	51 patients 86 MI 558 segments Axe iliaque Axe fem-pop Clinique : stade II, ischémie critique, anévrisme de l'aorte abdominale	Artériographie Face Oblique si nécessaire Lésion de premier ordre : proximale ou isolée Lésion de second ordre : 2 ^e lésion Calcul de sténose précisé (en diamètre)	1) Sténoses quel que soit le site (occlusions exclues) :			
					Sténose > 50 %	PSV > 120 cm/sec ratio PSV > 1,4	Se 70 % Se 71 %	Sp 81 % Sp 97 %
					Sténose > 70 %	PSV > 160 cm/sec ratio PSV > 2	Se 77 % Se 80 %	Sp 90 % Sp 93 %
					Sténose > 90 %	PSV > 180 cm/sec ratio PSV > 2,9	Se 85 % Se 85 %	Sp 90 % Sp 93 %
					2) Lésions multiples (occlusions exclues) :			
					- Doppler moins performant pour la lésion du 2 ^e ordre - supériorité du ratio PSV			
					Sténose > 50 % de 1 ^{er} ordre			
						PSV > 120 cm/sec ratio PSV > 1,4	Se 87 % Se 82 %	Sp 82 % Sp 98 %
					Sténose > 50 % de 2 ^e ordre			
						PSV > 120 cm/sec ratio PSV > 1,4	Se 56 % Se 62 %	Sp 82 % Sp 98 %
					Sténose > 70 % de 1 ^{er} ordre			
						PSV > 160 cm/sec ratio PSV > 2	Se 94 % Se 94 %	Sp 93 % Sp 96 %
					Sténose > 70 % de 2 ^e ordre			
						PSV > 160 cm/sec ratio PSV > 2	Se 63 % Se 68 %	Sp 92 % Sp 95 %
					Sténose > 90 % de 1 ^{er} ordre			
						PSV > 180 cm/sec ratio PSV > 2,9	Se 83 % Se 83 %	Sp 93 % Sp 96 %
					Sténose > 90 % de 2 ^e ordre			
						PSV > 180 cm/sec ratio PSV > 2,9	Se 86 % Se 86 %	Sp 94 % Sp 96 %
					3) Occlusions			
							Se 92 %	Sp 99 %

Échographie-Doppler dans l'artériopathie oblitérante des membres inférieurs

Tableau 6 (suite). Échographie Doppler : recherche de critères diagnostiques.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel d'étude, patients, axe artériel, effectif lésion	Examen de référence	Résultats
STRAUSS 1991 (19)	Prospective probable	ED pulsé	103 patients 123 bifurcations fémorales	Artériographie biplan si nécessaire	1) PSV de la FP : FP normale et FS normale PSV 60 ± 14 cm/sec FP normale et FS occluse PSV 130 ± 43 cm/sec Sténose FP > 30 % et FS occluse PSV 270 ± 86 cm/sec
	Lecture indépendante	ED/ artériographie	Sténose de l'origine de la FP en présence ou non d'une occlusion FS	Calcul de sténose précisé (en diamètre)	2) Sténose FP > 30 % et FS occluse PSV ≥ 180 cm/sec Se 91% Sp 85%
			Clinique NP		
ARTICLES EXCLUS					
SENSIER 1996 (153)	Prospectif	ED pulsé et couleur	Axe Aorto-Iliaque Axe fem-pop Trépied jambier (Tronc TP, origine Tant, T post, Pér)	Artériographie Face Oblique parfois	PSV Sténose ≥ 50 % : ratio PSV $\geq 1,5$ Se 72% Sp 91% ratio PSV ≥ 2 Se 69% Sp 96% ratio PSV $\geq 2,5$ Se 50% Sp 98% ratio PSV ≥ 3 Se 40% Sp 99%
	Lecture indépendante	ED/ artériographie	76 patients 148 MI 1658 segments	Calcul sténose NP	
LEGEMATE 1993 (154)	NP	ED pulsé	60 patients 96 axes iliaques	Artériographie multiplan Prise de gradient	Sténose hémodynamiquement significative (chute de 20mmHg au repos ou chute de 15 % après papavérine)
			Axe Normal ou sténose unique	.	Delta PSV 1,4 à 1,5 m/sec Se 81 % Sp 88 %
			Clinique : stade II, ischémie critique		

Tableau 6 (suite). Échographie Doppler : recherche de critères diagnostiques.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel d'étude, patients, axe artériel, effectif lésion	Examen de référence	Résultats
RANKE 1992 (155)	Prospectif ?	ED pulsé	62 patients	Artériographie Une seule incidence	1) PSV : variabilité +++ Sténose ≥ 50 % PSV > 180 cm/sec Se 66 % Sp 80 %
	Lecture indépendante		Axe iliaque Axe fem-pop	Calcul de sténose précisé (en diamètre)	2) EDV Sténose ≥ 50 % EDV > 25 cm/sec Se 47 % Sp 89 %
	ED/ artériographie		Clinique NP		3) Ratio PSV Sténose ≥ 50 % ratio PSV ≥ 2,4 Se 87 % Sp 94 % Sténose ≥ 70 % ratio PSV ≥ 3,4 Se 91 % Sp 98 % Sténose ≥ 80 % ratio PSV ≥ 4 Se 90 % Sp 98 %
					4) Pic monophasique au niveau de la sténose Sténose ≥ 50 % Se 47 % Sp 83 %
					5) Pic monophasique au niveau de la sténose et ratio PSV ≥ 2 Sténose ≥ 50 % Se 60 % Sp 91 %
LEGEMATE 1991 (156)	Prospectif	ED pulsé	60 patients	Artériographie Face Oblique	1) Pas de valeur seuil de PSV ou d'EDV pour distinguer Sténose 50-74 % d'une Sténose 75-99 % au niveau des segments iliaques (Aorte distale, IP, IE)
	Lecture indépendante		108 axes iliaques		2) Valeurs les plus pertinentes : ratio PSV ≥ 5,5 et EDV ≥ 60cm/sec.
	ED/ artériographie		270 segments	Calcul sténose NP	3) Sténose ≥ 75 % ou occlusion Ratio PSV ≥ 5,5 ou absence de signal Se 57% Sp 99% EDV ≥ 60cm/sec ou absence de signal Se 61% Sp 100% Ratio PSV ≥ 5,5 et/ou EDV ≥ 60cm/sec Ou absence de signal Se 68% Sp 99%
			Clinique : stade II, ischémie critique		

Tableau 6 (suite). Échographie Doppler : recherche de critères diagnostiques.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel d'étude, patients, axe artériel, effectif lésion	Examen de référence	Résultats
LEGEMATE 1991 (157)	Prospectif	ED pulsé	61 patients	Artériographie digitalisée	1) Répartition des lésions $\geq 50\%$: Normal = 35, Aorto-Iliaque = 23, Fem-Pop = 33, Aorto-Iliaque et Fem Pop = 31
	Lecture indépendante ED/artériographie		960 segments	Multiplan pour l'axe iliaque	
			Axe iliaque Axe fem-pop	Calcul sténose NP (estimation visuelle)	2) EDV Sténose $\geq 75\%$ EDV ≥ 60 cm VPP 89 %
			Sténose (occlusions exclues)		3) Sténose $\geq 50\%$ A l'étage iliaque ratio PSV ≥ 2 Se 88 % Sp 90 % ratio PSV $\geq 2,5$ Se 84 % Sp 96 %
			Clinique : stade II, ischémie critique		A l'étage fem-pop ratio PSV ≥ 2 Se 67 % Sp 92 % ratio PSV $\geq 2,5$ Se 65 % Sp 97 % ratio PSV ≥ 3 Se 47 % Sp 99 % ratio PSV $\geq 2,5$ Se 61 % Sp 97 %
STRAUSS 1989 (158)	Prospective probable	ED pulsé	90 patients 110 bifurcations fémorales	Artériographie biplan si nécessaire	1) PSV de la FP : FP normale et FS normale PSV 60 ± 15 cm/sec FP normale et FS occluse PSV 137 ± 41 cm/sec Sténose FP 30-40 % et FS occluse PSV 266 ± 79 cm/sec
	Lecture indépendante ED/artériographie		Sténose de l'origine de la FP en cas d'occlusion FS		2) Sténose FP 30-40 % et FS occluse
			Clinique NP		PSV ≥ 180 cm/sec Se 92% Sp 82%

Tableau 6 (suite). Échographie Doppler : recherche de critères diagnostiques.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel d'étude, patients, axe artériel, effectif lésion	Examen de référence	Résultats				
LANGSFELD 1988 (159)	Série NP Lecture indépendante ED/ artériographie	ED pulsé	23 patients 166 segments Aorte Axe iliaque Clinique : stade II, ischémie critique	Artériographie Face Oblique si nécessaire Calcul sténose précisé (en diamètre)	1) Vitesses absolues				
						Normal	1-19	20-49	50-99
					Aorte Prox	60 ± 16	-	-	-
					Aorte Dist	86 ± 22	98 ± 49	-	432 (n = 1)
					IP	95 ± 39	134 ± 55	202 ± 36	454 ± 113
					IE	105 ± 40	124 ± 14	-	291 ± 63
					FC	83 ± 30	136 ± 69	-	643 (n = 1)
					Pas de variation significative du PSV le long d'un segment normal				
					2) PSV autour de 160 cm/sec serait prédictif d'un gradient de 10mmHg				

Échographie-Doppler dans l'artériopathie oblitérante des membres inférieurs

Tableau 7. Analyse indirecte de l'axe iliaque par étude du spectre Doppler enregistré au niveau de l'artère fémorale commune. Recherche de critère diagnostiques

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel d'étude Patients Axe artériel Effectif Lésion	Examen de référence	Résultats
FRONEK 1999 (75)	Série consécutive	Doppler continu	60 patients (stade clinique NP) Axe iliaque	Artériographie Face et 2 obliques	Sténose $\geq 50\%$ et occlusion iliaque ou sténose $> 30\%$ en tandem
	Indépendance NP		Sténose (50-99 %) ou occlusion ou sténose $> 30\%$ en tandem	Calcul sténose NP	PSV < 35 cm/sec FS Normale Se 64 % Sp 87 % FS Anormale Se 45 % Sp 74 %
					Temps de décélération ≥ 220 ms FS Normale Se 91 % Sp 95 % FS Anormale Se 90 % Sp 82,5 %
					FS occluse ou non Décélération ≥ 240 cm/s ² FS Normale Se 100 % Sp 86 % FS Anormale Se 84 % Sp 50 %
MAKITA 1997 (76)	Série NP	Écho B et D pulsé	73 patients (stade II) 107 axes iliaques	Artériographie Incidences NP	Sténose $\geq 50\%$ et occlusion iliaque : Temps d'accélération < 750 cm/sec ² Se 83% Sp 82%
	Indépendance NP		FC saine Sténose ou occlusion sur l'axe iliaque évaluées par enregistrement de la FC	Calcul sténose NP	Temps de décélération < 300 cm/sec ² Se 98% Sp 100% Performance non modifiée par l'état de la FS

Tableau 7 (suite). Analyse indirecte de l'axe iliaque par étude du spectre Doppler enregistré au niveau de l'artère fémorale commune. Recherche de critères diagnostiques

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel d'étude Patients Axe artériel Effectif Lésion	Examen de référence	Résultats
CURRIE 1995 (77)	Série	Écho B et couleur	50 patients	Gradient de pression	Sténose hémodynamiquement significative (gradient Aorte-FC de 20mmHg au repos ou gradient de pression après hyperhémie excédant de 15 % la pression FC au repos)
	Indépendance NP	et D pulsé	50 axes iliaques (clinique NP)		
			Sténose ou occlusion sur l'axe iliaque évaluées par flux de la FC <i>avant puis après</i> épreuve d'hyperhémie		Pas de flux reverse au repos Se 60% Sp100 % Index de pulsatilité au repos 4,9 Se 80% Sp 84% EDV de repos – 17,8 cm/sec Se 80% Sp 84% EDV 70 sec après levée garrot – 14cm/sec Se 88% Sp 96% EDV 70 et Index de pulsatilité 40 Se 92% Sp 92 %
BAGI 1990 (80)	Série consécutive	Doppler continu	75 patients	Artériographie	1) IPS <0,8
	Lecture indépendante Doppler- artériographie	Doppler pulsé Analyse spectrale	141 MI pour l'étude (clinique NP)	Face	Temps de montée systolique > 110ms Se 95% Sp 85% Largeur du pic systolique > 200ms Se 93% Sp 88% Index de pulsatilité < 3,4 Se 80% Sp 79%
		Flux T post ou pédieuse (le moins démodulé)	Axe iliaque Axe fem-pop	Calcul sténose NP	2) Sténose ≥50 % et occlusion en un point quelconque du réseau artériel Temps de montée systolique > 110ms Se 86% Sp 78% Largeur du pic systolique > 190ms Se 85% Sp 87% Index de pulsatilité < 3,7 Se 71% Sp 78%
		Étudie l'IPS, le temps de montée systolique et la largeur du pic systolique du tracé distal			

Tableau 7 (suite). Analyse indirecte de l'axe iliaque par étude du spectre Doppler enregistré au niveau de l'artère fémorale commune. Recherche de critères diagnostiques

