

Traitement invasif de l'insuffisance artérielle des membres inférieurs

Robert F. Bonvini, Nicolas Murith, Afksendiyos Kalangos, Marco Roffi

Division de Cardiologie interventionnelle (RFB, MR), Service de Chirurgie Cardiovasculaire (NM, AK), Hôpitaux Universitaires et Faculté de Médecine de Genève, Suisse

Summary

Endovascular and surgical treatment of peripheral arterial disease

Lower extremity peripheral arterial disease (PAD) is a manifestation of atherosclerosis, with a prevalence ranging from 4% to 12% in the adult population and increasing up to 20% in patients older than 70 years of age. PAD is a marker of systemic atherosclerosis and is associated with an increased cardiovascular morbidity and mortality. Therapeutic strategies are firstly aimed at reducing systemic cardiovascular risk burden. Therefore, intensive factor risk modification, and antiplatelet therapy should be implemented in all patients with PAD. Endovascular and surgical treatment are highly valuable to improve claudication, rest pain and ulcer healing and the recent advances in the field will be discussed in this review.

Introduction

L'insuffisance artérielle des membres inférieurs est une pathologie fréquemment rencontrée. Si la prise en charge médicale se base avant tout sur le dépistage d'autres atteintes vasculaires (cardiaques et cérébrales), la prévention des facteurs de risque cardiovasculaires et les exercices de marche, la prise en charge invasive endovasculaire ou chirurgicale constituent le deuxième volet souvent nécessaire pour diminuer la symptomatologie de ces patients.

La définition d'insuffisance artérielle des membres inférieurs se base sur l'association d'une symptomatologie compatible avec une hypo-perfusion circulatoire périphérique (par ex. claudication), combiné à des mesures non invasives confirmant une atteinte de la circulation artérielle (par ex. mesure de l'index cheville-bras <0,9). On parlera d'ischémie critique des membres inférieurs, dans les stades plus avancés et lorsque le patient présente des douleurs au repos ou des lésions trophiques au niveau des pieds, combiné à la mesure des pressions à la cheville <50–60 mm Hg ou à des pressions au gros orteil <30 mm Hg, ou des mesures de la pression transcutanée d'oxygène (TcPO₂) < à 30 mm Hg [1–2].

Deux types de classification sont en vigueur actuellement pour définir les différents stades de la claudication – la classification de Leriche-Fontaine et celle de Rutherford-Baker [3–4]. Vu que la première est largement la plus utilisée en Europe et que la deuxième n'est utilisée principalement qu'aux Etats-Unis et que surtout elle est plus difficile à retenir, dans la revue suivante on ne parlera que de claudication selon la classification de Fontaine: stade I = asymptomatique; stade IIa = claudication >200 m; stade IIb = claudication <200 m, stade III = douleurs ischémiques de repos; stade IV = lésions trophiques.

Au vu de la complexité du choix thérapeutique en présence d'une insuffisance artérielle, une approche multidisciplinaire, incluant les angiologues, les cardiologues, les radiologues interventionnels et les chirurgiens vasculaires est souhaitable. La prise en charge de patients avec artériopathie périphérique dépend néanmoins de quelques principes relativement simples:

1. le degré d'agressivité thérapeutique sera toujours moindre pour une claudication artérielle que pour des troubles trophiques. En particulier, dans le cadre d'un sauvetage de membre, des traitements complexes sont justifiés.
2. les comorbidités du patient et leurs influences sur la mortalité/morbidité d'un geste, notamment chirurgical, devront être évaluées.
3. la possibilité de réalisation technique du geste devra être évaluée, notamment en tenant compte d'un matériel endovasculaire adéquat à disposition pour le type d'intervention programmée ou la présence de matériel veineux de qualité pour un pontage.

Les auteurs certifient qu'aucun conflit d'intérêt n'est lié à cet article.

Correspondance:

Dr Robert F. Bonvini
Division de Cardiologie
Hôpital Universitaire de Genève
4, rue Gabrielle-Perret-Gentil
CH-1211 Genève
robert.bonvini@hcuge.ch

Dans la revue qui suit, nous allons discuter des possibilités techniques endovasculaires puis chirurgicales en nous basant principalement sur les nouvelles guidelines TASC II (= Trans-Atlantic Inter-Society Consensus).

La nouvelle classification TASC II

Au début des années 2000, un consensus multidisciplinaire international incluant beaucoup de spécialistes vasculaires a été publié pour faciliter et guider le choix d'une revascularisation au niveau des membres inférieurs [1]. Au vu de l'apparition de nouvelles données, un nouveau consensus de la «Task force» transatlantique a été publié en 2007: c'est le TASC II consensus, sur lequel nous nous basons pour cet article [2].

