FABIO HENRIQUE ROSSI

Avaliação do leito arterial distal em revascularização de membros inferiores: estudo comparativo entre ecografia-doppler, arteriografia e medidas diretas de fluxo no intra-operatório

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Doutor em Ciências

Área de Concentração: Clínica Cirúrgica

Orientador: Prof. Dr. Pedro Puech-Leão

SÃO PAULO

2006

Dedicatória:

“Aos meus ancestrais, pais, familiares, amigos e à Daniela”.

Agradecimentos:

Ao meu orientador Prof. Dr. Pedro Puech-Leão pelo exemplo de dedicação, paciência e compreensão durante a realização desta tese.

Ao Dr. Nilo Mitsuro Izukawa pelo exemplo profissional, incentivo e cooperação durante a realização deste trabalho.

Às Srtas. Ângela Tavares Pais e Camila Starchi, do Laboratório de Epidemiologia e Estatística do IDPC, pela colaboração na avaliação estatística dos dados deste trabalho.

À minha irmã Luciana Rossi, pela ajuda na revisão ortográfica e na redação desta Tese.

A Sra. Inocência pela dedicação e carinho.

Homenagens:

A todos os meus amigos médicos e funcionários do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia, do Hospital Adventista e Hospital São Caetano pela amizade, paciência, companheirismo, dedicação e carinho.

Aos colegas de equipe – Dr. Lannes Alberto de Vasconcellos Oliveira, Dr. Domingos Guerino Silva, Dr. Heraldo Antônio Barbato, Dr. Fernando Dagli Malheiros, Dr. Akasch, Dr. Gessner Vidalis Bovolento, e secretárias: Fernanda, Regiane, Joyce e Edna, minha amizade e meu respeito.

Ao Prof. Dr. Júlio César Rodrigues Pereira e Dr. Valdir Okano, do Laboratório de Epidemiologia e Estatística do IDPC, pela amizade e orientação.

Aos funcionários do Setor de Documentação Fotográfica e Biblioteca do IDPC – Edna Pivi, Neide G. Ferreira, Helena T. de Oliveira, Luis Roberto de Jesus – pela ajuda na realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. José Eduardo Moraes Rego de Souza e Prof. Dr. Leopoldo Piegas, Diretores Gerais do IDPC, pelo apoio durante a realização deste trabalho.

A todos meus mestres, professores, residentes e alunos pelo incentivo ao estudo e à pesquisa.

A todos os meus pacientes razões maiores de meu estudo e trabalho.

SUMÁRIO

Resumo

Lista de Tabelas

Lista de Figuras

Lista de Gráficos

Summary

1. INTRODUÇÃO.....	01
2. CASUÍSTICA E MÉTODO.....	18
3. MÉTODO.....	20
a. Ecografia-Doppler.....	20
b. Arteriografia pré-operatória.....	22
c. Medidas diretas de fluxo intra-operatórias.....	23

4. RESULTADO.....	29
a. CAPACIDADE ANATÔMICA DA ECOGRAFIA-DOPPLER EM DEFINIR AS ANASTOMOSES ENXERTO.....	29
b. DADOS DEMOGRÁFICOS DA AMOSTRA.....	30
c. CARACTERÍSTICA HEMODINÂMICA DO LEITO ARTERIAL RECEPTOR DO ENXERTO PELA ECOGRAFIA- DOPPLER PRÉ- OPERATÓRIA.....	31
d. CLASSIFICAÇÃO ARTERIOGRÁFICA DO LEITO RECEPTOR DO ENXERTO.....	33
e. MEDIDAS INTRA-OPERATÓRIAS DE RESISTÊNCIA DO LEITO ARTERIAL RECEPTOR DO ENXERTO.....	34
f. MÉDIAS ARITMÉTICAS DOS VALORES HEMODINÂMICOS PRÉ E INTRA-OPERATÓRIOS, CLASSIFICAÇÃO ARTERIOGRÁFICA E PERVIDADE POR SÍTIO DE ANASTOMOSE DISTAL.....	38

g. PERVIDADE A CURTO E MÉDIO PRAZO DO ENXERTO.....	40
h. ÍNDICE DE CORRELAÇÃO ENTRE ECOGRAFIA DOPPLER, ARTERIOGRAFIA E MEDIDAS DE FLUXO INTRA- OPERATÓRIO.....	41
i. PROGNÓSTICO CLÍNICO DE PERVIDADE DO ENXERTO ATRAVÉS DAS MEDIDAS DE CLASSIFICAÇÃO ARTERIOGRÁFICA, E VALORES HEMODINÂMICOS DE RESISTÊNCIA PRÉ E INTRA- OPERATÓRIOS.....	44
5. DISCUSSÃO.....	49
6. CONCLUSÃO.....	61
7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	62