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel d'étude Patients Axe artériel Effectif Lésion	Examen de référence	Résultats
BAGI 1988 (81)	Série consécutive Lecture indépendante Doppler- artériographie Étudie le temps de montée systolique comme critère diagnostique	Doppler continu Doppler pulsé Analyse spectrale Flux FC, FS, Pop, T post/ pédieuse Mesure le temps de montée systolique et retient le plus long	35 patients (clinique NP) Axe iliaque Axe fem-pop	Artériographie Face Calcul sténoseNP	1) IPS <0,8 Temps de montée systolique le plus long > 120ms Se 91% Sp 86% 2) Sténose ≥ 50 % et occlusion en au moins un site (Aorto-Iliaque ou fem-pop) Temps de montée systolique le plus long > 120ms Se 91% Sp 85%

Tableau 7 (suite). Analyse indirecte de l'axe iliaque par étude du spectre Doppler enregistré au niveau de l'artère fémorale commune. Recherche de critères diagnostiques

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel d'étude Patients Axe artériel Effectif Lésion	Examen de référence	Résultats
KITSLAAR 1988 (78)	Prospectif	Doppler continu	102 patients (clinique NP)	Artériographie Face	172 axes iliaques utilisables
	Indépendance NP	Doppler pulsé Étude plusieurs paramètres des courbes Doppler (PSV, temps de montée systolique, reflux...)	204 axes iliaques	Calcul sténose NP Pression fémorale sanglante avant et après papavérine Sténose hémodynamique : courbe de pression amortie au repos ou chute de la pression FC de 15 mmHg après papavérine	1) Comparaison artériographie-pression FC pour le diagnostic de sténose < versus > 50 % Concordance 62 % Artériographie Se 50% Sp 83% 2) Paramètres d'analyse retenus de la courbe Doppler FC en Doppler continu et Doppler pulsé pour le diagnostic de sténose > 50 % ou de sténose hémodynamique : - faible corrélation avec l'artériographie - faible corrélation avec les pressions FC - idem en cas d'hyperhémie 3) Pas de supériorité du Doppler pulsé sur le Doppler continu 4) Meilleurs paramètres retenus Temps de montée systolique +++, PSV, fréquence max du reflux Ne peut donner une valeur seuil du fait de l' <i>overlapping</i>
FLANIGAN 1982 (79)	Série	Doppler continu avec	34 patients (clinique NP)	Artériographie Face et obliques	Sténose ≥50 % et occlusion :
	Indépendance NP	analyse spectrale Étude l'index de pulsatilité	55 axes iliaques	Calcul sténose précisé	Index de pulsatilité FC < 2,5 Se 70% Sp 81%

Échographie-Doppler dans l'artériopathie oblitérante des membres inférieurs

Tableau 8. Échographie Doppler : performances.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel étude patients axe artériel effectif lésion	Examen de réf	Critères	Résultats
LUNDIN 2000 (9)	Prospectif Lecture indépendante ED/ artériographie	ED pulsé et couleur	39 patients Axe iliaque 273 segments (aorte dist, IP, IE, FC) Clinique : stade II, ischémie critique	Artériographie Face Oblique Calcul sténose précisé	Sténose ≥ 50 % PSV $> 2,5$ Occlusion	15 segments non accessibles Concordance ED-artériographie : 93 % 1) Sténose ≥ 50 % et occlusion : IP % IE % Tous segments Se 86 Sp 93 Axe iliaque Se 87 Sp 95 Se 72 Sp 97 Se 84 Sp 93 2) Sténose ≥ 50 % Tous segments Se 58 Sp 97 3) Occlusion Tous segments Se 93 Sp 99,5
WIKSTROM 2000 (10)	Prospectif Lecture indépendante ED/ artériographie	ED pulsé et couleur	30 patients Axe iliaque 150 segments (aorte dist, IP, IE) Clinique : stade II, ischémie critique, asymptomatique	Artériographie Face et oblique Calcul sténose précisé	Sténose ≥ 50 % PSV $> 2,5$ Occlusion	1) 6 segments non interprétables 2) Concordance ED-artériographie : 97,5 % ; kappa = 0,92 Sténose ≥ 50 % et occlusion : Tous segments Se 63% Sp 85%

Tableau 8 (suite). Échographie Doppler : performances.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel étude patients axe artériel effectif lésion	Examen de réf	Critères	Résultats				
KOELEMAY 1998 (84)	Prospectif	ED pulsé et couleur	120 patients	Artériographie biplan	Occlusion	31 segments mal vus en ED et 49 en artériographie : reste 1 433				
	Lecture indépendante ED/ artériographie		126 MI			1) Concordance ED-angio: kappa = 0,51				
			1433 segments			Pas de calcul de sténose (occlusion ou pas)	2) Occlusion			
			Artère pop Axes jambiers : Tronc TP, T ant, T post, pér Arche plantaire, Pédieuse					Se %	Sp %	
								Pop prox	81	93
								Pop dist	79	96
								Tronc TP	60	93
								T ant prox	72	87
								T ant moy	70	88
								T ant dist	62	93
								T post prox	65	81
								T post moy	61	95
			T post dist			53	93			
			Clinique : stade II, ischémie critique					Pér prox	67	82
								Pér moy	57	91
								Pér dist	69	80
								Pédieuse	67	76
								Plantaire profonde	54	78
								Plantaire commune	59	93

Tableau 8 (suite). Échographie Doppler : performances.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel étude patients axe artériel effectif lésion	Examen de réf	Critères	Résultats
KARACAGIL 1996 (11)	Prospectif Lecture indépendante ED/ artériographie	ED pulsé et couleur	38 patients 40 MI Axes sous genou 480 segments infra-pop Tronc TP, T ant, T post, pér Arche plantaire Pédieuse Clinique : stade II, ischémie critique	Artériographie Face Oblique si nécessaire Calcul sténose précisé	Sténose > 50 % : ratio PSV > 2 Occlusion	15 segments non examinables : reste 465 segments (Tr TP, TA, Tpost, Per, arche plantaire, pédieuse 1) Concordance ED-artériographie = 81 % Tous segments confondus % % Sténose > 50 % ou occlusion Se 85 Sp 80 Sténose > 50 % Se 43 Sp 98 Occlusion Se 85 Sp 82 Nb : Vu le tableau, on ne sait pas à quelle lésion (sténose/occlusion) correspondent les Se et Sp publiées pour chaque axe

Tableau 8 (suite). Échographie Doppler : performances.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel étude patients axe artériel effectif lésion	Examen de réf	Critères	Résultats	
ALLARD 1994 (12)	Prospectif	ED pulsé	55 patients	Artériographie Biplan	Score de Jäger, 1985 (23)	1) Répartition des lésions Sténose ≥ 50 % et Occlusions : Normal = 29, Aorto-Iliaque = 17, Fem-Pop = 41, Aorto-Iliaque et Fem Pop = 12	
	Lecture indépendante ED/ artériographie		642 segments examinables	Calcul sténose précisé		2) Concordance ED/artériographie: 68 % (kappa : 0,43)	
			99 axes iliaques et fem-pop			3) Sténose ≥ 50 % et occlusion	
						Se %	Sp %
			Lésions		Aorte	100	98
			multiples : 2		IP	84	97
			lésions sévères		IE	60	96
			(≥ 50 %) sur 2		FC	36	98
			segments		FP	44	97
			adjacents (prox ou dist)		FS	92	96
					Pop	37	92
					Tous segments	74	96
			Clinique : stade II, ischémie				
			critique,		Tous segments :		
			asymptomatique,		Sténose ≥ 50 %	58	97,5
			autre		Occlusion	97,5	99
					4) Sténose ≥ 50 % et occlusion en fonction de l'état des segments adjacents		
						Se %	Sp %
					Lésion adjacente 0-49 %	80	98
					Lésion adjacente ≥ 50 %	66	94
					Tous segments	74	96

Tableau 8 (suite). Échographie Doppler : performances.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel étude patients axe artériel effectif lésion	Examen de réf	Critères	Résultats																																																																
						5) Sténose ≥ 50 % (occlusion incluses) en fonction de l'état des segments adjacents en distinguant axe iliaque et fem-pop																																																																
						<table><tr><td></td><td>Se %</td><td>Sp %</td><td>Précision %</td></tr><tr><td>Pas de lésion adjacente</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td> Aorto-Iliaque</td><td>-</td><td>97</td><td>97</td></tr><tr><td> Fem-Pop</td><td>-</td><td>93</td><td>93</td></tr><tr><td>Lésion adjacente prox</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td> Aorto-Iliaque</td><td>94</td><td>-</td><td>94</td></tr><tr><td> Fem-Pop</td><td>-</td><td>94</td><td>94</td></tr><tr><td>Lésion adjacente dist</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td> Aorto-Iliaque</td><td>-</td><td>95</td><td>95</td></tr><tr><td> Fem-Pop</td><td>88</td><td>-</td><td>88</td></tr><tr><td>Lésions adjacentes prox et dist</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td> Aorto-Iliaque</td><td>67</td><td>-</td><td>67</td></tr><tr><td> Fem-Pop</td><td>83</td><td>-</td><td>83</td></tr><tr><td>Toutes atteintes</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td> Aorto-Iliaque</td><td>83</td><td>96</td><td>92</td></tr><tr><td> Fem-Pop</td><td>87</td><td>93</td><td>90</td></tr></table>		Se %	Sp %	Précision %	Pas de lésion adjacente				Aorto-Iliaque	-	97	97	Fem-Pop	-	93	93	Lésion adjacente prox				Aorto-Iliaque	94	-	94	Fem-Pop	-	94	94	Lésion adjacente dist				Aorto-Iliaque	-	95	95	Fem-Pop	88	-	88	Lésions adjacentes prox et dist				Aorto-Iliaque	67	-	67	Fem-Pop	83	-	83	Toutes atteintes				Aorto-Iliaque	83	96	92	Fem-Pop	87	93	90
	Se %	Sp %	Précision %																																																																			
Pas de lésion adjacente																																																																						
Aorto-Iliaque	-	97	97																																																																			
Fem-Pop	-	93	93																																																																			
Lésion adjacente prox																																																																						
Aorto-Iliaque	94	-	94																																																																			
Fem-Pop	-	94	94																																																																			
Lésion adjacente dist																																																																						
Aorto-Iliaque	-	95	95																																																																			
Fem-Pop	88	-	88																																																																			
Lésions adjacentes prox et dist																																																																						
Aorto-Iliaque	67	-	67																																																																			
Fem-Pop	83	-	83																																																																			
Toutes atteintes																																																																						
Aorto-Iliaque	83	96	92																																																																			
Fem-Pop	87	93	90																																																																			
						Performance de l'ED liée aux lésions adjacentes +++																																																																

Tableau 8 (suite). Échographie Doppler : performances.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel étude patients axe artériel effectif lésion	Examen de réf	Critères	Résultats		
LINKE 1994 (13)	Prospective	ED pulsé et couleur	25 patients 46 MI	Artériographie Face	Sténose ≥ 50 % : PSV	1) Concordance ED-artériographie : 93 %		
	Lecture indépendante ED/ artériographie		134 segments Axe fém-pop (FC, FS, Pop)	Oblique si nécessaire	> 200cm/sec ou ratio PSV ≥ 2	2) Sténose ≥ 50 % et Occlusion	Se 95 %	Sp 96 %
			Clinique NP	Calcul sténose précisé	Occlusion	Sténose ≥ 50 % Occlusion	Se 100 %	Sp 94 %
							Se 74 %	Sp 100 %
MONETA 1993 (14)	Prospective	ED pulsé et couleur	79 patients 151 MI	Artériographie Face	Sténose ≥ 50 % :	1) Concordance ED-artériographie : 82 % des MI		
	Lecture indépendante ED/ artériographie		A Axe iliaque	Oblique si nécessaire	Ratio PSV ≥ 2	2) Sténose ≥ 50 % et Occlusion		
			B FS		ou PSV		Se %	Sp %
			C Pop	Calcul sténose précisé	> 200cm/sec en IP	Iliaque /FC FS	88 95	97 100
			Clinique : symptomatique			Pop	78	99
						FS/pop	93	100

Tableau 8 (suite). Échographie Doppler : performances.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel étude patients axe artériel effectif lésion	Examen de réf	Critères	Résultats				
MONETA 1992 (15)	Prospective Lecture indépendante ED/ artériographie	ED pulsé et couleur	150 patients 286 MI Axe iliaque Axe fem-pop Axes jambiers Clinique : stade II, ischémie critique, anévrisme de l'aorte abdominale	Artériographie Face Oblique si nécessaire Calcul sténose précisé	Sténose ≥ 50 % : ratio PSV ≥ 2 et tracé monophasique	1) Répartition des lésions ≥ 50 % sur une évaluation clinique +++: Normal = 80 (A), Aorto-Iliaque = 44 (B), Fem-Pop = 117 (C), Aorto-Iliaque et Fem Pop = 45(D)				
					ou PSV > 200 cm/sec en IP	2) Détaille le pourcentage des segments artériels vus en ED				
					Occlusion	3) Sténose ≥ 50 % et occlusion selon le profil clinique de répartition des lésions				
					A Se/Sp % B Se/Sp % C Se/Sp % D Se/S % Total Se/Sp %					
					Iliaque	100/100	94/100	71/99	92/98	89/99
					FC	-	82/100	71/98	80/100	76/99
					FP	40/98	100/97	89/95	83/97	83 /97
					FS	67/99	77/99	92/98	78/97	87/98
					Pop	100/99	-	67/99	69/96	67/99
					Valeurs similaires dans les groupes B, C, D Pas d'influence des lésions associées.					
					4) Interruption d'un axe de jambe					
					A Se/Sp % B Se/Sp % C Se/Sp % D Se/Sp % Total Se/sp %					
					Tant	80/85	100/100	73/96	73/89	90/93
					Tpost	-	100/100	100/88	63/92	90/92
					Pér	-	100/72	92/76	60/61	82/74
Moins bonne performance sur la péronière.										
5) Capacité de l'ED à distinguer sténose serrée et occlusion : inexploitable										

