




Disponible en ligne sur
 ScienceDirect
www.sciencedirect.com

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



MISE AU POINT

Sur quels arguments un segment veineux est-il utilisable pour un pontage ? Revue générale[☆]

*What are the guidelines for using a venous segment for an arterial bypass?
General review*

J.-M. Fichelle*, F. Cormier, G. Franco, F. Luizy

Unité de chirurgie vasculaire, clinique Bizet, 21, rue George-Bizet, 75016 Paris, France

Reçu le 19 novembre 2009 ; accepté le 23 décembre 2009

Disponible sur Internet le 16 février 2010

MOTS CLÉS

Greffon veineux ;
Échographie
vasculaire

Résumé Depuis le premier pontage fémoropoplité, effectué en France, par J. Kunlin en 1950, la veine grande saphène représente un matériau privilégié de remplacement artériel. Celle-ci peut être utilisée dans différents territoires. Le prélèvement doit être adapté à la qualité de la veine, à la longueur nécessaire, à la congruence des anastomoses entre le site donneur et le site receveur. Afin de comprendre les éventuelles complications précoces et tardives, liées à un prélèvement d'un greffon veineux, il est important de connaître la structure anatomopathologique du greffon et les conséquences du prélèvement sur la couche endothéliale. De nombreux travaux expérimentaux, mais aussi cliniques, surtout en ce qui concerne les greffons veineux aortocoronariens, ont montré l'importance d'une technique de prélèvement atraumatique, en emportant les tissus périveineux et/ou en instillant de la papavérine dans les espaces périadventiciels. Schématiquement, le greffon veineux est utilisé dans six localisations principales. Au niveau fémoropoplité et jambier, le greffon peut être utilisé inversé ou in situ après destruction valvulaire. Au niveau jambier et pour les revascularisations à la cheville et au pied, le greffon, utilisant la veine grande saphène ou petite saphène, ou les veines du membre supérieur, peut être utilisé inversé ou transposé après destruction valvulaire. Cette technique a l'avantage d'utiliser pour l'anastomose proximale, le segment le plus large de la veine. Cependant, le fait de prélever le greffon et de l'extraire de son lit augmente les risques de lésions endothéliales au cours du prélèvement et de survenue de fibroses tardives du greffon. Au niveau aorto-iliaque, les greffons veineux ont perdu de leur intérêt avec le développement des matériaux prothétiques modernes et surtout des techniques de revascularisation endovasculaire. Les revascularisations rénales chirurgicales ont diminué du fait des techniques d'angioplastie. Néanmoins, le pontage

[☆] Présenté à la séance « Actualités » du Collège français de pathologie vasculaire, mars 2009.

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : jm.fichelle@wanadoo.fr (J.-M. Fichelle).

KEYWORDS

Venous graft;
Vascular ultrasound

veineux demeure indiqué pour certaines revascularisations (pontage hépatorénal, pontage aortorénal ou iliorénal) dans des conditions néphrologiques difficiles (revascularisation sur rein unique, revascularisation pour occlusion chronique). Au niveau des artères coronaires : c'est dans cette localisation que les résultats à long terme ont été les plus étudiés. Il est préférable d'utiliser un greffon veineux inversé, prélevé dans une zone non valvulée, selon une technique de prélèvement atraumatique. Au niveau carotidien, le greffon veineux représente une alternative très utile à connaître de l'endartériectomie carotidienne. Il est impératif que le greffon soit d'excellente qualité, de diamètre suffisant (5 mm), prélevé à la cuisse, dans une zone avalvulée.