Même si la base de ces recommandations reste la même, suggérant que les lésions simples doivent être traitées de façon endovasculaire, et les lésions complexes plutôt chirurgicalement, la définition de lésion simple ou complexe a considérablement changé entre

les années 2000 et 2007. A titre d'exemple, une lésion TASC D (qui, par définition, est du domaine chirurgical) correspondait en 2000 à une occlusion de l'artère fémorale superficielle (AFS) de >5 cm. Toutefois, en 2007, il faut que l'occlusion de l'AFS soit de plus de 20 cm de longueur pour qu'elle soit définie de niveau TASC II D [2]. Les développements très rapides de ces dernières années, surtout au niveau endovasculaire, ont obligé le même groupe de spécialistes à se remettre au travail déjà en 2009, pour rédiger une nouvelle version (TASC IIb: probablement disponible en 2010–2011) qui abordera mieux le sujet des lésions jambières ou infra-poplitées et révisera également la nomenclature des lésions (type A-B-C-D).

Basés sur les recommandations TASC II, les schémas suivants suggèrent l'attitude à prendre selon le type de lésion à revasculariser [2] (figure 1A: lésions aorto-iliaques; 1B: lésions fémoro-poplitées). Si les lésions TASC II A et B, de localisation iliaque ou fémorale, sont abordées de façon percutanée, les lésions TASC II D le seront de façon plutôt chirurgicale.

Figure 1
A TASC II A–D pour les lésions aorto-iliaques.

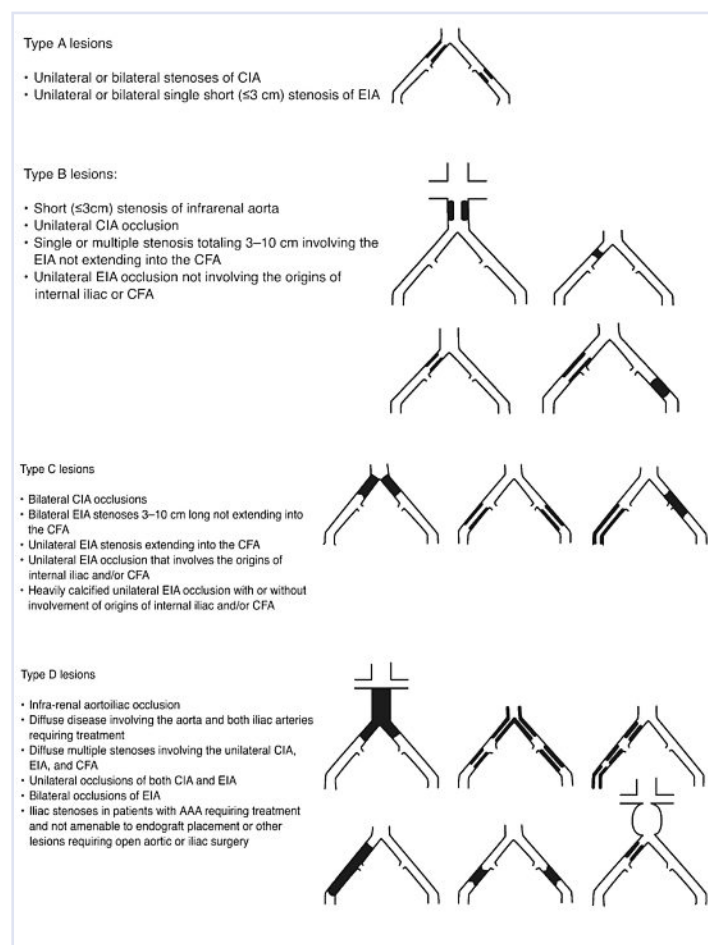
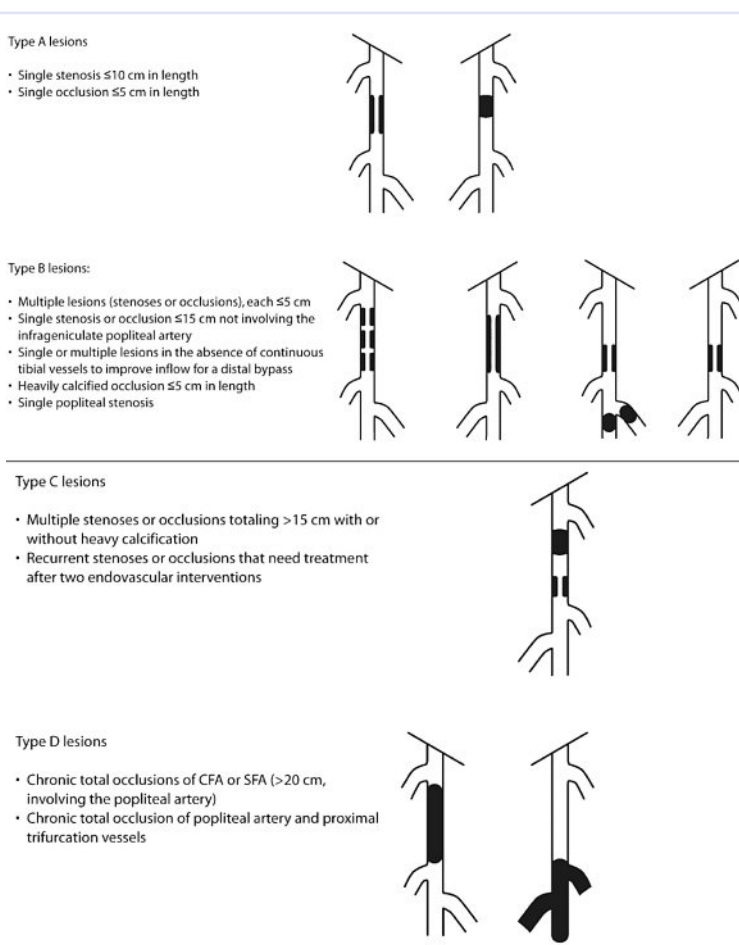