Tableau 8 (suite). Échographie Doppler : performances.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel étude patients axe artériel effectif lésion	Examen de réf	Critères	Résultats																													
ÉTUDE HISTORIQUE																																			
JAGER 1985 (23)	Prospective Lecture indépendante ED/ artériographie	ED pulsé	30 patients 54 MI 338 segments : Axe iliaque Axe fem pop	Artériographie Incidence NP Calcul sténose NP	Critères détaillés ci- dessous	Répartition des lésions : Normal = 6, Aorto-Iliaque = 12, Fem-Pop = 14, Aorto-Iliaque et Fem Pop = 22 Sténose ≥ 50 % <table><tr><td></td><td>Se %</td><td>Sp %</td></tr><tr><td>Iliaque</td><td>81</td><td>100</td></tr><tr><td>FC</td><td>56</td><td>96</td></tr><tr><td>FP</td><td>86</td><td>100</td></tr><tr><td>FS sup</td><td>71</td><td>100</td></tr><tr><td>FS moy</td><td>80</td><td>100</td></tr><tr><td>FS inf</td><td>77</td><td>90</td></tr><tr><td>Pop</td><td>80</td><td>100</td></tr><tr><td>Tous segments</td><td>77</td><td>98</td></tr></table>				Se %	Sp %	Iliaque	81	100	FC	56	96	FP	86	100	FS sup	71	100	FS moy	80	100	FS inf	77	90	Pop	80	100	Tous segments	77	98
	Se %	Sp %																																	
Iliaque	81	100																																	
FC	56	96																																	
FP	86	100																																	
FS sup	71	100																																	
FS moy	80	100																																	
FS inf	77	90																																	
Pop	80	100																																	
Tous segments	77	98																																	
Score de Jäger																																			
Absence de lésion :		Tracé triphasique (bi- chez sujet âgé)		Sténose 50-99 % (diam) :		Perte du reflux avec flux diastolique positif PSV = +100 % PSV prox (ratio PSV > 2) Important élargissement spectral Amont : tracé modifié si sténose ≥ 80 % Aval : tracé anormal																													
Irrégularités pariétales (1-19 % diam) :		Tracé normal Amont et aval : tracé normal																																	
Sténose 20-49 % (diam) :		Reflux présent PSV = + 30 % PSV prox Élargissement spectral Amont et aval : tracé normal		Occlusion totale		Absence de flux Amont et aval : tracé anormal																													

Tableau 8 (suite). Échographie Doppler : performances.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel étude patients axe artériel effectif lésion	Examen de réf	Critères	Résultats
ÉTUDES NON RETENUES						
KATSAMOU RIS 2001 (160)	Prospectif Lecture indépendante ED/ artériographie	ED pulsé et couleur	68 patients 80 MI Axe iliaque Axe fem-pop Axes jambiers	Artériographie Incidences NP Calcul SténoseNP	Sténose > 50 % : ratio PSV > 2 Occlusion	Segments inaccessibles : 11 Aorto-Iliaque, 1 fem-pop, 54 sous-pop. Concordance ED-artériographie : Aorto-Iliaque k = 0,69 Fem-pop k = 0,89 Jambier k = 0,59 3) Sténose ≥ 50 % et occlusion : Aorto-Iliaque Se 86 % Sp 90 % Fem-pop Se 99 % Sp 94 % Jambier Se 80 % Sp 91 %
RAMASWA MI 1999 (161)	Rétrospectif probable Lecture indépendante ED/ artériographie	ED pulsé et couleur	120 patients 216 MI 200 axes iliaques 216 axes fem- pop 2 096 segments	Artériographie Voie veineuse (39 patients) Voie artérielle (81 patients) Oblique sur axe Iliaque Uni plan sur axe fem-pop Calcul sténose précisé	Sténose > 50 % : ratio PSV > 2 Occlusion	1) 101 segments non vus exclus et détails répartition : reste 1 810 2) Concordance ED-artériographie : 97,5 % ; kappa = 0,92 3) Tous segments confondus : Sténose > 50 % et Occlusion Se 96 % Sp 98 % Sténose > 50 % Se 91 % Sp 98 % Occlusion Se 100 % Sp 100 %

Tableau 8 (suite). Échographie Doppler : performances.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel étude patients axe artériel effectif lésion	Examen de réf	Critères	Résultats
ALY 1998 (162)	Prospectif	ED pulsé et couleur	90 patients 177 MI	Artériographie Uni plan	Sténose > 50 : ratio PSV > 2	Concordance ED-artériographie : kappa = 0,87
	Lecture indépendante ED/ artériographie (cf 2 ^e article)		3108 segments Aorte dist Axe iliaque FS Région fem-pop Axes de jambe	Calcul sténose précisé	Occlusion	Sténose > 50 % et Occlusion Aorto-iliaque Se 89 % Sp 99 % FS Se 100 % Sp 99 % Fem-pop Se 95 % Sp 99 % Axes jambe Se 82 % Sp 99 % Tous segments Se 92 % Sp 99 % Sténose > 50 % Aorto-iliaque Se 100 % Sp 99,6 % FS Se 100 % Sp 99 % Fem-pop Se 98 % Sp 99 % Axes jambe Se 100 % Sp 100 % Occlusion Aorto-iliaque Se 89 % Sp 99 % FS Se 93 % Sp 99 % Fem-pop Se 91 % Sp 99 % Axes jambe Se 89 % Sp 99 % Performance selon diffusion des lésions Sténose> 50 % isolée Se 87 % Sp 99 % Sténoses > 50 % multiples Se 95 % Sp 96 % Occlusion isolée Se 92 % Sp 100 % Occlusion multiples Se 97 % Sp 99 % Lésions associées Se 94 % Sp 97 % Pas d'influence sur la performance de l'ED

Tableau 8 (suite). Échographie Doppler : performances.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel étude patients axe artériel effectif lésion	Examen de réf	Critères	Résultats
LARCH 1997 (21)	Série consécutive Lecture NP	ED pulsé et couleur	50 patients 50 MI Axes jambiers (en cas de lésions associées FS) Choix du site d'implantation pontage	Artériographie Face Double lecture indépendante (A1 et A2) Calcul sténose précisé	Sténose > 50 % : ratio PSV > 2	Concordance ED-artériographie selon le lecteur (A1 ou A2) T Post A1 k = 0,51 A2 k = 0,35 T ant A1 k = 0,46 A2 k = 0,38 Pér A1 k = 0,07 A2 k = 0,05
					Sténose longue diam < 1mm	Sténose > 50 % ou sténose longue ou occlusion
					sur plus du tiers de l'artère	T post A1 Se 100 % Sp 57 % A2 Se 97 % Sp 40 %
					Occlusion	T ant A1 Se 78 % Sp 71 % A2 Se 72 % Sp 62 %
						Pér A1 Se 92 % Sp 21 % A2 Se 94 % Sp 25 %
ARYA 1996 (163)	Série consécutive Lecture indépendante ED/ artériographie	ED pulsé et couleur	23 patients 27 MI Axe Aorto- iliaque Axe fem-pop	Artériographie Incidences NP Calcul sténose NP	Score de Jager	7 axes iliaques non examinables
					Sténose ≥ 50 % ratio PSV > 2 , perte du reflux et élargissement spectral Occlusion	Concordance ED-artériographie = 84 % Sténose ≥ 50 % ou occlusion Se 66 % Sp 99 % Sténose ≥ 50 % Se 64 % Sp 80 % Occlusion Se 50 % Sp 100 %

Tableau 8 (suite). Échographie Doppler : performances.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel étude patients axe artériel effectif lésion	Examen de réf	Critères	Résultats			
LAI 1996 (164)	Prospectif	ED pulsé et couleur	50 patients 91 MI	Artériographie Incidences NP	Sténose 50- 75 % : ratio PSV > 2 et < 4	Concordance ED-artériographie = 80 %			
	Lecture indépendante ED/ artériographie		558 segments Axe Aorto- Iliaque Axe fem-pop	Calcul sténose NP	Sténose 76- 99 % ratio PSV > 4 Occlusion	Sténose ≥ 50 % et Occlusion			
			Se%			Sp%			
			Aorte			33	100		
			IP			79	80		
			IE			71	83		
			FC			61	99		
			FS sup			68	92		
			FS moy			79	79		
			FS inf et pop			80	85		
			Pop sous art			78	97		
			Tous segments			75	97		
			Tous segments						
			Sténose ≥ 75 % et occlusion			65	98		
			Sténose ≥ 50 %			65	96		
			Sténose ≥ 75 %			46	98		
			Occlusion			81	100		
PINTO 1996 (165)	Série consécutive	ED pulsé et couleur	167 patients 334 MI	Artériographie Face	Sténose ≥ 50 % : ratio	Concordance ED-artériographie : 93,5 %			
	Lecture indépendante ED/ artériographie		35 patients avec des pontages	Oblique sur les iliaques pour 43 patients	PSV ≥ 2	Sténose 50-99 %	Se 95 %	Sp 93 %	
			Artères natives et pontages considérés comme des artères natives		Occlusion	Occlusion	Se 96 %	Sp 99,5 %	
						Calcul sténose précisé			

Tableau 8 (suite). Échographie Doppler : performances.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel étude patients axe artériel effectif lésion	Examen de réf	Critères	Résultats
SENSIER 1996 (153)	Prospectif Lecture indépendante ED/ artériographie	ED pulsé et couleur	76 patients	Artériographie	Sténose ≥	188 segments non exploitables en ED et 8 en artériographie : reste 1658
			148 MI	Face	50 % : ratio	
				Oblique sur les	PSV ≥ 2	Concordance ED-artériographie : 90 % (kappa = 0,74)
			1 850 segments	iliaques parfois		
					Occlusion	Kappa en fonction des étages (3 classes)
			Axe Aorto- iliaque	Calcul sténose NP		Aorto-iliaque n = 470 0,59 (0,49-0,73)
			Axe fem-pop			Fem-pop n = 738 0,80 (0,76-0,84)
			Trépied jambier			Infra-pop n = 450 0,48 (0,35-0,61)
			(Tronc TP, origine Tant, T post, Pér)			
						Sténose ≥ 50 % et occlusion
					Tous segments	Se 79 % Sp 94 %
					5) Sténose ≥ 50 %	
					Aorto-iliaque	Se 69 % Sp 95 %
					Fem-pop	Se 73 % Sp 94 %
					Infra-pop	Se 25 % Sp 99 %
					Tous segments	Se 67,5 % Sp 96 %
					6) Occlusion	
					Aorto-Iliaque	Se 56 % Sp 100 %
					Fem-pop	Se 91 % Sp 98 %
					Infra-pop	Se 50 % Sp 96 %
					Tous segments	Se 80 % Sp 98 %

Tableau 8 (suite). Échographie Doppler : performances.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel étude patients axe artériel effectif lésion	Examen de réf	Critères	Résultats					
SENSIER 1996 (166)	Prospectif Lecture indépendante ED/ artériographie	ED pulsé et couleur	76 patients	Artériographie	Sténose ≥	78 segments non exploitables : reste 1 106					
			148 MI	Face	50 % : ratio						
			1184 segments	Oblique parfois	PSV ≥ 2	Segments avec lésions adjacentes (n = 469) : Concordances ED-artériographie = 87 % (kappa = 0,78)					
			Axe iliaque	Calcul sténose	Occlusion	Sténose ≥ 50 % et occlusion incluses en fonction de l'état des segments adjacents :					
			Axe fem-pop	NP							
			Étude en fonction des lésions adjacentes					Se%	Sp%	Précision %	Kappa
				Pas de lésion adjacente	65	96	93	0,61(0,5-0,72)			
				Tous segments avec lésions adjacentes	88	86	87	0,79(0,74-0,84)			
				Lésions adjacentes prox	85	89	88	0,79(0,70-0,88)			
				Lésions adjacentes dist	80	85	88	0,71(0,62-0,80)			
Lésions adjacentes prox et dist	97	76	92	0,80(0,68-0,92)							
Performance de l'ED NON liée aux lésions adjacentes +++											

Tableau 8 (suite). Échographie Doppler : performances.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel étude patients axe artériel effectif lésion	Examen de réf	Critères	Résultats			
BERGAMINI 1995 (167)	Rétrospectif	ED pulsé et couleur	44 patients 80 MI	Artériographie Face	Sténose > 50 % : ratio	1) Sténose > 50 % et occlusion			
	Lecture indépendante ED/ artériographie		404 segments FC, FS, pop, Tronc TP	Oblique si nécessaire Calcul sténose NP	PSV > 2	Occlusion	Se%	Sp%	
							FC	86	96
							FS prox	95	98
							FS dist	97	90
							Pop prox	84	90
							Pop dist	47	98
							Tronc TP	25	100
							Tous segments	80	95
							Sténose2 ^e ordre : en aval d'une st > 50 % ou d'une occlusion	Diagnostic de 18/23 sténoses de 1 ^{er} ordre (78 %) <i>vs</i> 1/8 sténoses de 2 ^e ordre(13 %) (p < 0,01) Sténose1 ^{er} ordre = PSV à 168 ± 54 cm/sec Sténose2 ^e ordre = PSV à 38 ± 13 cm/sec (p < 0,00002)	
CURRIE 1995 (168)	Prospectif	ED pulsé et couleur	92 patients 180 axes iliaques	Artériographie Biplan	Sténose > 50 % : ratio	Sténose > 50 %	Se 91 %	Sp 93 %	
	Lecture indépendante ED/ artériographie			Calcul sténose NP (surface ?) Référence NP	PSV > 2,5	Occlusion	Se 83 %	Sp 97 %	