RESUMO

A cirurgia de restauração circulatória arterial no paciente portador de isquemia crítica de membros inferiores apresenta indicações clínicas e técnica operatória já bastante estudadas e definidas. Ainda hoje, no entanto, um considerável número de enxertos evolui para oclusão. Entre as causas relacionadas à falência precoce, podemos destacar a resistência do leito distal receptor do enxerto. Interessou-nos estudar a existência de correlação hemodinâmica entre a Ecografia-Doppler, a Arteriografia pré-operatória, e medidas diretas intra-operatórias de resistência do leito arterial receptor do enxerto. Foram estudadas 68 operações de revascularização de membros inferiores portadores de isquemia crítica. A Ecografia-Doppler foi considerada tecnicamente satisfatória em 93,2 %. Foi verificada a presença de correlação hemodinâmica positiva entre os métodos descritos acima (Teste de Pearson), particularmente para as artérias distais. Concluimos que a Ecografia-Doppler, além de definir as características anatômicas da artéria a ser revascularizada, pode auxiliar no estudo hemodinâmico do leito arterial receptor do enxerto e dessa forma auxiliar na definição do prognóstico do enxerto e no

estabelecimento da melhor estratégia terapêutica a ser tomada ainda no período pré-operatório.

Descritores: Ultra-sonografia Doppler, Medição de vazão, Isquemia, Fluxo de escoamento, Extremidade inferior, Prognóstico.

LISTA DE TABELAS:

TABELA 1: MECANISMOS DE OBSTRUÇÃO DO ENXERTO.....2

TABELA 2: CLASSIFICAÇÃO DA ARTERIOGRAFIA PROPOSTA PELA
“SOCIETY FOR VASCULAR SURGERY E INTERNATIONAL SOCIETY
FOR CARDIOVASCULAR SURGERY”10

TABELA 3: PONTUAÇÃO FINAL DA CLASSIFICAÇÃO
ARTERIOGRÁFICA COMO PROPOSTO PELA “SVS/ISCVS”11

TABELA 4: CLASSIFICAÇÃO ARTERIOGRÁFICA PRÉ-OPERATÓRIA
DO LEITO DE ESCOAMENTO DE ENXERTO.....22

TABELA 5: FATORES DE RISCO E DOENÇAS ASSOCIADAS
ENCONTRADAS NOS 68 CASOS OPERADOS.....30

TABELA 6: DIÂMETRO INTERNO ARTERIAL (CM) NO SÍTIO DA
ANASTOMOSE DISTAL A ECOGRAFIA-DOPPLER PRÉ-
OPERATÓRIA.....31

TABELA 7: VELOCIDADE DE FLUXO SANGÜÍNEO (CM/S) NO SÍTIO DA ANASTOMOSE DISTAL A ECOGRAFIA-DOPPLER PRÉ-OPERATÓRIA.....	32
---	-----------

TABELA 8: VOLUME (ML/MIN) NO SÍTIO DA ANASTOMOSE DISTAL A ECOGRAFIA-DOPPLER PRÉ-OPERATÓRIA.....	33
--	-----------

TABELA 9: ÍNDICE ARTERIOGRÁFICO NO LEITO RECEPTOR DO ENXERTO À ARTERIOGRAFIA PRÉ-OPERATÓRIA.....	34
---	-----------

TABELA 10: SÍTIO DE ANASTOMOSE DISTAL.....	35
---	-----------

TABELA 11: VAZÃO DE SORO FISIOLÓGICO INTRA-OPERATÓRIA (ML/MIN) NO SÍTIO DA ANASTOMOSE DISTAL.....	36
--	-----------

TABELA 12: PRESSÃO INTRA-OPERATÓRIA (CM/SORO FISIOLÓGICO) NO SÍTIO DA ANASTOMOSE DISTAL.....	37
---	-----------

TABELA 13: RESISTÊNCIA INTRA-OPERATÓRIA NO SÍTIO DA ANASTOMOSE DISTAL.....	38
---	-----------

TABELA 14: VALORES MÉDIOS HEMODINÂMICOS PRÉ E INTRA-OPERATÓRIOS, CLASSIFICAÇÃO ARTERIOGRÁFICA E PERVEDADE PRIMÁRIA POR LOCAL DE ANASTOMOSE DISTAL.....	39
---	----

TABELA 15: PERVEDADE PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA EM 6 MESES DE PÓS-OPERATÓRIO.....	40
---	----