Figure 1
B TASC II A–D pour les lésions fémoro-poplitées.



Concernant les lésions TASC II C, elles peuvent être traitées de façon percutanée ou chirurgicale selon l'expertise locale, les comorbidités et la préférence du patient.

Ce n'est que très récemment qu'il a pu être démontré que les lésions TASC II D peuvent aussi être abordées de façon percutanée avec un excellent taux de succès immédiat (>90%) et un taux de perméabilité secondaire à 2 ans acceptable [5–7]. En effet, chez des patients avec multiples comorbidités ou qui ne présentent pas des conduits veineux acceptables (mauvaise qualité de la veine saphène), l'approche percutanée donnera des résultats à 2 ans superposables à ceux après pontage prothétique, même en cas de lésions relativement complexes [2].

Néanmoins, il est important de souligner que toute intervention percutanée, surtout lorsqu'il s'agit d'une longue occlusion fémorale, ne doit pas compromettre la possibilité de ponter par la suite le même vaisseau. En particulier, on fera très attention à ne pas endommager l'artère poplitée de façon à ce que le chirurgien puisse toujours effectuer un pontage fémoro-poplitée et ne soit pas obligé de descendre au niveau distal (par ex. fémoro-jambier) à cause d'une intervention endovasculaire qui aurait compromis le lit vasculaire d'aval [5].

En ce qui concerne les lésions infra-poplitées («below the knee»), très souvent associées à une ischémie critique des membres inférieurs, même la nouvelle classification TASC II ne fait pas de recommandations spécifiques sur le type de revascularisation (chirurgicale vs endovasculaire) [2]. L'approche endovasculaire des lésions infra-poplitées est très souvent pratiquée en présence d'une ischémie critique (lésions trophiques,

douleurs au repos), tandis que la claudication isolée ne devrait qu'exceptionnellement être l'indication à une intervention à ce niveau. Pour cette raison et surtout suite à l'augmentation exponentielle des patients présentant une ischémie critique (vieillesse de la population, prévalence accrue de malade diabétique, etc.), la nouvelle classification TASC IIb, qui abordera mieux ce sujet, est attendue avec impatience. Il est bien possible que l'approche percutanée soit recommandée comme premier choix pour la revascularisation des artères jambières et que le pontage soit réservé aux échecs endovasculaires ou aux cas réfractaires.

Le tableau 1 montre les taux de perméabilité attendus à 2–5 ans, selon le type de revascularisation effectuée (endovasculaire [angioplastie ou stent] ou chirurgical [bypass veineux ou prothétique]) mais surtout selon la localisation des lésions à revasculariser. On notera que plus le contexte clinique est lourd (claudication vs ischémie critique), plus la lésion est distale ou complexe (sténose vs occlusion) et plus la perméabilité à 2–5 ans de toute sorte de revascularisation est réduite [2].

Traitement endovasculaire

Depuis plus de 30 ans, ce sont les spécialistes cardiovasculaires, et en particulier les angiologues interventionnels suisses, qui ont été des pionniers dans ce domaine, suivant l'évolution des techniques de revascularisation percutanée [6–8]. C'est grâce à des progrès considérables surtout dans le matériel utilisé que le traitement endovasculaire peut à l'heure actuelle être proposé dans un grand nombre de situations chez les patients souffrant d'insuffisance artérielle. Les avantages principaux d'une approche percutanée par rapport à une approche chirurgicale sont un taux de complication cardiovasculaire faible (0,5–4%) [2], un taux de succès immédiat qui approche les 90%, même dans les lésions complexes [2, 5, 9], et finalement des taux de perméabilité et d'amélioration clinique satisfaisantes. La grande limitation de toute approche endovasculaire reste, même en 2010, la resténose [2]. Généralement, la formation de néo-intima, secondaire à un processus inflammatoire complexe, survient dans les premiers 6–12 mois après l'angioplastie et elle dépend étroitement du type d'artère traitée (musculaire, élastique, etc.), du calibre de l'artère, de la présence de calcification, du diabète, etc.