Tableau 8 (suite). Échographie Doppler : performances.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel étude patients axe artériel effectif lésion	Examen de réf	Critères	Résultats
DAVIES 1995 (169)	Prospectif	ED pulsé et couleur	96 patients 112 axes fem- pop	Artériographie Biplan	Sténose > 50 % : ratio PSV > 2	Sténose > 50 % Se 97 % Sp 98 %
	Lecture indépendante ED/ artériographie			Calcul sténose NP	Occlusion Longueur de l'occlusion : < 5 cm (n = 11) concordance ED-artériographie : 94 % 5-10 cm (n = 17) concordance ED-artériographie: 94 % > 10 cm (n = 11) concordance ED-artériographie: 100 %	Se 96 % Sp 98 %
LAI 1995 (170)	Prospectif	ED pulsé et couleur	50 patients	Artériographie Incidences NP	Sténose 50- 75 % : ratio	Concordance ED-artériographie = 79 %
	Lecture indépendante ED/ artériographie		86 axes fem-pop	Calcul sténose NP	PSV > 2 et < 4 Sténose 76- 99 % : ratio PSV > 4 Occlusion	Sténose ≥ 50 % courte accessible à une angioplastie (occlusions exclues) Se 61 % Sp 86 %

Tableau 8 (suite). Échographie Doppler : performances.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel étude patients axe artériel effectif lésion	Examen de réf	Critères	Résultats				
KARACAGIL 1994 (171)	Prospective	ED pulsé et couleur	40 patients	Artériographie	Sténose > 50 % :	Concordance ED-artériographie: 76 %				
	Lecture indépendante ED/ artériographie		335 segments disponibles	Incidences NP		ratio PSV > 2	Sténose > 50 %	Se 55,5 %	Sp 97 %	
					Calcul sténose précisé			Occlusion	Occlusion	Se 95,5 %
				Axe iliaque Axe fem-pop Axes de jambe		Sténose > 50 % ou occlusion (performance selon la diffusion des lésions) :				
									Se%	Sp%
					Aorto-Iliaque	(n = 24)	100	85		
					FS	(n = 115)	100	84		
					FS et Pop	(n = 45)	95	85		
					Pop ou Tronc TP	(n = 20)	100	93		
					Aorto-Iliaque et Fem-Pop	(n = 75)	78	77		
					Tous segments	(n = 335)	92	86		
			Sténose > 50 % et occlusion selon les segments :							
							Se%	Sp%		
			Iliaque		83	96				
			FC		100	98				
			FS		97	91				
			Pop		89	77				
			Tronc TP		82	67				
			Iliaque + FS + Pop		93	91				
Pop + Tronc TP		85	72							

Tableau 8 (suite). Échographie Doppler : performances.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel étude patients axe artériel effectif lésion	Examen de réf	Critères	Résultats		
De SMET 1994 (172)	Prospective	ED pulsé	87 patients 153 axes iliaques	Artériographie Incidences NP	Sténose50- 74 % : ratio	Concordance ED-artériographie: 80,5 % (kappa = 0,7)		
	Lecture indépendante ED/ artériographie			Calcul sténose NP	PSV ≥ 2,5	Sténose ≥ 50 % et occlusion	Se%	Sp%
						Sténose ≥ 75 % et occlusion	90	92,5
						Sténose ≥ 75 % et occlusion	80	93
					Sténose75- 99 % : ratio	Sténose ≥ 50 %	88	90
						Sténose ≥ 75 %	73	91
					PSV ≥ 2,5 et EDV ≥ 40cm/sec	Occlusion	66	100
			Occlusion					
ZEUCHNER 1994 (173)	Prospective	ED pulsé et couleur	50 patients 98 MI	Artériographie Incidences NP	Sténose > 50 % x2 PSV	Axe iliaque : 128/150 axes examinables		
	Lecture indépendante ED/ artériographie		347 segments Axe iliaque Axe fem-pop Axes de jambe	Calcul sténose NP	Analyse du lit d’aval : trépied jambier jusqu’au tiers moyen du mollet	Axe iliaque		
						Sténose> 50 %	Se 75 %	Sp 99,7 %
						Occlusion	Se 100 %	Sp 99,2 %
						Axe fem-pop		
						Sténose > 50 %	Se 72,5 %	Sp 99,5 %
						Occlusion	Se 94 %	Sp 98,6 %
			Lit d’aval Bon si au moins 2 artères perméables ou si la T post perméable					
				Se 95,4 %	Sp 92,3 %			

Tableau 8 (suite). Échographie Doppler : performances.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel étude patients axe artériel effectif lésion	Examen de réf	Critères	Résultats
DAVIES 1992 (174)	Prospective	ED pulsé et couleur	52 patients 65 MI	Artériographie biplan	Sténose ≥ 50 % : x2 PSV	Artère FS Sténose ≥ 50 % : Occlusion Se 94% Sp 98% Se 97% Sp 97%
	Lecture NP	PGR (<i>pulse- generated run-off</i>)	Axe fem-pop FC, FS, Pop	Calcul sténose NP		2) Meilleure évaluation du lit d'aval avec le PGR par rapport à l'artériographie pour 11 MI (17 %)
HATSUKAMI 1992 (175)	Propective	ED couleur	29 patients 928 segments	Artériographie Incidence NP	Sténose ≥ 50 % : flux couleur	292 segments non utilisables : reste 636
	Lecture indépendante ED/ artériographie		Axe fem-pop Axes de jambe	Calcul sténose précisé	Occlusion	Sténose ≥ 50 % et occlusion
						Se% Sp%
					FS	85 97
					Pop	100 92
					Tib Ant	86 96
					Tib Post	79 100
					Occlusion	Se% Sp%
					FS	97 100
					Pop	100 93
					T Ant	83 100
					T Post	83 100

Tableau 8 (suite). Échographie Doppler : performances.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel étude patients axe artériel effectif lésion	Examen de réf	Critères	Résultats
WHELAN 1992 (176)	Prospectif Lecture indépendante ED/ artériographie	ED pulsé et couleur	51 patients 100 MI Axe iliaque Axe fem-pop Trépied jambier	Artériographie Incidence NP Calcul sténose NP	Sténose 50- 99 % :	Concordance ED- artériographie (sténose ≥ 50 % et occlusion) : 96 %
					- PSV > 200 cm/sec et flux d'aval monophasique	Sténose ≥ 50 % et occlusion Se% Sp%
					- PSV > 2 si lésion	Iliaque (flux FC) FC 81 67 95
					susjacent	FS prox FS dist 94 94
					associée	Pop prox Pop dist 100 90 99
					Occlusion	Trépied jambier Tous segments 71 98 92 97
					FC et IE : évaluation par la FC	
LEGEMATE 1991 (156)	Prospectif Lecture indépendante ED/ artériographie	ED pulsé	60 patients 120 axes iliaques	Artériographie Face Oblique Calcul sténose NP	Sténose 50- 99 % :	12 axes iliaques exclus : reste 108
					ratio PSV ≥ 2,5	Concordance ED – artériographie : 91 % (kappa = 0,81)
					Occlusion	Sténose ≥ 50 % et occlusion Se 89 % Sp 92 %

Tableau 8 (suite). Échographie Doppler : performances.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel étude patients axe artériel effectif lésion	Examen de réf	Critères	Résultats		
LEGEMATE 1991 (157)	Prospective	ED pulsé	61 patients 17 segm/pat	Artériographie Face	Sténose0-19 % : ratio PSV < 1,5	Répartition des lésions ≥ 50 % (122 MI): Normal = 35, Aorto-Iliaque = 23, Fem-Pop = 33, Aorto-Iliaque et Fem Pop = 31		
	Lecture indépendante ED/ artériographie		960 segments Axe iliaque Axe fem-pop	Oblique si nécessaire	Sténose20- 49 % : ratio ≥ 1,5 et < 2,5	Concordance ED - artériographie: : 78 % 918 segments exploitables		
				Calcul sténose NP		Sténose ≥ 50 % et occlusion		
					Sténose50- 99 % : ratio ≥ 2,5		Se%	Sp%
						Aorte	100	100
						IP	79	94
						IE	92	96
					Occlusion	FC	57	98
						FP	71	94
						FS sup	73	96
						FS moy	100	98
						FS inf	92	95
						Pop	75	93
						Tous segments	84	96
						Tous segments : Sténose ≥ 50 %	74	97
						Tous segments : Occlusion	92	99
						Occlusion <i>versus</i> perméable		
					Axe iliaque	100	100	
					Axe fem pop	91	99	

Tableau 8 (suite). Échographie Doppler : performances.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel étude patients axe artériel effectif lésion	Examen de réf	Critères	Résultats
MULLIGAN 1991 (177)	Prospective	ED pulsé et couleur	12 patients	Artériographie Face	Score de Jäger Sténose 50- 99 % : x2 PSV	Exclusion de 57 segments (55 axes iliaques) reste 123
	Lecture indépendante ED/ artériographie		Axe iliaque Axe fem-pop	Calcul sténose précisé	Occlusion	Concordance ED- artériographie = 82 %
					Sténose ≥ 50 % et occlusion	
					Axes iliaques et fem-pop	Se 59% Sp 65%
					Axes fem-pop	Se 89% Sp 91%
POLAK 1991 (178)	Prospective	ED pulsé et couleur	35 patients	Artériographie	Sténose 40- 60 % : Ratio PSV entre 1,8 et 2,2	Concordance ED- artériographie = 73 %
	Lecture indépendante ED/ artériographie		FS et pop	Incidence NP Calcul sténose NP	Sténose > 60 % : Ratio PSV > 2,2	
					Sténose ≥ 60 % et occlusion	Se 95 % Sp 76 %
					Sténose ≥ 60 %	Se 64 % Sp 86 %
					Occlusion	Se 95 % Sp 76 %

Tableau 8 (suite). Échographie Doppler : performances.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel étude patients axe artériel effectif lésion	Examen de réf	Critères	Résultats			
FLETCHER 1990 (179)	Rétrospectif probable	ED pulsé	19 patients 56 MI	Artériographie	Sténose 50- 75 %	1) Concordance ED-artériographie = 91 %			
						FS	83 %		
	Lecture indépendante ED/ artériographie		FS 168 segments (FS prox, moy, dist)	Incidences NP	Monophasique,	FS prox	91 %		
				Calcul sténose NP	élargissement spectral,	FS moy	82 %		
					turbulences en aval	FS dist	75 %		
					x2 PSV et PSV < 2m/sec	Sténose ≥ 50 % et occlusions			
						Se %	Sp %		
						FS	88	88	
						FS prox	89	97	
					Sténose> 75 % Monophasique,	FS moy	87	85	
					élargissement spectral,	FS dist	88	80	
					turbulences en aval				
POLAK 1990 (180)	Prospective	ED pulsé et couleur	17 patients 34 MI	Artériographie Face	Sténose50- 99 % : x2 PSV	Axe fem-pop :			
	Lecture indépendante ED/ artériographie		238 segments Axe fem-pop	Calcul sténose NP		Sténose ≥ 50 % (occlusions exclues)	Se 76 %	Sp 97 %	
						Sténose ≥ 50 % et occlusion	Se 88 %	Sp 95 %	

Tableau 8 (suite). Échographie Doppler : performances.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel étude patients axe artériel effectif lésion	Examen de réf	Critères	Résultats		
COSSMAN 1989 (181)	Rétrospectif probable	ED pulsé et couleur	61 patients 84 extrémités	Artériographie: incidence NP	Occlusion	Se %	Sp %	
					Sténose ≥ 50 % : PSV	Iliaque	-	-
	Lecture indépendante ED/ artériographie	Axe iliaque : analyse indirecte	Axe fém-pop	> 200cm/sec ou ratio > 2	FC	0	100	
					FP	50	100	
					FS prox	58	98	
					FS dist	91	98	
					Pop prox	89	99	
					Pop dist	83	100	
					Trépied jambier	67	100	
					Tous segments	81	99	
					Occlusion : pas de couleur	Sténose ≥ 50 % et occlusion	Se %	Sp %
					2) Classes < 30, < 50, ≥ 50	Iliaque	81	98
						FC	80	100
						FP	80	100
						FS prox	82	97
FS dist	94	94						
Pop prox	94	100						
Pop dist	90	100						
Trépied jambier	50	98						
Tous segments	87	99						

Tableau 8 (suite). Échographie Doppler : performances.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel étude patients axe artériel effectif lésion	Examen de réf	Critères	Résultats
LEGEMATE 1989 (182)	Prospectif Lecture indépendante ED/ artériographie	ED pulsé	40 patients 629 segments aorte axe iliaque axe fem-pop	Artériographie Face Oblique si nécessaire	Sténose ≥ 50 % : x 2,5 PSV avec aspect mono (ou bi) phasique Occlusion	Concordance ED- artériographie: 96 % (kappa = 0,88) Sténose ≥ 50 % et occlusion Se% Sp% Aorto-iliaque 92 98 Fem pop 88 98 Occlusion Se% Sp% Aorto-iliaque 100 100 Fem pop 90 100 Tous segments confondus Sténose ≥ 50 % Se 83 % Sp98 % Occlusion Se 90,5 % Sp 99 %
LANGSFELD 1988 (159)	Retrospectif probable Lecture indépendante ED/ artériographie	ED pulsé	23 patients 166 segments Aorte Axe iliaque	Artériographie Face Oblique si nécessaire Calcul sténose précisé	Score de Jäger Sténose > 50 % x 2PSV	Concordance ED-artériographie: 55 % Sténose ≥ 50 % et Occlusion : Se 82 % Sp 96 % Sténose ≥ 50 % : Se 71 % Sp 97 % Occlusion : Se 100 % Sp 100 %