© 2010 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Summary Since the first femoropopliteal bypass, performed by J. Kunlin, in 1950, the saphenous vein has remained the material of choice for arterial bypass in a wide variety of localizations. Harvesting must be adapted to vein quality and the length necessary for the bypass. A thorough knowledge of the histological structure of the graft and the impact of the harvesting process on endothelial cells is needed to understand early and late complications related to saphenous harvesting. Several experimental studies and clinical series, particularly for aortocoronary bypass, have shown the role of atraumatic harvesting, removing the perivenous fat, and/or papaverine infusion in the perivascular tissues. A venous graft can be used in six localizations. For femoropopliteal bypass, the venous graft can be used reversed or in situ, after valvular section. For bypass to tibial vessels and bypass to the ankle and the foot, the graft can be the greater saphenous vein or the lesser saphenous vein, or veins from the arm. These bypasses can be done reversed or in situ or transposed reversed or after valvular disruption. This technique has the advantage of placing the largest portion of the vein at the level of the proximal anastomosis, but with the risk of endothelial cell desquamation during vein harvesting, which can lead to late fibrosis of the graft. For aorto-iliac bypass, new prosthetic grafts and the development of endovascular techniques have overshadowed the former advantages of the saphenous vein grafts. Surgical renal revascularisations have become less frequent since the development of endovascular techniques. Nevertheless, the venous graft remains useful for some revascularisations – hepatic-renal bypass, ilio-renal bypass, difficult nephrologic situations (solitary kidney, chronic occlusion). For aortocoronary bypass, long-term outcome has been studied in many studies. It is recommended to use the grafts with a no touch technique, using a portion without valves. The carotid venous graft is a useful technique when endarterectomy is difficult or not satisfactory. The graft must be harvested from the calf, without valves, have a diameter of 5 mm and be harvested without injury.

© 2010 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Le premier pontage veineux fémoropoplité a été réalisé en France par J. Kunlin [1] en 1950 et cette technique demeure la technique de référence pour toutes les revascularisations poplitées et infrapoplitées. Depuis cette période, les greffons veineux ont été utilisés dans les différents territoires : pontages rénaux [2], pontages coronariens [3,4], pontages jambiers inversés ou in situ après destruction valvulaire [5,6], pontages aorto-iliofémoraux [7] et pontages carotidiens [8]. Les chirurgiens vasculaires ont bien précisé les critères d'utilisation des greffons veineux et leurs résultats anatomiques et hémodynamiques. Les chirurgiens cardiovasculaires ont analysé les résultats à long terme des greffons veineux aortocoronariens et leur dégradation tardive. Ils ont bien précisé l'importance de la technique de prélèvement.

Le but de ce travail est d'analyser les critères de prélèvement et d'utilisation de ces greffons, en fonction des divers territoires concernés.

Nous analyserons :

- les modifications ultrastructurales liées au prélèvement du greffon ;

- les techniques de prélèvement permettant de diminuer l'incidence des complications ;
- les modalités d'utilisation des greffons veineux, en fonction des divers territoires concernés ;
- les possibilités d'utilisation d'un greffon présentant des dystrophies pariétales ;
- l'intérêt du suivi des greffons, afin de dépister les complications évolutives.

Modifications ultrastructurales liées au prélèvement du greffon

Les lésions de la paroi veineuse préalable au prélèvement ont été analysées par Milroy et al. [9]. Ces auteurs ont prélevé l'extrémité des greffons utilisés pour des pontages périphériques ou coronariens et ont montré qu'il existait une fibrose intinale, contenant une hypertrophie des lames élastiques et des cellules musculaires lisses du média. Dans les couches musculaires longitudinales et circulaires, il existe une hypertrophie des cellules musculaires et des fibres conjonctives. Le travail de Davies et Hagen [10]

confirme ces données. Il existe une hyperplasie intinale et une hypertrophie musculaire lisse, plus fréquente au niveau de l'extrémité distale (88 %) que de l'extrémité proximale (68 %).

Marin et al. [11] ont effectué des biopsies du greffon veineux et montré qu'il existait une corrélation entre la structure de la veine et la perméabilité. Ils ont ainsi montré que les greffons qui présentaient un échec hémodynamique avaient une paroi plus épaisse, liée à un épaississement intimal et à une hypertrophie des couches sous-intimales. La conclusion de ce travail est que l'analyse histologique du greffon, au moment de l'implantation, permet de détecter les greffons à haut risque de complications et justifie une surveillance rapprochée.

Kouzy-Koliakos et al. [12] ont réalisé un travail analogue sur 42 greffons prélevés pour un pontage aortocoronarien. Les greffons qui se sont occlus au sixième mois avaient une intima plus épaisse ($206 \pm 67,4 \mu\text{m}$ et ceux qui se sont occlus à deux ans avaient une épaisseur de $98,42 \mu\text{m}$).

Porto et al. [13] ont comparé la structure de la veine saphène, prélevée au cours d'un pontage aortocoronarien et lors d'un évinage pour maladie variqueuse. Ils ont montré que l'épaisseur de la paroi était significativement différente dans les deux groupes ($330 \pm 13 \mu\text{m}$ versus $581 \pm 25 \mu\text{m}$). La densité du tissu conjonctif dans les couches musculaires circulaires était significativement différente ($0,67 \pm 0,08$ pour les veines variqueuses, versus $0,43 \pm 0,02$ pour les veines prélevées pour un pontage).