S'il est admis qu'au niveau iliaque la resténose n'est pas un problème majeur (resténose à un an: 5–15%) [10–11], au niveau infra-inguinal (artère fémorale superficielle, artère poplitée et artères jambières), les taux de resténose ont été pendant plusieurs décades très élevés [11–13].

L'artère fémorale superficielle est l'artère la plus longue du corps humain et elle est fixée à deux points de flexion majeurs (la hanche et le genou). Lors des

Tableau 1

Taux de perméabilité estimé à 2–5 ans pour les différentes méthodes de revascularisation (modifié selon [2, 12]).

Pontage:	% de perméabilité
– Aorto-bifémorale	90%
– Fémoro-fémorale (cross-over)	75%
– Fémoro-poplitée-jambier veineux	70%
– Axillo-bifémorale	70%
– Axillo-unifémorale	50%
– Fémoro-poplitée-jambier prothétique	30%
Endovasculaire:	
– Angioplastie iliaque	70%
– Stenting iliaque	80%
– Angioplastie fémoro-poplitée	30–60%*
– Stenting fémoro-poplitée	60–70%*
– Angioplastie ± stenting jambier	30–60%*

* Les taux de perméabilité des différentes techniques endovasculaires varient beaucoup selon le contexte clinique du patient (claudication vs ischémie critique) et l'étendue des lésions (sténose vs occlusion).

mouvements (marche, montée d'escalier, etc.), l'AFS est soumise à différentes sollicitations mécaniques. Cette situation très particulière est certainement une des raisons du taux de resténose très élevé observé dans l'AFS (resténose de 40–60% à une année après angioplastie) [12, 13].

La frustration concernant le faible taux de perméabilité du traitement endovasculaire des lésions infra-inguinales a été soulagée récemment, suite à l'apparition de plusieurs nouvelles technologies, dont nous discutons ci-dessous.

Technologies endovasculaires actuellement à disposition

Dilatation par ballonnet

La dilatation au ballon simple (PTA = percutaneous transluminal angioplasty) reste le traitement de base de tout traitement endovasculaire [8]. En ce qui concerne les lésions iliaques et fémorales, le stenting est de plus en plus utilisé de manière systématique. Par contre, en ce qui concerne les lésions infra-poplitée, le PTA est encore le traitement de choix, surtout à cause du risque de compression des stents implantés au niveau du mollet, du peu d'études importantes validant cette technologie dans les artères jambières et de la rareté des stents spécifiquement dédiés aux lésions infra-poplitées [14, 15].

Le stent

À l'origine, l'implantation de stent a été associée uniquement lors de résultats insuffisants après ballonnet simple (par ex. sténose résiduelle >30% ou dissection avec limitation du flux).

Au niveau des artères iliaques, le stenting est devenu de plus en plus systématique surtout au niveau de l'artère iliaque commune, avec de très bons résultats sur le long terme (perméabilité à 5 ans >80%) [9–10].

En ce qui concerne les lésions infra-inguinales, la situation est bien plus complexe. En effet l'AFS reste, même en 2010, le talon d'Achille de tout traitement endovasculaire. À la fin des années 90, plusieurs études ont démontré que la resténose au niveau de l'AFS restait élevée [12, 13, 16, 17]. Ce n'est que depuis 2002 qu'un peu d'espoir pour vaincre la resténose de l'AFS est apparu dans le domaine interventionnel. En effet, l'étude SIROCCO I-II [18, 19], comparant des stents à élution (DES) dans l'AFS à des stents normaux («bare metal stent»: BMS), a montré pour la première fois des taux de resténose acceptables à 2 ans (taux de resténose: 25%). Mais la bonne nouvelle ne venait pas des DES mais plutôt des nouveaux BMS en nitinol (alliage avec du Nickel et du Titanium) utilisés dans l'étude. Sans grande surprise mais avec beaucoup de déception, les DES n'avaient montré aucun avantage par rapport

aux mêmes BMS en nitinol. C'est grâce à ce nouvel alliage, probablement beaucoup plus performant que les anciens stents en acier («stainless steel»), que pour la première fois la resténose était inférieure à 30% à 2 ans. Depuis cette découverte fortuite, l'industrie et toute la communauté scientifique ont beaucoup investi dans le développement des nouveaux stents en nitinol. Ces efforts ont abouti à plusieurs études cliniques randomisées qui ont démontré statistiquement que le stenting était supérieur à l'angioplastie seule, surtout lorsqu'il s'agissait de lésions longues ou complexes ou chez des patients présentant une ischémie critique du membre inférieur [12, 20].