Tableau 8 (suite). Échographie Doppler : performances.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel étude patients axe artériel effectif lésion	Examen de réf	Critères	Résultats				
STRANDNES S 1988 (22)	Prospectif	ED pulsé	20 patients 393 segments Aorte Axe iliaque Axe fem-pop	Artériographie Incidence NP Calcul sténose NP	Score de Jäger Sténose > 50 % x 2PSV	Concordance ED- artériographie: 69 % (kappa = 0,55)				
						Sténose > 50 % et occlusion				
							Se %	Sp %		
						Aorte	100	100		
						Iliaque	89	90		
						FC	67	98		
						FP	67	81		
						FS	84	93		
						Pop	75	97		
						Tous segments	82	92		
KOHLER 1987 (183)	NP Lecture indépendante ED/ artériographie	ED pulsé	32 patients travail sur 20 patients 393 segments : Aorte Axe iliaque Axe fem pop	Artériographie Face Oblique si nécessaire Sténose > 50 % soit mesurée soit si gradient ≥ 15 mHg	Score Jäger Sténose > 50 % x 2PSV	Concordance : 69 % (kappa = 0,55)				
						Sténose ≥ 50 % et occlusion				
							Se %	Sp %		
						Aorte	100	100		
						Iliaque	89	90		
						FC	67	98		
						FP	67	81		
						FS	84	93		
						Pop	75	97		
						Tous segments	82	92		
						Sténose ≥ 50 % (Tous segments)			63	93
						Occlusion (ts segm)			93	99

Tableau 8 (suite). Échographie Doppler : performances.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel étude patients axe artériel effectif lésion	Examen de réf	Critères	Résultats
WALTON 1984 (89)	Prospectif	Doppler continu	83 patients 149 artères Lésion iliaque évaluée à partir de l'enregistrement IE	Artériographie une incidence	Évalue profil spectre	Concordance : 35 % Sténose \geq 50 % et Occlusion : Se 87 % Sp 88 %

Échographie-Doppler dans l'artériopathie oblitérante des membres inférieurs

Tableau 9. Échographie Doppler : synthèse des performances globales.

Lésion	Matériel d'étude	Sensibilité (en %)	Spécificité (en %)	Auteur
Sténose ≥ 50 %	Tous segments confondus (iliaque et fémoro-poplité)	58	97,5	Allard 1994 (12)
	Axe iliaque	58	97	Lundin 2000 (9)
	Axe fémoro-poplité	100	94	Linke 1994 (13)
	Artères de jambe, artère(s) du pied	43	98	Karacagil 1996 (11)
Occlusion	Tous segments confondus (iliaque et fémoro-poplité)	97,5	99	Allard 1994 (12)
	Axe iliaque	93	99,5	Lundin 2000 (9)
	Axe fémoro-poplité	74	100	Linke 1994 (13)
	Artère poplitée, artères de jambe, artère(s) du pied	53 à 81	76 à 96	Koelemay 1998 (84)
	Artères de jambe, artère(s) du pied	85	82	Karacagil 1996 (11)
Sténose ≥ 50 % et occlusion	Tous segments confondus (iliaque et fémoro-poplité)	74	96	Allard 1994 (12)
	Axe iliaque	72	97	Lundin 2000 (9)
	Axe iliaque	63	85	Wikstrom 2000 (10)
	Axe iliaque	83	96	Allard 1994 (12)
	Axe iliaque	88	97	Moneta 1993 (14)
	Axe iliaque	89	99	Moneta 1992 (15)
	Artère fémorale commune	76	99	Moneta 1992 (15)
	Artère fémorale profonde	83	97	Moneta 1992 (15)
	Axe fémoro-poplité	93	100	Moneta 1993 (14)
	Axe fémoro-poplité	95	96	Linke 1994 (13)
	Axe fémoro-poplité	93	90	Allard 1994 (12)
	Artère fémorale superficielle	87	98	Moneta 1992 (15)
	Artère poplitée	67	99	Moneta 1992 (15)
	Artères de jambe, artère(s) du pied	85	80	Karacagil 1996 (11)

Tableau 10. Analyse indirecte de l'axe iliaque par étude du spectre Doppler enregistré au niveau de l'artère fémorale commune. Performances.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel d'étude Patients Axe artériel	Examen de référence	Critère	Résultats
EIBERG 2001 (85)	Série prospective consécutives	Écho B et D pulsé	94 patients 94 axes iliaques	Artériographie Face ou biplan (pas de précision)	Aspect visuel du spectre : bi/triphasique Fenêtre sombre Pas de flux diastolique positif ou flux faible (moins de 1/5 du PSV)	Concordance ED pulsé - artériographie: 90,5 % (kappa = 0,81)
	Indépendance Doppler pulsé artériographie		Clinique NP	Calcul sténose NP		Population globale Sténose ≥ 50 % et occlusion Se 98 % Sp 81 % Occlusion proximale de la FS (n = 35) Concordance ED pulsé - artériographie: kappa = 0,74 Sténose ≥ 50 % et occlusion Se 96 % Sp 75 %
SENSIER 1998 (86)	Prospective	Écho B couleur et Doppler pulsé	73 patients 118 MI	ED couleur et pulsé	Aspect visuel anormal du flux Doppler (cf. description dans la méthode)	Tous MI confondus Concordance 87 % k = 0,74 Sténose ≥ 50 % et occlusion Se 95 % Sp 80 %
	Examens Doppler continu et ED couleur pulsé non indépendants		Clinique NP	Sténose ≥ 50 % PSV ≥ 2 Occlusion : pas de flux		Occlusion FS prox Concordance 83 % k = 0,66 Sténose ≥ 50 % et occlusion Se 89 % Sp 76 %
						Sans occlusion FS prox Concordance 89 % k = 0,74 Sténose ≥ 50 % et occlusion Se 97 % Sp 81 %

Tableau 10 (suite). Analyse indirecte de l'axe iliaque par étude du spectre Doppler enregistré au niveau de l'artère fémorale commune. Performances.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel d'étude Patients Axe artériel	Examen de référence	Critère	Résultats
CURRIE 1995 (77)	Prospectif	Écho B couleur et D pulsé	39 patients 50 axes iliaques (44 stade II, 6 ischémies critiques) Sténose ou occlusion sur l'axe iliaque évalué par flux de la FC <i>avant puis après</i> épreuve d'hyperhémie	Gradient de pression	Critères définis dans la première partie de l'étude :	Sténose hémodynamiquement significative (chute de 20mmHg au repos ou ou gradient de pression après hyperhémie excédant de 15 % la pression FC au repos)
	Indépendance NP				EDV 70 à -14 cm/sec EDV 70 à -14 cm/sec et index de pulsatilité 40 < 4,9	EDV 70 égal à -14 cm/sec EDV 70 à -14 cm/sec et PI 40 < 4,9 Se 86% Sp 82 % Se 86% Sp 89 %
BURNHAM 1992 (87)	Série NP	Doppler continu Analyse spectrale	404 axes iliaques associés à : 265 FS perm et à 139 FS occluses clinique NP	Artériographie Incidence NP Calcul sténose NP	Temps montée systolique > 144 ms	Tous MI confondus Concordance 78 % Sténose ≥ 75 % et occlusion Occlusion FS Concordance 94 % Sténose ≥ 75 % et occlusion Sans occlusion FS Concordance 98 % Sténose ≥ 75 % et occlusion
	Lecture indépendante					Se 89 % Sp 98 %
	Doppler- artériographie					Se 82 % Sp 97 % Se 93 % Sp 99 %

Échographie-Doppler dans l'artériopathie oblitérante des membres inférieurs

Tableau 10 (suite). Analyse indirecte de l'axe iliaque par étude du spectre Doppler enregistré au niveau de l'artère fémorale commune. Performances.

Auteur	Méthodologie	Technique	Matériel d'étude Patients Axe artériel	Examen de référence	Critère	Résultats
BAGI 1988 (81)	Série consécutive	Doppler continu	35 patients (clinique NP)	Artériographie Face	Temps de montée systolique	Sténose $\geq 50\%$ et Occlusion Segment Aorto-Iliaque
	Lecture indépendante Doppler-artériographie	Doppler pulsé Analyse spectrale	Axe iliaque Axe fem-pop	Calcul sténose NP	> 120ms et aspect visuel de la courbe (décrit)	Concordance 96 % Se 95 % Sp 97 % Concordance 87 % Se 79 % Sp 93 %
		Flux FC, FS, Pop Mesure Temps de montée systolique				
SYMES 1984 (88)	Prospectif	Doppler continu	50 patients (clinique NP)	Artériographie Face	Aspect visuel anormal du flux Doppler	Sténose $\geq 50\%$ et occlusion : Iliaque
	Indépendance NP	Flux FC, Pop, tibial	100 MI	Calcul sténose NP	Index de pulsatilité < 5 en FC (axe iliaque)	Fem-pop Axes jambiers
					Inverse <i>Damping factor</i> < 1 (FS et tibial)	Se 95 % Sp 89 % Se 93 % Sp 96 % Se 80 % Sp 50 %
WALTON 1984 (89)	Prospectif	Doppler continu avec analyse spectrale	83 patients 149 artères (clinique NP)	Artériographie Face	Aspect visuel anormal du flux Doppler IE distal	Concordance : 87 % Sténose > 50 % et Occlusion :
	Lecture indépendante Doppler continu/artériographie			Calcul sténose NP	(décrit dans la méthode)	Se 87 % Sp 87,5 %

Tableau 11. Critères de sténoses ou « d'échec du pontage » ou de réintervention.

Auteur	Type de pontage	Critères utilisés
CALLIGARO 2001 (114)	Pontages prothétiques sous-inguinaux	Risque d'échec si l'ED identifiait l'un de ces paramètres au niveau ou à proximité de la greffe : PSV > 3m/sec ; PSV < 45 cm le long de la greffe, ratio PSV > 3 et signal monophasique dans la greffe
MILLS 2001 (116)	Pontages veineux sous-inguinaux	Normal : PSV < 200 cm/sec, ratio PSV < 2 Sténose intermédiaire PSV 200 cm/sec < PSV < 300 cm/sec 2 < ratio PSV < 4 Sténose critique PSV > 300 cm/sec ratio PSV > 4
JOHNSON 2000 (105)	Pontages veineux sous-inguinaux	Critères de réintervention PSV > 3m/sec et rapport PSV > 3,5. Lésions associées à un PSV 45 cm/sec
ROTH 1999 (117)	Pontages veineux sous-inguinaux	Critères de réintervention Sténose avec PSV > 3m/sec (EDV > 40 cm/sec) et ratio PSV > 3,5, surtout si PSV < 40 cm/sec (pour l'auteur correspond à une sténose ≥ 75 % en diamètre)
DOUGHERTY 1998 (118)	Pontages veineux sous-inguinaux	Critères de réintervention Rapport PSV > 3 et/ou PSV < 45 cm/sec : indication habituelle mais pour l'auteur il faudrait des critères plus sévères
WESTERBAND 1997 (119)	Pontages veineux sous-inguinaux	Critères de sténose (diamètre non précisé) : PSV > 180 cm/sec ; avec un ratio de PSV > 1,5 Critères de réintervention (1) PSV max de 3m/sec ou ratio PSV > 3,5, (2) PSV < 45 cm/sec sur l'ensemble du pontage, et (3) chute de l'IPS > 0,15
HOBALLAH 1997 (115)	Pontages sous-inguinaux en PTFE	Critères d'échec conduisant à la pratique d'une artériographie Rapport PSV > 3 ou PSV < 45 cm/sec.

Tableau 11 (suite). Critères de sténoses ou « d'échec du pontage » ou de réintervention.