TABELA 16: CORRELAÇÃO HEMODINÂMICA ENTRE MEDIDAS DA ECOGRAFIA-DOPPLER PRÉ-OPERATÓRIA, CLASSIFICAÇÃO ARTERIOGRÁFICA, E DIRETAS INTRA-OPERATÓRIAS PARA O TOTAL DA AMOSTRA.....	42
---	----

TABELA 17: CORRELAÇÃO HEMODINÂMICA ENTRE MEDIDAS DA ECOGRAFIA-DOPPLER PRÉ-OPERATÓRIA, CLASSIFICAÇÃO ARTERIOGRÁFICA, E DIRETAS INTRA-OPERATÓRIAS PARA AS ARTÉRIAS POPLÍTEAS.....	43
--	----

TABELA 18: CORRELAÇÃO HEMODINÂMICA ENTRE MEDIDAS DA ECOGRAFIA-DOPPLER PRÉ-OPERATÓRIA, CLASSIFICAÇÃO	
--	--

ARTERIOGRÁFICA, E DIRETAS INTRA-OPERATÓRIAS PARA AS ARTÉRIAS DISTAIS.....	43
--	----

TABELA 19: VALORES E INFLUÊNCIA DA ECOGRAFIA-DOPPLER PRÉ-OPERATÓRIA, CLASSIFICAÇÃO ARTERIOGRÁFICA, E MEDIDAS DIRETAS INTRA-OPERATÓRIAS NA PERVIDADE DO ENXERTO APÓS 1 MÊS DE CIRURGIA.....	45
--	----

TABELA 20: VALORES E INFLUÊNCIA DA ECOGRAFIA-DOPPLER PRÉ-OPERATÓRIA, CLASSIFICAÇÃO ARTERIOGRÁFICA, E MEDIDAS DIRETAS INTRA-OPERATÓRIAS NA PERVIDADE DO ENXERTO APÓS 6 MESES DE CIRURGIA.....	46
--	----

LISTA DE FIGURAS:

FIGURA 1: CÁLCULO PRÉ-OPERATÓRIO DO VOLUME DE FLUXO SANGÜÍNEO ARTERIAL (ML/MIN) ATRAVÉS DA ECOGRAFIA-DOPPLER.....	21
FIGURA 2: COMPONENTES DO SISTEMA DE MEDIDA DE RESISTÊNCIA INTRA-OPERATÓRIA DO LEITO ARTERIAL RECEPTOR DO ENXERTO.....	24
FIGURA 3: INTRODUÇÃO DA SONDA DE POLIVINIL NO LÚMEN DISTAL DA ARTÉRIA RECEPTORA DO ENXERTO.....	25
FIGURA 4: INFUSÃO DE SORO FISIOLÓGICO EM ARTÉRIA RECEPTORA DO ENXERTO PARA DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DO LEITO DISTAL EM 1 MINUTO SOB PRESSÃO CONSTANTE (120 CM/SF).....	26
FIGURA 5: PRESSÃO DO LEITO ARTERIAL RECEPTOR DO ENXERTO POR COLUNA DE SF.....	27

LISTA DOS GRÁFICOS:

GRÁFICO 1: PERVIEDADE PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA DOS ENXERTOS OPERADOS COM 6 MESES DE PÓS-OPERATÓRIO.....	41
GRÁFICO 2: ANÁLISE DA CURVA DE DISPERSÃO ENTRE OS VALORES DE VOLUME E VAZÃO NO LEITO ARTERIAL RECEPTOR DO ENXERTO.....	44
GRÁFICO 3: INTERVALO DE CONFIANÇA PARA VALORES DE VOLUME NA PERVIEDADE DO ENXERTO APÓS 1 MÊS DE PÓS- OPERATÓRIO.....	47
GRÁFICO 4: INTERVALO DE CONFIANÇA PARA VALORES DE VOLUME NA PERVIEDADE DO ENXERTO APÓS 6 MESES DE PÓS- OPERATÓRIO.....	48

SUMMARY:

The clinical indications and the surgical technique regarding arterial revascularization in patients with critical lower limb ischemia have been thoroughly studied and well determined in the literature. However, a considerable number of grafts evolves to occlusion even nowadays. Among the factors known to contribute to early graft failure the resistance of the outflow arterial bed stands out.

The purpose of this study is to verify Duplex Scanning hemodynamic correlation power with preoperative arteriography and direct intraoperative resistance measurements.

Sixty-eight (68) lower limb revascularizations were studied. Preoperative Duplex Scanning was considered satisfactory in 93,2 % of the cases. A positive hemodynamic correlation among the methods described above (Pearson's correlation test), particularly for distal arteries, has been verified.