Le dernier arrivé: «drug coated balloon» = le ballon à élution

Après avoir étudié le concept au niveau coronarien, le ballon à élution a aussi fait son apparition dans le domaine des interventions périphériques. L'idée d'administrer pour une durée très courte (temps de l'inflation du ballon: 2 min.) une forte dose de médicament antiprolifératif, s'est avérée efficace en ce qui concerne les taux de resténose et de revascularisation comparés à la dilatation au ballon seul [21]. Pour le moment, beaucoup d'enthousiasme est associé à cette nouvelle technologie qui aurait l'avantage de combiner un traitement simple (PTA), relativement bon marché avec des taux de resténose tout à fait acceptables, sans les désavantages associés aux stents (coût, fracture de stent, etc.). Même si ce type de ballon est déjà dans les armoires des salles d'angiographie en Suisse, des nouvelles études au niveau fémoro-poplitée et au niveau infra-poplitée sont en cours et l'efficacité de cette technologie attend une validation définitive [22].

Nouvelles technologies endovasculaires

C'est surtout grâce à l'apparition de nouveaux instruments endovasculaires que les interventions percutanées sont devenues plus sûres (taux de complication <4%) [2], plus efficaces (taux de succès >90%), et plus rapides. Voici un court résumé des nouveaux instruments actuellement à disposition.

Instruments pour franchir les occlusions chroniques = «crossing devices»

Le «crossing device» le plus ancien et le plus étudié est l'excimer Laser™ (Spectranetic, Colorado Spring, CO, Etats-Unis) qui a montré de bons taux de succès pour la recanalisation des longues occlusions fémoro-poplitées et infra-poplitées [23]. À cause de son coût élevé et du fait qu'un passage sous-intimal peut toujours arriver, ce type de «device» doit être réservé aux centres tertiaires à très haut volume ou pour des indications de recherche.

Cathéters pour le passage de l'espace sous-intimal vers l'espace intra-luminal ou «reentry device»

Une avancée dans le monde interventionnel, surtout en ce qui concerne la recanalisation sous-intimale des longues occlusions fémorales, est l'apparition depuis quelques années, des «reentry devices»: Le Outback™ (Cordis, Miami, FL, Etats-Unis, fig. 2) [5] et le Pioneer™ (Medtronic, Santa Rosa, CA, Etats-Unis) [20]. L'avantage de ce type de cathéter est qu'ils permettent de pouvoir rétablir de façon rapide la connexion entre l'espace sous-intimal et la vraie lumière en réduisant par conséquent à <10% le taux d'échec des recanalisation des longues occlusions des artères fémorales [5, 24].

Systèmes d'athérectomie = «debulking device»

Le rationnel pour utiliser des «debulking devices», surtout au niveau de l'AFS, est de pouvoir éliminer le plus possible la plaque d'athérome, donc de gagner de la lu-

Figure 2

Outback™ Reentry Catheter (Cordis, Miami, FL, Etats-Unis).

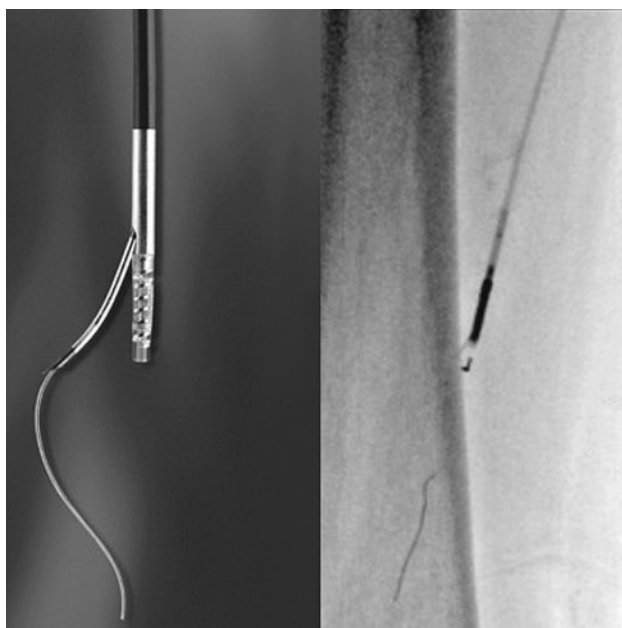
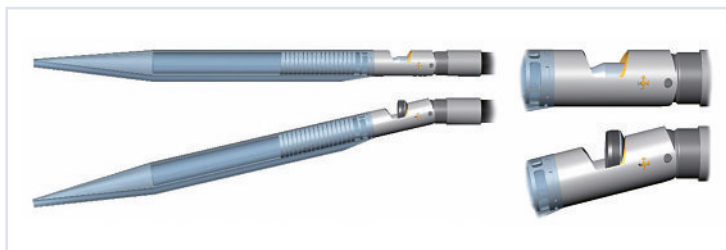


Figure 3

Silverhawk Atherectomy System™ (ev3, Paris, France).