Auteur	Type de pontage	Critères utilisés
CALLIGARO 1996 (69)	Grefe prothétique sus-ou sous-inguinale	Risque d'échec si l'ED identifiait l'un de ces paramètres au niveau ou à proximité de la greffe : PSV > 3m/sec, EDV > 50cm/sec ; PSV < 45 cm le long de la greffe, ratio PSV > 3 et signal monophasique dans la greffe
HO 1995 (120)	Pontages sous-infragéniculés	Sténose < 50 % en diamètre : ratio PSV < 2,5 Sténose entre 50 et 75 % : ratio PSV entre 2,5 et 4,5 Sténose entre 75 et 99 % ratio PSV > 4,5 et/ou que la valeur télédiastolique est > 40 cm/sec.
LUNDELL 1995 (70)	Pontages sous-inguinaux veineux ou PTFE	Sténose > 50% PSV > 200 cm/sec PSV < 45 cm/sec : sténose d'amont ou d'aval

RÉFÉRENCES

- 1 Rutherford RB, Flanigan DP, Gupta SK, Johnston KW, Karmody A, Whittemore AD et al. Suggested standards for reports dealing with lower extremity ischemia. *J Vasc Surg* 1986;4:80-94.
- 2 Rutherford RB, Baker JD, Ernst C, Johnston KW, Porter JM, Ahn S et al. Recommended standards for reports dealing with lower extremity ischemia: revised version. *J Vasc Surg* 1997;26:517-38.
- 3 Hiatt WR. Medical treatment of peripheral arterial disease and claudication. *New Engl J Med* 2001;344:1608-21.
- 4 Management of peripheral arterial disease (PAD). Transatlantic inter-society consensus (TASC). *J Vasc Surg* 2000;31.
- 5 Müller-Bühl U, Wiesemann A, Oser B, Kirchberger I, Strecker EP. Correlation of hemodynamic and functional variables with the angiographic extent of peripheral arterial occlusive disease. *Vasc Med* 1999;4:247-51.
- 6 Chirossel P, Barbe R, Clermont A, Revel D, Amiel M. Notion de sténose artérielle critique: intérêt d'une modélisation des mesures obtenues par méthode angiographique et technique Doppler, avant et après angioplastie endoluminale des artères iliaques. *J Mal Vasc* 1988;13:89-94.
- 7 European Working Group on Critical Leg Ischaemia. Second european consensus document on chronic critical leg ischemia. *Circulation* 1991;84.
- 8 Egglin TK, O'Moore PV, Feinstein AR, Waltman AC. Complications of peripheral arteriography: a new system to identify patients at increased risk. *J Vasc Surg* 1995;22:787-94.
- 9 Lundin P, Svensson A, Henriksen E, Jonason T, Forssell C, Backbro B et al. Imaging of aortoiliac arterial disease. Duplex ultrasound and MR angiography versus digital subtraction angiography. *Acta Radiol* 2000;41:125-32.
- 10 Wikström J, Holmberg A, Johansson L, Löfberg AM, Smedby O, Karacagil S et al. Gadolinium-enhanced magnetic resonance angiography, digital subtraction angiography and duplex of the iliac arteries compared with intra-arterial pressure gradient measurements. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2000;19:516-23.
- 11 Karacagil S, Lofberg AM, Granbo A, Lorelius LE, Bergqvist D. Value of duplex scanning in evaluation of crural and foot arteries in limbs with severe lower limb ischaemia - A prospective comparison with angiography. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1996;12:300-3.
- 12 Allard L, Cloutier G, Durand LG, Roederer GO, Langlois YE. Limitations of ultrasonic duplex scanning for diagnosing lower limb arterial stenoses in the presence of adjacent segment disease. *J Vasc Surg* 1994;19:650-7.
- 13 Linke RJ, Davies RP, Giles AJ, Walsh JA, Thompson BW. Colour duplex ultrasound: a screening modality for femoropopliteal disease in patients with intermittent claudication. *Australas Radiol* 1994;38:320-3.
- 14 Moneta GL, Yeager RA, Lee RW, Porter JM. Noninvasive localization of arterial occlusive disease: a comparison of segmental Doppler pressures and arterial duplex mapping. *J Vasc Surg* 1993;17:578-82.

- 15 Moneta GL, Yeager RA, Antonovic R, Hall LD, Caster JD, Cummings CA et al. Accuracy of lower extremity arterial duplex mapping. *J Vasc Surg* 1992;15:275-84.
- 16 De Smet AA, Ermers EJ, Kitslaar PJ. Duplex velocity characteristics of aortoiliac stenoses. *J Vasc Surg* 1996;23:628-36.
- 17 Leng GC, Whyman MR, Donnan PT, Ruckley C, V, Gillespie I, Fowkes FG et al. Accuracy and reproducibility of duplex ultrasonography in grading femoropopliteal stenoses. *J Vasc Surg* 1993;17:510-7.
- 18 Sacks D, Robinson ML, Marinelli DL, Perlmuter GS. Peripheral arterial Doppler ultrasonography: diagnostic criteria. *J Ultrasound Med* 1992;11:95-103.
- 19 Strauss AL, Schäberle W, Rieger H, Roth FJ. Use of duplex scanning in the diagnosis of arteria profunda femoris stenosis. *J Vasc Surg* 1991;13:698-704.
- 20 Koelemay MJ, Legemate DA, Reekers JA, Koedam NA, Balm R, Jacobs MJ. Interobserver variation in interpretation of arteriography and management of severe lower leg arterial disease. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2001;21:417-22.
- 21 Larch E, Minar E, Ahmadi R, Schnurer G, Schneider B, Stumpf A et al. Value of color duplex sonography for evaluation of tibio-peroneal arteries in patients with femoropopliteal obstruction: a prospective comparison with anterograde intraarterial digital subtraction angiography. *J Vasc Surg* 1997;25:629-36.
- 22 Strandness DE. Duplex scanning for diagnosis of peripheral arterial disease. *Herz* 1988;13:372-7.
- 23 Jäger KA, Phillips DJ, Martin RL, Hanson C, Roederer GO, Langlois YE et al. Noninvasive mapping of lower limb arterial lesions. *Ultrasound Med Biol* 1985;11:515-21.
- 24 Schindler N, Calligaro KD, Lombardi J, Dougherty MJ, Raviola CA, d'Orazio E. Has arteriography gotten a bad name? Current accuracy and morbidity of diagnostic contrast arteriography for aortoiliac and lower extremity arterial disease. *Ann Vasc Surg* 2001;15:417-20.
- 25 AbuRahma AF, Robinson PA, Boland JP, Umstot RK, Clubb EA, Grandia RA et al. Complications of arteriography in a recent series of 707 cases: factors affecting outcome. *Ann Vasc Surg* 1993;7:122-9.
- 26 Chaigneau P, Meck JM, Bussone M, Ciprich G, de Tarragon E, Dissot B. Aorto-artériographie des membres inférieurs chez le vieillard. Tolérance et intérêt. *J Radiol* 1990;71:517-23.
- 27 Weitz JI, Byrne J, Clagett P, Farkouh ME, Porter JM, Sackett DL et al. Diagnosis and treatment of chronic arterial insufficiency of the lower extremities: a critical review. *Circulation* 1996;94:3026-49.
- 28 Carter SA. Indirect systolic pressures and pulse waves in arterial occlusive disease of the lower extremities. *Circulation* 1968;37:624-37.
- 29 Jeelani NU, Braithwaite BD, Tomlin C, MacSweeney ST. Variation of method for measurement of brachial artery pressure significantly affects ankle-brachial pressure

- index values. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2000;20:25-8.
- 30 Gardner AW, Montgomery PS. Comparison of three blood pressure methods used for determining ankle/brachial index in patients with intermittent claudication. *Angiology* 1998;49:723-8.
- 31 Kiekara O, Riekkinen H, Soimakallio S, Länsimies E. Correlation of angiographically determined reduction of vascular lumen with lower-limb systolic pressures. *Acta Chir Scand* 1985;151:437-40.
- 32 Ouriel K, McDonnell AE, Metz CE, Zarins CK. A critical evaluation of stress testing in the diagnosis of peripheral vascular disease. *Surgery* 1982;91:686-93.
- 33 Baxter GM, Polak JF. Lower limb colour flow imaging: a comparison with ankle: brachial measurements and angiography. *Clin Radiol* 1993;47:91-5.
- 34 Feigelson HS, Criqui MH, Fronek A, Langer RD, Molgaard CA. Screening for peripheral arterial disease: the sensitivity, specificity, and predictive value of noninvasive tests in a defined population. *Am J Epidemiol* 1994;140:526-34.
- 35 Lijmer JG, Hunink MG, van den Dungen JJ, Loonstra J, Smit AJ. ROC analysis of noninvasive tests for peripheral arterial disease. *Ultrasound Med Biol* 1996;22:391-8.
- 36 Allen J, Oates CP, Henderson J, Jago J, Whittingham TA, Chamberlain J et al. Comparison of lower limb arterial assessments using color-duplex ultrasound and ankle/brachial pressure index measurements. *Angiology* 1996;47:225-32.
- 37 De Graaff JC, Ubbink DT, Legemate DA, de Haan RJ, Jacobs MJ. Interobserver and intraobserver reproducibility of peripheral blood and oxygen pressure measurements in the assessment of lower extremity arterial disease. *J Vasc Surg* 2001;33:1033-40.
- 38 Abraham P, Desvaux B, Colin D, Leftheriotis G, Saumet JL. Heart rate-corrected ankle-to-arm index in the diagnosis of moderate lower extremity arterial disease. *Angiology* 1995;46:673-7.
- 39 Simon A, Papoz L, Ponton A, Segond P, Becker F, Drouet L et al. Feasibility and reliability of ankle/arm blood pressure index of preventive medicine. *Angiology* 2000;51:463-71.
- 40 Bollinger A, Schlumpf M, Buholzer F, Grüntzig A, Butti P. Ergometric performance and peripheral hemodynamics in patients with isolated occlusions of the iliac and femoral arteries. *Vasa* 1973;2:228-32.
- 41 Chamberlain J, Housley E, Macpherson AIS. The relationship between ultrasound assessment and angiography in occlusive arterial disease of the lower limb. *Br J Surg* 1975;62:64-7.
- 42 Yao ST, Hobbs JT, Irvine WT. Ankle systolic pressure measurements in arterial disease affecting the lower extremities. *Br J Surg* 1969;56:676-9.
- 43 Hirai M, Schoop W. Clinical significance of Doppler velocity and blood pressure measurements in peripheral arterial occlusive disease. *Angiology* 1984;35:45-53.
- 44 Nicholson ML, Byrne RL, Steele GA, Callum KG. Predictive value of bruits and Doppler pressure measurements in detecting lower limb

- arterial stenosis. *Eur J Vasc Surg* 1993;7:59-62.
- 45 Mätzke S, Ollgren J, Lepäntalo M. Predictive value of distal pressure measurements in critical leg ischaemia. *Ann Chir Gynaecol* 1996;85:316-21.
- 46 Carter SA. Response of ankle systolic pressure to leg exercise in mild or questionable arterial disease. *N Engl J Med* 1972;287:578-82.
- 47 Boccalon H. Intérêt des explorations fonctionnelles artérielles dans l'artériopathie des membres inférieurs. *STV* 1991;3:441-9.
- 48 Hiatt WR, Jones DN. The role of hemodynamics and duplex ultrasound in the diagnosis of peripheral arterial disease. *Curr Opin Cardiol* 1992;7:805-10.
- 49 McKenna M, Wolfon S, Kuller L. The ratio of ankle and arm arterial pressure as an independant predictor of mortality. *Atherosclerosis* 1991;87:119-28.
- 50 Ögren M, Hedblad B, Jungquist G, Isacson SO, Lindell SE, Janzon L. Low ankle-brachial pressure index in 68-year-old men: prevalence, risk factors, and prognosis. *Eur J Vasc Surg* 1993;7:500-6.
- 51 Aquino R, Johnnides C, Makaroun M, Whittle JC, Muluk VS, Kelley ME et al. Natural history of claudication: long-term serial follow-up study of 1244 claudicants. *J Vasc Surg* 2001;34:962-70.
- 52 Vogt MT, Cauley JA, Newman AB, Kuller LH, Hulley SB. Decreased ankle/arm blood pressure index and mortality in elderly women. *JAMA* 1993;270:465-9.
- 53 Leng GC, Fowkes FG, Lee AJ, Dunbar J, Housley E, Ruckley CV. Use of ankle brachial pressure index to predict cardiovascular events and death: a cohort study. *Br Med J* 1996;313:1440-4.
- 54 Vogt MT, Wolfson SK, Kuller LH. Segmental arterial disease in the lower extremities: correlates of disease and relationship to mortality. *J Clin Epidemiol* 1993;46:1267-76.
- 55 O'Riordain DS, O'Donnell JA. Realistic expectations for the patient with intermittent claudication. *Br J Surg* 1991;78:861-3.
- 56 Newman AB, Sutton-Tyrrell K, Vogt MT, Kuller LH. Morbidity and mortality in hypertensive adults with a low ankle/arm blood pressure index. *JAMA* 1993;270:487-9.
- 57 Hiatt WR, Hoag S, Hamman RF. Effect of diagnostic criteria on the prevalence of peripheral arterial disease. The San Luis Valley Diabetes Study. *Circulation* 1995;91:1472-9.
- 58 McDermott MM, Criqui MH, Liu K, Guralnik JM, Greenland P, Martin GJ et al. Lower ankle/brachial index, as calculated by averaging the dorsalis pedis and posterior tibial arterial pressures, and association with leg functioning in peripheral arterial disease. *J Vasc Surg* 2000;32:1164-71.
- 59 Hiatt WR, Nawaz D, Regensteiner JG, Hossack KF. The evaluation of exercise performance in patients with peripheral vascular disease. *J Cardiopulm Rehabil* 1988;12:525-32.
- 60 Becker F, Brenot R, David M. Artériopathie oblitérante des membres inférieurs. Analyse critique de la classification de Leriche et Fontaine. *STV* 1990;2:387-95.