Dans un travail réalisé en collaboration avec une unité Inserm [14], nous avons montré que les cytochromes P450 étaient significativement différents sur des veines variqueuses et sur des veines prélevées pour un pontage aortocoronarien.

Sansilvestri-Morel et al. [15] ont montré qu'il existait sur les veines variqueuses une diminution de la production du collagène III.

Travers et al. [16] ont montré que les veines variqueuses avaient une épaisseur plus élevée et une plus grande densité de collagène que des veines témoins prélevées avant un pontage. La portion proximale du greffon contenait plus d'élastine et de cellules musculaires lisses à la portion proximale qu'à la portion distale.

Les techniques de prélèvement permettant de diminuer l'incidence des complications

Les techniques de prélèvement permettant de diminuer l'incidence des complications précoces et tardives ont fait l'objet de nombreux travaux expérimentaux et cliniques, tant au niveau des revascularisations périphériques, qu'au niveau des artères coronaires.

Revascularisations périphériques

Les travaux de Sottiurai et al. [17–19], réalisés dans les années 1980, ont permis d'apporter de multiples contributions et fournissent les conclusions suivantes :

- le milieu de conservation des greffes veineuses doit avoir un pH neutre et une osmolarité adaptée et contenir des protéines et de la papavérine ou un autre myorelaxant ;

- la distension mécanique, les manipulations brutales, l'étirement et la traction sur les greffons doivent être évités, afin de limiter les lésions de la couche endothéliale et la stimulation des cellules musculaires lisses ;
- les traumatismes périveineux ou intraluminaux, lors des valvulotomies internes, entraînent une desquamation des cellules endothéliales ;
- la réendothélialisation des greffes veineuses est possible ;
- la fibrose médiale est une séquelle de lésions irréversibles des cellules musculaires lisses ;
- une bonne préparation des greffes veineuses permet la transformation de celles-ci en conduit myofibreux, plutôt qu'en conduits fibrocollagénés lors du processus d'artérialisation. La papavérine permet de réduire les effets délétères de l'étirement des cellules musculaires lisses.

Le travail de Batson et Sottiurai [19] a conforté ces données, en analysant en microscopie électronique les extrémités de greffons préparés dans du sang autologue, du plasma autologue et du plasma autologue additionné de papavérine. C'est dans ce dernier groupe que la desquamation des cellules endothéliales a été la moins importante.

Adcock et al. [20] ont suggéré que la technique optimale de prélèvement consisterait en une infiltration sous-cutanée et périveineuse de papavérine, une dissection atraumatique, une distension très modérée et une conservation dans du sang héparinisé, contenant de la papavérine.

Le travail expérimental de Cambria et Megerman [21] a montré que la dénudation endothéliale deux heures après le prélèvement était de 3,9 % pour les greffons in situ, 18,6 % pour les greffons inversés et 25,1 % pour les greffons distendus.

Le travail de Sayers et al. [22] est en contradiction avec le travail précédent et montre que la desquamation des cellules endothéliales est plus importante, dans les greffons dévalvulés que dans les greffons inversés.

Au total, il persiste de nombreuses inconnues, sur le comportement biologique des greffons veineux, au décours d'un prélèvement. Néanmoins, une technique méticuleuse, l'absence de distension et une conservation dans un milieu contenant un myorelaxant constituent certainement des facteurs importants de la qualité du greffon.

Revascularisations coronariennes

Les dégradations précoces [23], au cours de la première année, et tardives (40 % à dix ans) constituent une préoccupation majeure en chirurgie coronaire, car dans cette localisation, contrairement aux revascularisations périphériques, le dépistage tardif de ces lésions ne peut pas bénéficier de méthodes non invasives de détection et le traitement en est complexe.

C'est pourquoi, les travaux sur la qualité du prélèvement ont été la source de très nombreuses publications expérimentales et cliniques. Les principales conclusions des travaux récents sont :

- l'importance d'un prélèvement atraumatique *no touch technique* [23–26] ;

- le prélèvement emportant les tissus cellulux périveineux [27–29];
- la conservation du greffon dans du plasma héparinisé, plutôt que dans du sang [30].