mière dans des vaisseaux souvent très infiltrés par l'athérosclérose et aussi d'éviter les désavantages liés au baro-trauma du vaisseau lors de l'inflation du ballonnet. Il existe plusieurs modes pour effectuer l'athérectomie: *l'athérectomie directionnelle* en utilisant le Silverhawk™ device (ev3, Paris, France, fig. 3), *l'athérectomie rotationnelle avec aspiration* avec le Pathway PV Atherectomy system™ (Pathway medical, Redmond, WA, Etats-Unis), *l'athérectomie rotationnelle à haute vitesse* avec le Rotablator system™ (Boston Scientific, Natick, MA, Etats-Unis) et *l'athérectomie orbital* avec le Diamondback 360° Orbital Atherectomy device (Cardiovascular system, St-Paul, MN, Etats-Unis).

Traitement chirurgical

Malgré les progrès intéressants des techniques endovasculaires dont les résultats ne cessent de s'améliorer, la progression exponentielle de la maladie artérielle périphérique et plus particulièrement de l'ischémie critique chez les patients âgés confronte les différents spécialistes à des patients présentant des atteintes de plus en plus complexes et étendues et qui, de prime abord, restent du domaine chirurgical.

Ainsi, après plus de 60 ans de revascularisation des membres inférieurs, il ne fait aujourd'hui aucun doute que le substitut de choix, en terme de facilité d'emploi, de stabilité dans le temps et de perméabilité est de toute évidence la *veine saphène interne autologue*, ou veine grande saphène, utilisée comme *autogreffe veineuse*. Ceci est particulièrement vrai pour les pontages à destinée distale, où les artères de petit calibre souffrent d'une éventuelle incongruence de calibre avec le conduit utilisé. Pour cette raison, la veine saphène interne est universellement considérée comme le «gold standard» pour la réalisation d'un pontage infra-géniculé. Son utilisation en greffon inversé ou *in situ* après dévalvulation semble être équivalente en termes de perméabilité, mais toutefois, l'utilisation de la veine saphène *in situ* semble apporter une meilleure congruence de calibre. Malheureusement, il est de plus en plus courant qu'un patient candidat à une revascularisation distale ne possède pas forcément de veine utilisable, la plupart du temps en raison d'un prélèvement préalable dans le cadre d'une revascularisation myocardique. De plus, jusqu'à 12% des veines intactes présentent, lors du prélèvement, une atteinte dégénérative et plus de 5% sont simplement inutilisables pour un pontage. Dans toutes ces situations, l'utilisation de conduits alternatifs inclut les veines prélevées au membre controlatéral, mais avec le risque de compromettre un pontage futur. Les veines prélevées au membre supérieur semblent donner des résultats encourageants avec des taux de perméabilité et de sauvetage de membre assez comparables à ceux obtenus avec des conduits prothétiques; mais chez des patients multi-opérés

ayant souvent séjourné longtemps en milieu hospitalier, les veines des bras sont généralement de qualité médiocre et les segments obtenus sont courts.

Les autres substituts autologues comme *l'auto-greffe artérielle*, ont une utilisation extrêmement restreinte malgré leur avantage intuitivement supérieur, en raison du nombre très limité de sites de prélèvement possibles.

Les *substituts vasculaires prothétiques* constituent quant à eux une alternative utilisée depuis le début des années 1950, sous différentes formes; dans la reconstruction fémorale, c'est en 1976 que Campbell décrit leur utilisation pour la première fois [25]. Elles ont démontré leur utilité et leur taux de perméabilité tout à fait acceptable pour les pontages supra-géniculés [26, 27]. En revanche, leur utilisation dans les pontages longs, fémoro-distaux infra-géniculés n'a pas montré d'aussi bons résultats [27].

Considérant les différents types de matériaux utilisés, polytetrafluoroéthylène (PTFE) et polyester (Dacron®), une méta-analyse incluant neuf études randomisées-contrôlées n'a pas permis de démontrer de nets avantages pour l'un ou l'autre des deux matériaux [28]. Il convient de citer également l'usage des différents types de *substituts vasculaires biologiques*, qu'ils soient d'origine humaine (homogreffes) ou animale (xéno-greffes). En effet, malgré l'absence de consensus, la plupart des auteurs s'accordent à reconnaître l'utilité de leur emploi dans un champ opératoire infecté, où, en particulier, les homogreffes artérielles semblent montrer une meilleure résistance [29].

Les perspectives futures de la revascularisation chirurgicale semblent bien résider dans la *prise en charge combinée hybride* des lésions. En effet, il a été clairement démontré que dans l'association de l'atteinte iliaque et infra-inguinale, ce type d'approche associant l'angioplastie proximale et le pontage sous-jacent était la plus à même de permettre une revascularisation adéquate, avec l'avantage de garantir le meilleur bénéfice des deux gestes, sans risque de compromettre l'un ou l'autre par la synchronicité de leur exécution [30, 31].