- 61 Yao ST. Haemodynamic studies in peripheral arterial disease. *Br J Surg* 1970;57:761-6.
- 62 Criqui MH, Fronek A, Barrett-Connor E, Klauber MR, Gabriel MR, Gabriel S et al. The prevalence of peripheral arterial disease in a defined population. *Circulation* 1985;71:510-5.
- 63 Dormandy JA, Murray GD. The fate of the claudicant: a prospective study of 1969 claudicants. *Eur J Vasc Surg* 1991;5:131-3.
- 64 Fowkes FG, Allan PL, Tsampoulas C, Smith FB, Donnan PT. Validity of duplex scanning in the detection of peripheral arterial disease in the general population. *Eur J Vasc Surg* 1992;6:31-5.
- 65 Benhamou AC, Dadon M, Emmerich J, Fontaine P, Got I, Guillausseau PJ et al. Arthériopathie des membres inférieurs chez le diabétique. Recommendation of ALFEDIAM. *Diabetes Metab* 1997;23:541-8.
- 66 Bandyk DF, Seabrook GR, Moldenhauer P, Lavin J, Edwards J, Cato R et al. Hemodynamics of vein graft stenosis. *J Vasc Surg* 1988;8:688-95.
- 67 Grigg MJ, Nicolaides AN, Wolfe JHN. Detection and grading of femorodistal vein graft stenoses : duplex velocity measurements compared with angiography. *J Vasc Surg* 1988;8:661-6.
- 68 Idu MM, Blankenstein JD, de Gier P, Truyen E, Buth J. Impact of a color-flow duplex surveillance program on infrainguinal vein graft patency: a five-year experience. *J Vasc Surg* 1993;17:42-52.
- 69 Calligaro KD, Musser DJ, Chen AY, Dougherty MJ, McAfee-Bennett S, Doerr KJ et al. Duplex ultrasonography to diagnose failing arterial prosthetic grafts. *Surgery* 1996;120:455-9.
- 70 Lundell A, Lindblad B, Bergqvist D, Hansen F. Femoropopliteal-crural graft patency is improved by an intensive surveillance program: a prospective randomized study. *J Vasc Surg* 1995;21:26-34.
- 71 De Gier P, Sommeling C, van Dulken E, Truyen E, Buth J. Stenosis development at the distal anastomosis of prosthetic bypasses for aortoiliac occlusive disease. Incidence and accuracy of colour flow duplex in the diagnosis. *Eur J Vasc Surg* 1993;7:237-44.
- 72 Vogt KC, Jensen F, Schroeder TV. Does Dopplersignal enhancement with Levovist improve the diagnostic confidence of duplex scanning of the iliac arteries?--(A pilot study with correlation to intravascular ultrasound). *Eur J Ultrasound* 1998;7:159-65.
- 73 Langholz J, Schlieff R, Schurmann R, Wanke M, Heidrich H. Contrast enhancement in leg vessels. *Clin Radiol* 1996;51 Suppl 1:31-4.
- 74 Ubbink DT, Legemate DA, Lull JB. Color-flow duplex scanning of the leg arteries by use of a new echo-enhancing agent. *J Vasc Surg* 2002;35:392-6.
- 75 Fronek A, Oglevie S, Curran B, Fronek K. Combination of pressure and velocity parameters in the non-invasive diagnosis of aorto-iliac disease. *Vasc Med* 1999;4:77-81.
- 76 Makita S, Ohira A, Murakami H, Itoh S, Hiramori K. Noninvasive detection of iliac artery disease and prediction of its severity from Doppler spectral analysis in common femoral artery. *Angiology* 1997;48:615-21.

- 77 Currie IC, Wilson YG, Baird RN, Lamont PM. Postocclusive hyperaemic duplex scan: a new method of aortoiliac assessment. *Br J Surg* 1996;82:1226-9.
- 78 Kitslaar PJ, Jorning PJ, Köhlen JP. Assessment of aortoiliac stenosis by femoral artery pressure measurement and Doppler waveform analysis. *Eur J Vasc Surg* 1988;2:35-40.
- 79 Flanigan DP, Collins JT, Schwartz JA. Hemodynamic and arteriographic evaluation of femoral pulsatility index. *J Surg Res* 1982;32:234-8.
- 80 Bagi P, Sillesen H, Bitsch K, Buchardt-Hansen HJ. Doppler waveform analysis in evaluation of occlusive arterial disease in the lower limb: comparison with distal blood pressure measurement and arteriography. *Eur J Vasc Surg* 1990;4:305-11.
- 81 Bagi P, Sillesen H, Buchardt-Hansen HJ. Quantitative Doppler ultrasound evaluation of occlusive arterial disease in the lower limb. *Eur J Vasc Surg* 1988;2:409-15.
- 82 Ubbink DT, Fidler M, Legemate DA. Interobserver variability in aortoiliac and femoropopliteal duplex scanning. *J Vasc Surg* 2001;33:540-5.
- 83 Winter-Warnars HA, van der Graaf Y, Mali WP. Interobserver variation in duplex sonographic scanning in the femoropopliteal tract. *J Ultrasound Med* 1996;15:421-8.
- 84 Koelemay MJ, Legemate DA, de Vos H, van Gorp JA, Reekers JA, Jacobs MJ. Can cruropedal colour duplex scanning and pulse generated run-off replace angiography in candidates for distal bypass surgery. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1998;16:13-8.
- 85 Eiberg JPJ, Jensen F, Gronvall Rasmussen JB, Schroeder TV. Screening for aortoiliac lesions by visual interpretation of the common femoral Doppler waveform. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2001;22:331-6.
- 86 Sensier Y, Bell PR, London NJ. The ability of qualitative assessment of the common femoral Doppler waveform to screen for significant aortoiliac disease. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1998;15:357-64.
- 87 Burnham SJ, Jaques P, Burnham CB. Noninvasive detection of iliac artery stenosis in the presence of superficial femoral artery obstruction. *J Vasc Surg* 1992;16:445-52.
- 88 Symes JF, Graham AM, Mousseau M. Doppler waveform analysis versus segmental pressure and pulse-volume recording: assessment of occlusive disease in the lower extremity. *Can J Surg* 1984;27:345-7.
- 89 Walton L, Martin TR, Collins M. Prospective assessment of the aorto-iliac segment by visual interpretation of frequency analysed Doppler waveforms-- a comparison with arteriography. *Ultrasound Med Biol* 1984;10:27-32.
- 90 Fitzgerald DE, Carr J. Peripheral arterial disease: assessment by arteriography and alternative noninvasive measurements. *Am J Roentgenol* 1977;128:385-8.
- 91 Long A, Turmel-Rodrigues L, Baqué J, Beyssen B, Gaux JC, Sapoval M. Artériopathie des membres inférieurs: suivi par échographie-doppler après revascularisation. *J Radiol. À paraître* 2002.
- 92 Wilson YG, Davies AH, Currie IC, McGrath C, Morgan M, Baird RN et al. The value of pre-discharge duplex scanning in infrainguinal

- graft surveillance. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1995;10:237-42.
- 93 Ramaswami G, al Kutoubi A, Nicolaides AN, Dhanjil S, Coen LD, Belcaro G. The role of duplex scanning in decision making for patients with claudication. *Ann Vasc Surg* 1999;13:606-12.
- 94 Kohler T, Andros G, Porter J, Clowes A, Goldstone J, Johansen K et al. L'écho-Doppler peut-il remplacer l'artériographie dans l'évaluation des artériopathies oblitérantes des membres inférieurs? *Ann Chir Vasc* 1990;4:280-7.
- 95 Aly S, Sommerville K, Adiseshiah M, Raphael M, Coleridge-Smith PD, Bishop CC. Comparison of duplex imaging and arteriography in the evaluation of lower limb arteries. *Br J Surg* 1998;85:1099-102.
- 96 Ligush J, Reavis SW, Preisser JS, Hansen KJ. Duplex ultrasound scanning defines operative strategies for patients with limb-threatening ischemia. *J Vasc Surg* 1998;28:482-91.
- 97 Elsmann BH, Legemate DA, van der Heijden FH, de Vos HJ, Mali WP, Eikelboom BC. Impact of ultrasonographic duplex scanning on therapeutic decision making in lower-limb arterial disease. *Br J Surg* 1995;82:630-3.
- 98 Seeger JM, Schmidt JH, Flynn TC. Preoperative saphenous and cephalic vein mapping as an adjunct to reconstructive arterial surgery. *Ann Surg* 1987;205:733-9.
- 99 Davies AH, Magee TR, Jones DR, Hayward JK, Baird RN, Horrocks M. The value of duplex scanning with venous occlusion in the preoperative prediction of femoro-distal vein bypass graft diameter. *Eur J Vasc Surg* 1991;5:633-6.
- 100 Blebea J, Schomaker WR, Hod G, Fowl RJ, Kempczinski RF. Preoperative duplex venous mapping : a comparison of positional techniques in patients with and without atherosclerosis. *J Vasc Surg* 1994;20:226-34.
- 101 McCarthy MJ, Nydahl S, Hartshorne T, Naylor AR, Bell PR, London NJ. Colour-coded duplex imaging and dependent Doppler ultrasonography in the assessment of crural vessels. *Br J Surg* 1999;86:33-7.
- 102 Wain RA, Berdejo GL, Delvalle WN, Lyon RT, Sanchez LA, Suggs WD et al. Duplex scan arterial mapping replace contrast arteriography as the test of choice before infrainguinal revascularization? *J Vasc Surg* 1999;29:100-7.
- 103 Wilson YG, George JK, Wilkins DC, Ashley S. Duplex assessment of run-off before femorocrural reconstruction. *Br J Surg* 1997;84:1360-3.
- 104 Sawaged RS, Podbielski FJ, Rodriguez HE, Wiesman IM, Connolly MM, Clark ET. Prospective comparison of intraoperative angiography with duplex scanning in evaluating lower-extremity bypass grafts in a community hospital. *Am Surg* 2001;67:601-4.
- 105 Johnson BL, Bandyk DF, Back MR, Avino AJ, Roth SM. Intraoperative duplex monitoring of infrainguinal vein bypass procedures. *J Vasc Surg* 2000;31:678-90.
- 106 MacKenzie KS, Hill AB, Steinmetz OK. The predictive value of intraoperative duplex for early vein graft patency in lower extremity revascularization. *Ann Vasc Surg* 1999;13:275-83.
- 107 Bandyk DF, Johnson BL, Gupta AK, Esses GE. Nature and management of duplex abnormalities encountered during infrainguinal

- vein bypass grafting. *J Vasc Surg* 1996;24:430-8.
- 108 Idu MM, Buth J, Hop WC, Cuypers P, van de Pavoordt ED, Tordoir JM. Vein graft surveillance: is graft revision without angiography justified and what criteria should be used? *J Vasc Surg* 1998;27:399-411.
- 109 Buth J, Disselhoff B, Sommeling C, Stam L. Color-flow duplex criteria for grading stenosis in infrainguinal vein grafts. *J Vasc Surg* 1991;14:716-28.
- 110 Gibson KD, Caps MT, Gillen D, Bergelin RO, Primožich J, Strandness DE. Identification of factors predictive of lower extremity vein graft thrombosis. *J Vasc Surg* 2001;33:24-31.
- 111 Bandyk DF, Cato RF, Towne JB. A low flow velocity predicts failure of femoropopliteal and femorotibial bypass grafts. *Surgery* 1985;98:799-809.
- 112 Taylor PR, Tyrrell MR, Crofton M, Bassan B, Grigg M, Wolfe JH et al. Colour flow imaging in the detection of femoro-distal graft and native artery stenosis: improved criteria. *Eur J Vasc Surg* 1992;6:232-6.
- 113 Polak JF, Donaldson MC, Dobkin GR, Mannick JA, O'Leary DH. Early detection of saphenous vein arterial bypass graft stenosis by color-assisted duplex sonography: a prospective study. *Am J Roentgenol* 1990;154:857-61.
- 114 Calligaro KD, Doerr K, McAfee-Bennett S, Krug R, Raviola CA, Dougherty MJ. Should duplex ultrasonography be performed for surveillance of femoropopliteal and femorotibial arterial prosthetic bypasses? *Ann Vasc Surg* 2001;15:520-4.
- 115 Hoballah JJ, Nazzal MM, Ryan SM, Martinasevic M, Jacobovicz C, Rossley N et al. Is color duplex surveillance of infrainguinal polytetrafluoroethylene grafts worthwhile? *Am J Surg* 1997;174:131-5.
- 116 Mills JL, Wixon CL, James DC, Devine J, Westerband 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.
- 117 Roth SM, Bandyk DF. Duplex imaging of lower extremity bypasses, angioplasties, and stents. *Semin Vasc Surg* 1999;12:275-84.
- 118 Dougherty MJ, Calligaro KD, DeLaurentis DA. The natural history of "failing" arterial bypass grafts in a duplex surveillance protocol. *Ann Vasc Surg* 1998;12:255-9.
- 119 Westerband A, Mills JL, Kistler S, Berman SS, Hunter GC, Marek JM. Validation prospective des critères de réintervention des pontages veineux sous-inguinaux surveillés par échographie-Doppler. *Ann Chir Vasc* 1997;11:44-8.
- 120 Ho GH, Moll FL, Kuipers MM, van de Pavoordt ED, Algra A. Surveillance tardive par échographie-Doppler de l'évolution spontanée des sténoses de pontages infra-géniculés. *Ann Chir Vasc* 1995;9:547-53.
- 121 Olojugba DH, McCarthy MJ, Naylor AR, Bell PR, London NJ. At what peak velocity ratio value should duplex-detected infrainguinal vein graft stenoses be revised? *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1998;15:258-60.
- 122 Ryan SV, Dougherty MJ, Chang M, Lombardi J, Raviola C, Calligaro K. Abnormal duplex findings at the proximal anastomosis of infrainguinal bypass grafts: does revision