Modalités d'utilisation des greffons veineux en fonction des territoires concernés

Pontages fémoropoplités et jambiers

Shah et al. [31] ont réalisé une étude prospective chez 331 patients par une phlébographie préopératoire, dans le but de prévoir l'anatomie chirurgicale de la veine saphène. Ils ont montré que la veine saphène était constituée par un seul tronc à la cuisse dans 65 % des cas et à la jambe dans 45 % des cas. Dans les autres cas, il existait un système double dans des modalités variables. La phlébographie n'a pas permis de déterminer le siège des valvules avec certitude (68 %). De même, le diamètre de la veine a été sous-évalué de 1,1 mm dans 80 % des cas. Dans notre équipe, l'utilisation de l'échographie vasculaire préopératoire nous est apparue plus simple et plus fiable.

Depuis les travaux initiaux de Leather et Karmody [5], la technique du pontage saphène in situ a semblé présenter plusieurs avantages techniques : anastomose proximale avec le segment proximal de la veine, anastomose distale avec le segment le plus étroit, absence de dissection complète du greffon, permettant de conserver sa vascularisation. Ces avantages sont contre-balancés par des limites : difficulté en cas de dédoublement saphénien, nécessité de lier les branches collatérales.

En fait, peu de travaux permettent de conclure à une supériorité du pontage in situ versus la technique inversée. Davidovic et al. [32] ont comparé les deux techniques à l'échelon fémoropoplité et montré que le pontage in situ donnait une meilleure perméabilité à deux ans et dix ans, seulement chez les malades n'ayant qu'un axe de jambe perméable.

Watelet et al. [33] ont réalisé une étude prospective contrôlée, comparant les deux techniques à l'échelon fémoropoplité, avec un recul de dix à 14 ans. Ils ont montré que la perméabilité primaire à dix ans était de 41,7 % pour le groupe in situ, versus 64,5 % pour le groupe inversé. La perméabilité secondaire a été de 64,8 % pour le groupe in situ, versus 70,2 % pour le groupe inversé. Dans le groupe in situ, lorsque la veine mesurait moins de 4 mm de diamètre, la perméabilité primaire était de 37,5 %, alors qu'elle était de 71,2 %, lorsque la veine avait un diamètre de plus de 4 mm. Dans le groupe inversé, la perméabilité primaire a été de 71 %, lorsque le diamètre était inférieur à 4 mm et de 65,5 % lorsque le diamètre était supérieur à 4 mm.

Pontages infrapoplités et pontages à la cheville et au pied

La très grande expérience du groupe d'Albany College [5] a été rapportée en 1995. Ces auteurs ont montré, sur une série de 2058 cas que le pontage totalement in situ avait pu être réalisé dans 91 % des cas. La perméabilité primaire à un mois était de 96 %. La perméabilité secondaire était de 91 %, 81 % et 70 % à un an, cinq ans et dix ans.

Aucun des facteurs suivants n'ont eu d'influence sur la perméabilité : le site de l'anastomose proximale, la longueur du pontage, la qualité du lit d'aval et le diamètre de la veine.

Actuellement, il est fréquent que ces pontages soient réalisés chez des malades âgés ou diabétiques et/ou insuffisants rénaux chroniques, présentant une ischémie critique et parfois une destruction tissulaire importante. Il s'agit donc de revascularisations à résistances périphériques élevées. Plusieurs auteurs [34,35] ont montré l'intérêt de réaliser des pontages courts : poplités-tibiaux ou tibio-tibiaux [36], voire tibio-pédieux ou tibio-plantaires [37]. Ces pontages peuvent être réalisés in situ ou inversés, ou transposés dévalvulés. Cette technique permet d'utiliser l'extrémité supérieure du greffon pour l'anastomose proximale et le segment le plus étroit, pour l'anastomose distale. Dans ces cas, l'évaluation préopératoire et le marquage cutané préopératoire sous échographie permettent de choisir le segment le mieux adapté. Le greffon doit mesurer au moins 3 mm de diamètre, sans dystrophie variqueuse et de préférence sans valvule. Le greffon doit être prélevé de façon atraumatique, selon une technique *no touch* analogue au prélèvement des greffons pour pontages aortocoronariens. Il faut éviter toute distension au sérum et dilater le greffon à la papavérine.