Finalement, dans le domaine de la revascularisation distale, nécessitant des conduits de très petite taille – qui font le plus cruellement défaut en absence de veine autologue utilisable –, de nouvelles voies prometteuses sont en plein développement et parmi celles-ci, l'ingénierie vasculaire semble ouvrir des possibilités futures captivantes. Des expériences d'ensemencement cellulaire à l'aide de tissu endothélial autologue cultivé in vitro puis déposé sur des prothèses synthétiques en PTFE ont montré des résultats spectaculaires avec un taux de perméabilité et de sauvetage de membre à 10 ans de 61% et 71% respectivement [32]. Parallèlement, un autre axe d'investigation est actuellement en évaluation: le développement d'une *prothèse vasculaire biodégradable* dont le concept repose sur le modeling

d'une matrice, susceptible d'être implantée de manière conventionnelle, capable d'assurer une intégrité initiale du pontage mais également de permettre une substitution progressive par des tissus autologues. Des résultats préliminaires prometteurs requièrent bien entendu d'autres investigations avant de pouvoir prétendre à une utilisation dans le cadre d'études cliniques chez l'homme [33].

Conclusions

La prise en charge des patients avec une insuffisance artérielle des membres inférieurs passe avant tout par une correction ou une amélioration des facteurs de risque cardiovasculaire dans le but de diminuer la mortalité par infarctus du myocarde et par attaque vasculaire cérébrale. Il paraît important de rappeler ici l'ancien adage selon lequel «tout claudicant est un coronarien qui s'ignore». Une fois que cette étape médicale de la prise en charge a été assurée, un traitement invasif (endovasculaire ou chirurgicale) peut être nécessaire. Le type de prise en charge invasive choisi dépendra du stade de l'insuffisance artérielle, des comorbidités et des possibilités techniques. L'évolution depuis les années 2000 suggère qu'une partie importante des lésions peut être traitée de manière endovasculaire [8, 15, 16, 22, 24]. Toutefois, il est évident que certaines lésions ne sont traitables que par un abord chirurgical (par ex. syndrome de Leriche). Le choix entre ces méthodes, plus complémentaires que concurrentes, est donc relativement complexe et mérite souvent une approche multidisciplinaire incluant l'angiologue, le chirurgien vasculaire, le cardiologue et le radiologue.

Références

- 1 Dormandy JA, Rutherford RB. Management of peripheral arterial disease (PAD). TASC Working Group. TransAtlantic Inter-Society Consensus (TASC). *J Vasc Surg.* 2000;31:S1–S296.
- 2 Norgren L, Hiatt WR, Dormandy JA, Nehler MR, Harris KA, Fowkes FG. Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease (TASC II). *J Vasc Surg.* 2007;45(Suppl S):S5–67.
- 3 Fontaine R, Kim M, Kieny R. Surgical treatment of peripheral circulation disorders. *Helv Chir Acta.* 1954;21:499–533.
- 4 Rutherford RB, Baker JD, Ernst C, et al. Recommended standards for reports dealing with lower extremity ischemia: revised version. *J Vasc Surg.* 1997;26:517–38.
- 5 Beschoner U, Sixt S, Schwarzwald U, et al. Recanalization of chronic occlusions of the superficial femoral artery using the outback re-entry catheter: A single centre experience. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2009.
- 6 Gruntzig A, Kuhlmann U, Vetter W, Lutolf U, Meier B, Siegenthaler W. Treatment of renovascular hypertension with percutaneous transluminal dilatation of a renal-artery stenosis. *Lancet.* 1978;1:801–2.
- 7 Gruntzig A. Transluminal dilatation of coronary-artery stenosis. *Lancet.* 1978;1:263.
- 8 Gallino A, Mahler F, Probst P, Nachbur B. Percutaneous transluminal angioplasty of the arteries of the lower limbs: a 5 year follow-up. *Circulation.* 1984;70:619–23.
- 9 Sixt S, Alawied AK, Rastan A, et al. Acute and long-term outcome of endovascular therapy for aortoiliac occlusive lesions stratified according to the TASC classification: a single-center experience. *J Endovasc Ther.* 2008;15:408–16.