- enhance patency? *Ann Vasc Surg* 2001;15:98-103.
- 123 Ihlberg L, Luther M, Tierala E, Lepäntalo M. The utility of duplex scanning in infrainguinal vein graft surveillance: results from a randomised controlled study. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1998;16:19-27.
- 124 Bergamini TM, George SM, Massey HT, Henke PK, Klamer TW, Lambert GE et al. Intensive surveillance of femoropopliteal-tibial autogenous vein bypasses improves long-term graft patency and limb salvage. *Ann Surg* 1995;221:507-16.
- 125 Visser K, Idu MM, Buth J, Engel GL, Hunink MG. Duplex scan surveillance during the first year after infrainguinal autologous vein bypass grafting surgery: costs and clinical outcomes compared with other surveillance programs. *J Vasc Surg* 2001;33:123-30.
- 126 Kirby PL, Brady AR, Thompson SG, Torgerson D, Davies AH. The vein graft surveillance trial: rationale, design and methods. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1999;18:469-74.
- 127 Koelemay MJ, Legemate DA, de Vos H, van Gorp AJ, Balm R, Reekers JA et al. Duplex scanning allows selective use of arteriography in the management of patients with severe lower leg arterial disease. *J Vasc Surg* 2001;34:661-7.
- 128 Schneider PA, Ogawa DY, Rush MP. Lower extremity revascularization without contrast arteriography: a prospective study of operation based upon duplex mapping. *Cardiovasc Surg* 1999;7:699-703.
- 129 Sarkar R, Ro KM, Obrand DI, Ahn SS. Lower extremity vascular reconstruction and endovascular surgery without preoperative angiography. *Am J Surg* 1998;176:203-7.
- 130 Proia RR, Walsh DB, Nelson PR, Connors JP, Powell RJ, Zwolak RM et al. Early results of infragenicular revascularization based solely on duplex arteriography. *J Vasc Surg* 2001;33:1165-70.
- 131 Ascher E, Mazzariol F, Hingorani A, Salles-Cunha S, Gade P. The use of duplex ultrasound arterial mapping as an alternative to conventional arteriography for primary and secondary infrapopliteal bypasses. *Am J Surg* 1999;178:162-5.
- 132 Van der Zaag ES, Legemate DA, Nguyen T, Balm R, Jacobs MJ. Aortoiliac reconstructive surgery based upon the results of duplex scanning. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1998;16:383-9.
- 133 Bodily K, Buttorff J, Nordesgaard A, Osborne R. Aorto-iliac reconstruction without arteriography. *Am J Surg* 1996;171:505-7.
- 134 Pemberton M, Nydahl S, Hartshorne T, Naylor AR, Bell PR, London NJ. Can lower limb vascular reconstruction be based on colour duplex imaging alone? *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1996;12:452-4.
- 135 Elsman BH, Legemate DA, van der Heyden FW, de Vos H, Mali WP, Eikelboom BC. The use of color-coded duplex scanning in the selection of patients with lower extremity arterial disease for percutaneous transluminal angioplasty: a prospective study. *Cardiovasc Intervent Radiol* 1996;19:313-6.
- 136 Ashleigh RJ, Farrell A. The use of colour flow Doppler ultrasound in the selection of patients for femoropopliteal angioplasty. *J Intervent Radiol* 1993;8:133-8.

- 137 Van der Heijden FH, Legemate DA, van Leeuwen MS, Mali WP, Eikelboom BC. Value of Duplex scanning in the selection of patients for percutaneous transluminal angioplasty. *Eur J Vasc Surg* 1993;7:71-6.
- 138 Whyman MR, Gillespie I, Ruckley CV, Allan PL, Fowkes FG. Screening patients with claudication from femoropopliteal disease before angioplasty using Doppler colour flow imaging. *Br J Surg* 1992;79:907-9.
- 139 Nyamekye I, Sommerville K, Raphael M, Adiseshiah M, Bishop C. Non-invasive assessment of arterial stenoses in angioplasty surveillance: a comparison with angiography. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1996;12:471-81.
- 140 Radak DJ, Laps KH, Jager KA, Ilijevski N, Vojic M. The Doppler-based diagnosis of restenosis after percutaneous transluminal angioplasty: sensitivity and specificity of the ankle-brachial pressure index versus changes in absolute pressure values. *Srp Arh Celok Lek* 1998;126:83-91.
- 141 Tielbeek AV, Rietjens E, Buth J, Vroegindewij D, Schol FP. The value of duplex surveillance after endovascular intervention for femoropopliteal obstructive disease. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1996;12:145-50.
- 142 Spijkerboer AM, Nass PC, de Valois JC, van der Graaf Y, Eikelboom BC, Mali WP. Evaluation of femoropopliteal arteries with duplex ultrasound after angioplasty. Can we predict results at one year? *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1996;12:418-23.
- 143 Mewissen MW, Kinney EV, Bandyk DF, Reifsnnyder T, Seabrook GR, Lipchik EO et al. The role of duplex scanning versus angiography in predicting outcome after balloon angioplasty in the femoropopliteal artery. *J Vasc Surg* 1992;15:860-5.
- 144 Myers KA, Wood SR, Lee V. Vascular ultrasound surveillance after endovascular intervention for occlusive iliac artery disease. *Cardiovasc Surg* 2001;9:448-54.
- 145 Spijkerboer AM, Nass PC, de Valois JC, Eikelboom BC, Overtom TT, Beek FJ et al. Iliac artery stenoses after percutaneous transluminal angioplasty: follow-up with duplex ultrasonography. *J Vasc Surg* 1996;23:691-7.
- 146 Vroegindewij D, Tielbeek AV, Buth J, van Kints MJ, Landman GH, Mali WP. Recanalization of femoropopliteal occlusive lesions: a comparison of long-term clinical, color duplex US, and arteriographic follow-up. *J Vasc Interv Radiol* 1995;6:331-7.
- 147 Ramaswami G, Tegos T, Nicolaides AN, Dhanjil S, Griffin M, al Kutoubi A et al. Ultrasonic plaque character and outcome after lower limb angioplasty. *J Vasc Surg* 1999;29:110-21.
- 148 Katzenschlager R, Ahmadi A, Atteneder M, Ugurluoglu A, Koppensteiner R, Minar E et al. Colour duplex sonography-guided local lysis of occlusions in the femoro-popliteal region. *Int Angiol* 2000;19:250-4.
- 149 London NJ, Nydahl S, Hartshome T, Fishwick G. Use of colour duplex imaging to diagnose and guide angioplasty of lower limb arterial lesions. *Br J Surg* 1999;86:911-5.
- 150 Ramaswami G, al Kutoubi A, Nicolaides AN, Dhanjil S, Griffin M, Ryan MF. Peripheral transluminal angioplasty under ultrasound guidance: initial clinical experience and

- prevalence of lower limb lesions amenable to ultrasound-guided angioplasty. *J Endovasc Surg* 1995;2:27-35.
- 151 Carter SA. Clinical measurement of systolic pressures in limbs with arterial occlusive disease. *JAMA* 1969;207:1869-74.
- 152 Winsor T. Influence of arterial disease on the systolic blood pressure gradients of the extremity. *Am J Med Sci* 1950;220:117-26.
- 153 Sensier Y, Hartshorne T, Thrush A, Nydahl S, Bolia A, London NJ. A prospective comparison of lower limb colour-coded duplex scanning with arteriography. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1996;11:170-5.
- 154 Legemate DA, Teeuwen C, Hoeneveld H, Eikelboom BC. How can the assessment of the hemodynamic significance of aortoiliac arterial stenosis by duplex scanning be improved? A comparative study with intraarterial pressure measurement. *J Vasc Surg* 1993;17:676-84.
- 155 Ranke C, Creutzig A, Alexander K. Duplex scanning of the peripheral arteries: correlation of the peak velocity ratio with angiographic diameter reduction. *Ultrasound Med Biol* 1992;18:433-40.
- 156 Legemate DA, Teeuwen C, Hoeneveld H, Eikelboom BC. Value of duplex scanning compared with angiography and pressure measurement in the assessment of aortoiliac arterial lesions. *Br J Surg* 1991;78:1003-8.
- 157 Legemate DA, Teeuwen C, Hoeneveld H, Akerstaff RG, Eikelboom BC. Spectral analysis criteria in duplex scanning of aortoiliac and femoropopliteal arterial disease. *Ultrasound Med Biol* 1991;17:769-76.
- 158 Strauss AL, Rieger H, Schoop W. Diagnosis of profunda femoris artery stenosis by duplex scanning. *Adv Vasc Pathol* 1989;135-40.
- 159 Langsfeld M, Nepute J, Hershey FB, Thorpe L, Auer AI, Binnington HB et al. The use of deep duplex scanning to predict hemodynamically significant aortoiliac stenoses. *J Vasc Surg* 1988;7:395-9.
- 160 Katsamouris AN, Giannoukas AD, Tsetis D, Kostas T, Petinarakis I, Gourtsoyiannis N. Can ultrasound replace arteriography in the management of chronic arterial occlusive disease of the lower limb? *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2001;21:155-9.
- 161 Ramaswami G, al Kutoubi A, Nicolaides AN, Dhanjil S, Griffin M, Belcaro G et al. The role of duplex scanning in the diagnosis of lower limb arterial disease. *Ann Vasc Surg* 1999;13:494-500.
- 162 Aly S, Jenkins MP, Zaidi FH, Coleridge-Smith PD, Bishop CC. Duplex scanning and effect of multisegmental arterial disease on its accuracy in lower limb arteries. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1998;16:345-9.
- 163 Arya S, Sharma S, Kesava-Rao RC, Mukhopadhyay S, Rajani M, Berry M. Comparison of color Doppler sonography and angiography in assessing lower limb arterial occlusive disease. *Ind J Radiol Imag* 1996;6:27-32.
- 164 Lai DT, Huber D, Glasson R, Grayndler V, Evans J, Hogg J et al. Colour duplex ultrasonography versus angiography in the diagnosis of lower-extremity arterial disease. *Cardiovasc Surg* 1996;4:384-8.
- 165 Pinto F, Lencioni R, Napoli V, Petrucci R, Vignali C, Armillotta N et al. Peripheral

- ischemic occlusive arterial disease: comparison of color Doppler sonography and angiography. *J Ultrasound Med* 1996;15:697-704.
- 166 Sensier Y, Hartshorne T, Thrush A, Handford H, Nydahl S, London NJ. The effect of adjacent segment disease on the accuracy of colour duplex scanning for the diagnosis of lower limb arterial disease. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1996;12:238-42.
- 167 Bergamini TM, Tatum CM, Marshall C, Hall-Disselkamp B, Richardson JD. Effect of multilevel sequential stenosis on lower extremity arterial duplex scanning. *Am J Surg* 1995;169:564-6.
- 168 Currie IC, Jones AJ, Wakeley CJ, Tennant WG, Wilson YG, Baird RN et al. Non-invasive aortoiliac assessment. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1995;9:24-8.
- 169 Davies AH, Willcox JH, Magee TR, Currie I, Cole SE, Murphy P et al. Colour duplex in assessing the infrainguinal arteries in patients with claudication. *Cardiovasc Surg* 1995;3:211-2.
- 170 Lai DT, Huber D, Glasson R, Grayndler V, Evans J, Hogg J et al. Colour-coded duplex ultrasonography in selection of patients for transluminal angioplasty. *Australas Radiol* 1995;39:243-5.
- 171 Karacagil S, Lofberg AM, Almgren B, Granbo A, Jonsson ML, Lorelius LE et al. Duplex ultrasound scanning for diagnosis of aortoiliac and femoropopliteal arterial disease. *Vasa* 1994;23:325-9.
- 172 De Smet AA, Visser K, Kitslaar PJ. Duplex scanning for grading aortoiliac obstructive disease and guiding treatment. *Eur J Vasc Surg* 1994;8:711-5.
- 173 Zeuchner J, Geitung JT, Lukes P, Göthlin JH. Angiography and colour flow duplex ultrasonography in the evaluation of peripheral ischaemic occlusive arterial disease. *Acta Radiol* 1994;35:270-4.
- 174 Davies AH, Magee TR, Parry R, Hayward J, Murphy P, Cole SE et al. Duplex ultrasonography and pulse-generated run-off in selecting claudicants for femoropopliteal angioplasty. *Br J Surg* 1992;79:894-6.
- 175 Hatsukami TS, Primozich JF, Zierler RE, Harley JD, Strandness DE. Color Doppler imaging of infrainguinal arterial occlusive disease. *J Vasc Surg* 1992;16:527-33.
- 176 Whelan JF, Barry MH, Moir JD. Color flow Doppler ultrasonography: comparison with peripheral arteriography for the investigation of peripheral vascular disease. *J Clin Ultrasound* 1992;20:369-74.
- 177 Mulligan SA, Matsuda T, Lanzer P, Gross GM, Routh WD, Keller FS et al. Peripheral arterial occlusive disease: prospective comparison of MR angiography and color duplex US with conventional angiography. *Radiology* 1991;178:695-700.
- 178 Polak JF, Karmel MI, Meyerovitz MF. Accuracy of color Doppler flow mapping for evaluation of the severity of femoropopliteal arterial disease: a prospective study. *J Vasc Interv Radiol* 1991;2:471-6.
- 179 Fletcher JP, Kershaw LZ, Chan A, Lim J. Noninvasive imaging of the superficial femoral artery using ultrasound duplex scanning. *J Cardiovasc Surg* 1990;31:364-7.

- 180 Polak JF, Karmel MI, Mannick JA, O'Leary DH, Donaldson MC, Whittemore AD. Determination of the extent of lower-extremity peripheral arterial disease with color-assisted duplex sonography: comparison with angiography. *Am J Roentgenol* 1990;155:1085-9.
- 181 Cossman DV, Ellison JE, Wagner WH, Carroll RM, Treiman RL, Foran RF et al. Comparison of contrast arteriography to arterial mapping with color-flow duplex imaging in the lower extremities. *J Vasc Surg* 1989;10:522-8.
- 182 Legemate DA, Teeuwen C, Hoeneveld H, Akerstaff RG, Eikelboom BC. The potential of duplex scanning to replace aorto-iliac and femoro-popliteal angiography. *Eur J Vasc Surg* 1989;3:49-54.
- 183 Kohler TR, Nance DR, Cramer MM, Vandenburghe N, Strandness DE. Duplex scanning for diagnosis of aortoiliac and femoropopliteal disease: a prospective study. *Circulation* 1987;76:1074-80.