Pontages aortocoronariens

Les résultats précoces et tardifs des pontages aortocoronariens sont en grande partie dépendants de la technique de prélèvement. L'exploration préopératoire par échographie vasculaire permet d'évaluer la longueur et le calibre de la veine saphène à la cuisse et à la jambe et permet de repérer les dédoublements. Le prélèvement doit être atraumatique, utilisant la technique *no touch*. Certaines études ultrastructurales ont montré [38,39] que la synthétase nitric oxyde était mieux conservée avec un prélèvement atraumatique, conservant les tissus cellulux périveineux. Cela aboutit à une diminution de la prolifération des cellules musculaires lisses et diminue l'agrégation plaquettaire. L'étude prospective contrôlée de Johanson et al. [40] semble confirmer ces résultats expérimentaux. Les malades opérés avec une technique *no touch* ont une mortalité postopératoire moindre, une diminution du taux d'angor résiduel ou d'infarctus du myocarde.

Pontages rénaux

Les indications des revascularisations rénales chirurgicales sont devenues plus rares, avec le développement des techniques endovasculaires. Néanmoins, il persiste des indications, essentiellement néphrologiques que sont les revascularisations pour occlusion chronique, les revascularisations sur rein fonctionnellement unique, les aortopathies emboligènes sus- et juxtarénales, qui comportent un risque élevé d'embolies de cholestérol lors des techniques d'angioplastie. Ce sont dans ces indications que les techniques de revascularisation extra-anatomique du rein par pontage hépatorénal, iliorénal [41], ou mésentéricorénal trouvent leurs meilleures indications, afin d'éviter un clamping aortique.

Tableau 1 Modalités d'utilisation des greffons veineux. Résultats.
Modalities for using venous grafts. Outcome.

Auteurs	Référence	Nature	Cas (n)	Suivi moyen (mois)	Perméabilité
Moritz et al.	[42]	Mèche de Dacron	13	17	10/13
Soury et al.	[43]	Ptfe	4	41	4/4
Hynes et al.	[44]	Dacron	6	18	6/6
Mellièrre et al.	[45]	Ptfe	12	48	10/12
Neufang et al.	[46]	Ptfe	35	48	82 %

Le greffon doit être évalué par échographie vasculaire, mesurer entre 4 mm et 5 mm, ne pas comporter de valvules.

Pontages carotidiens

Le pontage carotidien représente une alternative fiable à l'endartériectomie carotidienne [8]. Le greffon doit être évalué par échographie vasculaire, mesurer 5 mm, ne pas comporter de valvules. Le talon de l'anastomose peut être élargi, en refendant l'origine d'une collatérale. Le greffon doit être prélevé sans traumatisme, par une incision cutanée continue, en emportant les tissus cellulaires périveineux.

Modalités d'utilisation des greffons veineux présentant des dystrophies pariétales

L'usage d'une veine saphène variqueuse n'est pas recommandé pour la réalisation d'un pontage, du fait de l'hypertrophie pariétale [13,16] et de l'altération de la couche endothéliale. Néanmoins, plusieurs auteurs ont montré qu'il était possible d'utiliser une veine saphène, présentant une dystrophie localisée, en réalisant un enrobement prothétique externe.

L'échographie vasculaire préopératoire doit préciser la nature localisée ou diffuse de la dystrophie, repérer par marquage cutané la zone qui devra être renforcée, afin d'éviter une dissection extensive. Les résultats sont présentés sur le Tableau 1.

Suivi des greffons et dépistage des complications évolutives

De nombreux auteurs ont étudié le devenir des greffons veineux fémoropoplitéaux et jambiers et recherché la date de survenue de complications évolutives, pouvant bénéficier d'un traitement chirurgical ou endovasculaire, permettant d'améliorer la perméabilité secondaire de ces pontages. Gupta et al. [47] ont analysé le suivi de 338 pontages infra-inguinaux : 131 in situ, 120 inversés, 48 transposés non inversés et 39 utilisant les veines du membre supérieur. Le suivi a été réalisé par échographie vasculaire. Sur un suivi moyen de 19 mois, le taux de révision a été plus élevé pour les pontages inversés (23 %) que pour les pontages in situ (10 %) et pour les pontages transposés (16 %). Carter et al. [48] ont utilisé un programme très étroit de surveillance par échographie vasculaire à 0, un, trois, six, 12 et 18 mois de 212 pontages infra-inguinaux. Au cours du suivi, 21,6 % des pontages se sont occlus.