- 10 Ponec D, Jaff MR, Swischuk J, et al. The Nitinol SMART stent vs Wallstent for suboptimal iliac artery angioplasty: CRISP-US trial results. *J Vasc Interv Radiol.* 2004;15:911–8.
- 11 Tetteroo E, van der Graaf Y, Bosch JL, et al. Randomised comparison of primary stent placement versus primary angioplasty followed by selective stent placement in patients with iliac-artery occlusive disease. Dutch Iliac Stent Trial Study Group. *Lancet.* 1998;351:1153–9.
- 12 Muradin GS, Bosch JL, Stijnen T, Hunink MG. Balloon dilation and stent implantation for treatment of femoropopliteal arterial disease: meta-analysis. *Radiology.* 2001;221:137–45.
- 13 Kasapis C, Henke PK, Chetcuti SJ, et al. Routine stent implantation vs. percutaneous transluminal angioplasty in femoropopliteal artery disease: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Eur Heart J.* 2009;30:44–55.
- 14 Bosiers M, Deloose K, Verbist J, Peeters P. Nitinol stenting for treatment of “below-the-knee” critical limb ischemia: 1-year angiographic outcome after Xpert stent implantation. *J Cardiovasc Surg. (Torino)* 2007;48:455–61.
- 15 Kickuth R, Keo HH, Triller J, Ludwig K, Do DD. Initial clinical experience with the 4-F self-expanding XPERT stent system for infrapopliteal treatment of patients with severe claudication and critical limb ischemia. *J Vasc Interv Radiol.* 2007;18:703–8.
- 16 Bonvini R, Baumgartner I, Do DD, et al. Late acute thrombotic occlusion after endovascular brachytherapy and stenting of femoropopliteal arteries. *J Am Coll Cardiol.* 2003;41:409–12.
- 17 Gallino A, Do DD, Alerci M, et al. Effects of probucol versus aspirin and versus brachytherapy on restenosis after femoropopliteal angioplasty: the PAB randomized multicenter trial. *J Endovasc Ther.* 2004;11:595–604.
- 18 Duda SH, Pusich B, Richter G, et al. Sirolimus-eluting stents for the treatment of obstructive superficial femoral artery disease: six-month results. *Circulation.* 2002;106:1505–9.
- 19 Duda SH, Bosiers M, Lammer J, et al. Sirolimus-eluting versus bare nitinol stent for obstructive superficial femoral artery disease: the SIROCCO II trial. *J Vasc Interv Radiol.* 2005;16:331–8.
- 20 Schillinger M, Sabeti S, Loewe C, et al. Balloon angioplasty versus implantation of nitinol stents in the superficial femoral artery. *N Engl J Med.* 2006;354:1879–88.
- 21 Tepe G, Zeller T, Albrecht T, et al. Local delivery of paclitaxel to inhibit restenosis during angioplasty of the leg. *N Engl J Med.* 2008;358:689–99.
- 22 Diehm NA, Hoppe H, Do DD. Drug eluting balloons. *Tech Vasc Interv Radiol.* 2010;13:59–63.
- 23 Laird JR, Zeller T, Gray BH, et al. Limb salvage following laser-assisted angioplasty for critical limb ischemia: results of the LACI multicenter trial. *J Endovasc Ther.* 2006;13:1–11.
- 24 Husmann M, Federer J, Keo HH, et al. Bailout revascularization of chronic femoral artery occlusions with the new outback catheter following failed conventional endovascular intervention. *J Endovasc Ther.* 2009;16:206–12.
- 25 Campbell CD, Brooks DH, Webster MW, Bahnson HT. The use of expanded microporous polytetrafluoroethylene for limb salvage: a preliminary report. *Surgery.* 1976;79:485–91.
- 26 Abbott WM, Green RM, Matsumoto T, et al. Prosthetic above-knee femoropopliteal bypass grafting: results of a multicenter randomized prospective trial. Above-Knee Femoropopliteal Study Group. *J Vasc Surg.* 1997;25:19–28.
- 27 Veith FJ, Gupta SK, Ascer E, et al. Six-year prospective multicenter randomized comparison of autologous saphenous vein and expanded polytetrafluoroethylene grafts in infrainguinal arterial reconstructions. *J Vasc Surg.* 1986;3:104–14.
- 28 Roll S, Muller-Nordhorn J, Keil T, et al. Dacron vs. PTFE as bypass materials in peripheral vascular surgery – systematic review and meta-analysis. *BMC Surg.* 2008;8:22.
- 29 Murith. Allogreffes artérielles et veineuses dans le traitement de l'ischémie sévère des membres inférieurs. Th Univ Genève 2009.
- 30 Lau H, Cheng SW. Intraoperative endovascular angioplasty and stenting of iliac artery: an adjunct to femoro-popliteal bypass. *J Am Coll Surg.* 1998;186:408–14; discussion 14–5.
- 31 Timaran CH, Stevens SL, Freeman MB, Goldman MH. Infrainguinal arterial reconstructions in patients with aortoiliac occlusive disease: the influence of iliac stenting. *J Vasc Surg.* 2001;34:971–8.
- 32 Deutsch M, Meinhart J, Zilla P, et al. Long-term experience in autologous in vitro endothelialization of infrainguinal ePTFE grafts. *J Vasc Surg.* 2009;49:352–62; discussion 62.
- 33 Pektok E, Nottelet B, Tille JC, et al. Degradation and healing characteristics of small-diameter poly(epsilon-caprolactone) vascular grafts in the rat systemic arterial circulation. *Circulation.* 2008;118:2563–70.