Seize pour cent des greffons ont bénéficié d'une procédure pour traiter une lésion et 40,5 % d'entre elles sont survenues dans les six premiers mois. L'occlusion d'un pontage veineux a été précédée d'une lésion sténosante dans 58,3 % des cas.

Tinder et al. [49] ont montré qu'une surveillance étroite par échographie vasculaire de 329 pontages veineux infra-inguinaux aboutissait à 174 gestes complémentaires chez 126 malades (36 %) : endovasculaires (100) et chirurgicaux (74).

Les perméabilités ont été primaires (46 %), primaires assistées (80 %) et secondaires (81 %).

Les critères permettant de prévoir la nécessité d'une réintervention ont été : une hémodynamique anormale au premier contrôle, une veine saphène dédoublée, le fait qu'il s'agisse d'une réintervention. En revanche, la nature de l'indication, l'index cheville-bras, la prise de statines et le caractère in situ ou inversé n'ont pas constitué des facteurs prédictifs de la survenue d'une sténose.

Ainsi, la surveillance des pontages veineux par échographie vasculaire est utile. Elle doit être précoce avant le sixième mois et régulièrement poursuivie. Les lésions siègent surtout au niveau de la portion proximale du greffon. Le traitement d'une lésion constatée n'est justifié que si elle entraîne une modification des paramètres hémodynamiques.

Conclusion

Les arguments d'utilisation d'un greffon veineux pour un pontage reposent sur une connaissance précise de la structure histopathologique des greffons et des conséquences de leur prélèvement.

Les critères d'utilisation reposent sur une coopération étroite d'une équipe chirurgicale et d'une équipe angiologique permettant au chirurgien de programmer au mieux le plan tactique de la revascularisation.

Conflit d'intérêt

Aucun.

Références

- [1] Kunlin J. Le traitement de l'ischémie artérielle par la greffe veineuse longue. *Rev Chir* 1951;70:206–35.
- [2] Ernst CA, Stanley JC, Marshall FF, Fry WJ. Autologous saphenous vein aorto-renal grafts. *Arch Surg* 1972;105:855–62.

- [3] Favaloro RG. Aorto-coronary with the saphenous vein in the surgical treatment of coronary arteriosclerosis. Critical analysis of the results. *Ital Cardiol* 1972;2:315–8.
- [4] Brady J, Esfahani A, Janke W. Aortosaphenous coronary bypass surgery for obstructive coronary artery disease. *Mich Med* 1971;70:607–8.
- [5] Leather RP, Karmody AM. In situ saphenous vein arterial by pass for the treatment of limb ischemia. *Adv Surg* 1986;19:175–219.
- [6] Shah DM, Darling RC, Chang BB, Fitzgerald KM, Paty PS, Leather RP. Long term results of in situ saphenous vein bypass. Analysis of 2058 cases. *Ann Surg* 1995;222:446–8.
- [7] Cormier JM, Lagneau P, Firouzabadie H. Aorto-ilio femoral venous grafts. *J Chir* 1977;114:397–412.
- [8] Cormier JM, Lagneau P, Janneau D. Revascularisation de l'artère carotide interne par greffe veineuse. *J Chir* 1978;115:7–12.
- [9] Milroy CM, Scott DJ, Beard JD, Horrocks M, Bradfield JW. Histological appearances of the long saphenous vein. *J Pathol* 1989;159:311–6.
- [10] Davies MG, Hagen PO. Pathophysiology of vein grafts failure: a review. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1995;9:7–18.
- [11] Marin ML, Veith FJ, Panetta TF, Gordon RE, Wengerter KR, Suggs WD, et al. Saphenous vein biopsy; a predictor of vein graft failure. *J Vasc Surg* 1993;18:407–14.
- [12] Kouzy-Koliakos K, Kanellali-Kyparissi M, Marinov G, Knyazhev V, Tsalie E, Batzios C, et al. Prebypass histological and ultra structural evaluation of the long saphenous vein as a predictor of early graft failure. *Cardiovasc Pathol* 2006;15:336–46.
- [13] Porto LC, da Silveira PR, de Carvalho JJ, Panico MD. Connective tissue accumulation in the muscle layer in normal and varicose saphenous veins. *Angiology* 1995;46:243–9.
- [14] Bertrand-Thiebault C, Ferrari L, Bouthierin-Falson O, Kockx M, Desquand-Billiald S, Fichelle JM, et al. Cytochromes P 450 are differently expressed in normal and varicose human saphenous veins: linkage with varicosis. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 2004;31:295–301.
- [15] Sansilvestri-Morel P, Rupin A, Jullien ND, Lembrez N, Mestries Dubois P, Fabiani JN, et al. Decreased production of collagen Type III in cultured smooth muscle cells from varicose patients is due to degradation by MMPs: possible implication of MMP-3. *J Vasc Res* 2005;42:388–98.
- [16] Travers JP, Brookes CE, Evans J, Baker DM, Kent C, Makin GS, et al. Assessment of wall structure and composition varicose veins with reference to collagen, elastin and smooth muscle contents. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1996;11:230–7.
- [17] Sottiturai VS, Batson RC. Ultrastructure of human and transplanted canine veins, effect of different media. *Surgery* 1983;93:28–38.
- [18] Sottiturai VS, Sue SL, Batson RC, Frey DJ, Khaw H. Effects of papaverine on smooth muscle cell morphology and vein graft preparation. *J Vasc Surg* 1985;2:832–4.
- [19] Batson BC, Sottiturai VS. Non reversed and in situ veins; clinical and experimental observations. *Ann Surg* 1985;201:771–9.
- [20] Adcock OT, Adcock GL, Wheeler JR, Gregoru RT, Snyder SO, Gayle RG. Optimal techniques for harvesting and preparation of reversed autologous vein grafts for use as arterial substitute: a review. *Surgery* 1984;96:886–94.
- [21] Cambria RP, Megerman J, Abbott WM. Endothelial preservation in reversed and in situ autogenous vein grafts. A quantitative experimental study. *Ann Surg* 1985;202:50–5.
- [22] Sayers RD, Watt PA, Muller S, Bell PR, Thurston H. Endothelial cell injury secondary to surgical preparation of reversed and in situ saphenous vein bypass grafts. *Eur J Vasc Surg* 1992;6:354–61.
- [23] Loesch A, Dahswood MR, Souza DS. Does the method of harvesting the saphenous vein for coronary artery by pass effect venous smooth muscle cells? INOS immunolabelling and ultrastructural findings. *Int J surg* 2006;4:20–9.
- [24] Ahmed SR, Johanson BL, Karisson MG, Souza DS, Dashwood MR, Loesch A. Human saphenous vein and coronary bypass surgery: ultrastructural aspects and no touch vein graft preparations. *Histol Histopathol* 2004;19:421–33.
- [25] Kilian JG, Thansyashri P, Celermajer DS, Adams MR. Saphenous vein grafts display poor endothelium dependant and endothelium independant dilatation: implications for the pathogenesis of vein graft atherosclerosis. *Heart Lung Circ* 2008;17:96–9.
- [26] Rueda F, Souza D, Lima RC, Menezes A, Johansson B, Dashwood M, et al. Novel no-touch technique of harvesting the saphenous vein for coronary artery bypass grafting. *Arq Bras Cardiol* 2008;90:356–62.
- [27] Dashwood MR, Dooley A, Shi-Wien X, Abraham DJ, Souza DS. Does peri adventitial fat derived nitric oxide play a role in improved saphenous vein graft patency in patients undergoing coronary artery by pass surgery. *J Vasc Surg* 2007;44:175–81.
- [28] Dashwood MR, Savage K, Tsui JC, Dooley A, Shaw SG, Fernandez Alfonso MS, et al. Retaining peri vascular tissue of human saphenous vein grafts against surgical and distension-induced damage and preserves endothelial nitric oxide synthetase activity. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2009;138:334–40.
- [29] Souza DS, Johanson B, Bojo L, Karisson R, Geizer H, Filby D, et al. Harvesting the saphenous vein with surrounding tissue for CABG provides long term graft patency comparable to the left internal thoracic artery: results of a randomised longitudinal trial. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2006;132:373–8.
- [30] Weiss DR, Juchem G, Kemkes BM, Gansera B, Nees S. Extensive deendothelialization and thrombogenicity in routinely prepared vein grafts for coronary bypass operations: facts and remedy. *Int J Clin Exp Med* 2009;2:95–113.
- [31] Shah DM, Chang BB, Leopold PW, Corson JD, Leather RP, Karmody AM. The anatomy of the greater saphenous system. *J Vasc Surg* 1986;3:273–83.
- [32] Davidovic LB, Markovic DM, Vojnovic BR, Lotina SI, Kostic DM, Cinara IS, et al. Femoro popliteal reconstructions: in situ versus reversed technique. *Cardiovasc Surg* 2001;9:356–61.
- [33] Watelet J, Soury P, Menard JF, Plissonier D, Peillon C, Lestrat JP, et al. Femoro popliteal by pass: in situ or reversed grafts? Ten year results of a randomised prospective study. *Ann Vasc Surg* 1997;11:510–9.
- [34] Ascer E, Veith FJ, Gupta SK, White SA, Bakal CW, Wengerter K, et al. Short vein graft: a superior option for arterial reconstruction to poor or compromised outflow tract. *J Vasc Surg* 1988;7:370–8.
- [35] Andros G, Harris RW, Salles-Cunha SX, Dulawa LB, Oblath RW, et al. Lateral plantar artery bypassgrafting: defining the limits of foot revascularization. *J Vasc Surg* 1989;10:511–21.
- [36] Veith F, Ascer E, Gupta SK, White-Flores S, Sprayregen S, Scher LA, et al. Tibiotibial vein grafts, a new operation for limb salvage. *J Vasc Surg* 1985;2:552–7.
- [37] Glowiczki P, Bower TC, Toomey BJ, Mendoca C, Naessens JM, Stanson AW, et al. Microscope-aided pedal bypass is an effective low risk operation to salvage the ischemic foot. *Am J Surg* 1994;168:76–84.
- [38] Tsui JC, Souza DS, Filbey D, Karisson K, Dahswood R. Localisation of nitric oxide synthases in saphenous vein graft with a novel no touch technique: potential role of nitric oxide contribution to improved early graft patency rates. *J Vasc Surg* 2002;35:356–62.
- [39] Tanner RC, Larglader T, Greutert H, Yang Z, Luscher TF. Nitric oxide synthase inhibits biological features of by pass graft disease in the human saphenous vein *J Thor. Cardiovasc Surg* 2004;127:20–6.
- [40] Johanson BL, Souza DS, Bodin L, Filbey D, Bojo L. No touch vein harvesting technique for CABG improves the long term-term clinical outcome *Scand. Cardiovasc Surg* 2008;3:1–6.

- [41] Fichelle JM, Colachio G, Laurian C, Tugaye A, Priollet P, Cormier JM. Place du pontage ilio-rénal dans les revascularisations rénales à haut risque. *Ann Chir Vasc* 1992;6:403–7.
- [42] Moritz A, Grabenwoger F, Raderer F, Ptakovski H, Magomet-sching H, Ulrich R, et al. Use of varicose veins as arterial bypass grafts. *Cardiovasc Surg* 1993;1:508–12.
- [43] Soury P, Peillon C, Watelet J, Planet M, Plissonier D, Del Gallo G, Testart J. Prosthetic reinforcement of varicose saphenous vein for infrainguinal by pass. *Ann Vasc Surg* 1999;13:290–3.
- [44] Hynes N, Mahendran B, Tawfik S, Sultan S. Reinforced long saphenous vein bypass for infra inguinal reconstruc-tive procedures: case series and literature review. *Vascular* 2006;14:113–8.
- [45] Mellièrre D, Desgranges P, Allaire E, Becquemin JP. Long term results of venous by pass for lower arteries with selective short segment prosthetic reinforcement of varicose dilatations. *Ann Vasc Surg* 2007;21:45–9.
- [46] Neufang A, Dorweller B, Espinola-Klein C, Reinstadler J, Kirsch D, Schmiedt W, et al. External reinforcment of vari-cose veins with Ptfe prosthesis in infra-inguinal by pass surgery—clinical results. *Thorac Cardiovasc Surg* 2003;51: 62–6.
- [47] Gupta AK, Bandyk DF, Cheanvechai D, Johnson BL. Natural his-tory of infra inguinal vein graft stenosis relative to bypass grafting technique. *J Vasc Surg* 1997;25:211–20.
- [48] Carter A, Murphy MO, Halka AT, Turner NJ, Kirton JP, Murray D, et al. The natural history of stenosis within lower limb arterial bypass grafts using a graft surveillance program. *Ann Vasc Surg* 2007;21:695–703.
- [49] Tinder CN, Chavanpun JP, Bandyk DF, Armstrong PA, Back MR, Johnson BL, et al. Efficacy of duplex ultrasound surveillance infra inguinal vein bypass may be enhanced by identification of characteristics predictive of graft stenosis development. *J Vasc Surg* 2008;48:613–8.