We conclude that preoperative Duplex Scanning, apart from defining the anatomic characteristics of the artery to be revascularized, can be helpful in the hemodynamic study of the arterial bed receiving the graft, making it easier to establish the graft prognosis and define the best therapeutic strategy to be adopted in the preoperative period.

Descriptors: Ultrasonography Duplex, Flow measurement, Ischemia, Runoff

Flow, Lower extremity, Prognosis.

INTRODUÇÃO :

A cirurgia de restauração circulatória arterial no paciente portador de isquemia crítica de membros inferiores apresenta indicações clínicas e técnicas operatórias já bastante estudadas e definidas (1-6).

Em 1947, o cirurgião vascular francês Jean Kunlin realizou a primeira revascularização arterial de um membro isquêmico, utilizando para tal uma veia safena invertida (7). Desde então, inúmeros avanços técnicos e tecnológicos ocorreram.

O acúmulo de experiência e os resultados favoráveis obtidos tornaram a cirurgia de revascularização uma das operações mais indicadas e realizadas pelo cirurgião vascular moderno.

Atualmente, o cirurgião vascular depara-se com situações clínicas cada vez mais desafiadoras e complexas, e a decisão entre realizar ou não a tentativa de revascularização do membro isquêmico baseia-se muito mais na habilidade técnica do cirurgião do que na possibilidade biológica do membro em receber o enxerto(8;9).

Apesar dos bons resultados obtidos em termos de perviedade e salvamento de membro, um considerável número de enxertos evolui para a oclusão (10). A análise crítica dos fatores sistêmicos e locais que podem influenciar a perviedade do enxerto deve ser considerada durante todas as fases envolvidas no tratamento: indicação da cirurgia, técnica operatória

utilizada, seguimento pós-operatório e indicação de reoperação, na eventualidade de obstrução do enxerto (11-16).

O período de perviedade clínica do enxerto pode ser classificado em: precoce, 0 a 30 dias; intermediário, 30 dias a 2 anos; e tardio, mais que 2 anos. Podemos ainda classificar a perviedade do enxerto quanto aos mecanismos responsáveis pela sua falência (Tabela 1) (10).

Tabela 1: Mecanismos de obstrução do enxerto segundo Davies et al (11).

Fatores intrínsecos	Fatores extrínsecos
Substituto arterial de má qualidade	Afluxo inadequado (estenose/oclusão)
Válvula / ramo remanescente (in-situ)	Leito distal inadequado (resistência elevada)
Ligadura do ramo mal posicionada	Tromboembolismo
Membrana intimal	Infecção do enxerto
Hiperplasia neo-intimal	Compressão mecânica:
Aterosclerose acelerada	Acotovelamento
Degeneração aneurismática	Ligamentos, hematoma, etc.

Entre as causas relacionadas à falência precoce, podemos destacar as falhas técnicas ocorridas durante a confecção das anastomoses e o posicionamento do enxerto, além de hiper-coagulabilidade sanguínea, afluxo inadequado e resistência do leito distal receptor do enxerto.

Sabemos, por meio de estudos contemporâneos, que a obstrução precoce pode ocorrer em até 25 % dos casos e que esse grupo de pacientes, mesmo quando reoperados prontamente, evolui para amputação em até 86% dos casos (17). Após um ano, o índice de salvamento de membro é 59% e a perviidade secundária, de apenas 18% (18). Esses resultados demonstram claramente a necessidade de se adotar critérios mais rígidos para a indicação de cirurgia primária e de reoperação nos pacientes portadores de isquemia crítica de membros inferiores.

A isquemia crítica dos membros inferiores pode ser tratada por meio de revascularização ou amputação primária. A revascularização, quando mal indicada, pode levar à obstrução precoce do enxerto e à piora da perfusão do membro, exacerbando a dor, elevando o nível de amputação e dificultando a reabilitação. Além disso, pode pôr em risco a vida do paciente, muitas vezes acometido por co-morbidades graves, e elevar os custos médico-hospitalares(17;19-21).

Na presença de afluxo sangüíneo e de um substituto arterial adequado, as características da artéria e do leito receptor do enxerto têm valor primordial no estabelecimento da estratégia cirúrgica a ser realizada (22-27), e no sucesso precoce (25;28;29) e até mesmo tardio (23;30) do enxerto. Dessa forma, a análise pré-operatória das características do leito arterial receptor do enxerto representa uma etapa importantíssima na indicação do tipo de tratamento e da estratégia cirúrgica a ser seguida.

É certo que, em casos de isquemia crítica com risco iminente de perda da extremidade, muitos cirurgiões decidem pela tentativa “heróica” de revascularização, independentemente da qualidade do leito distal. Essa conduta pode estar justificada, pois nenhum método pode prever totalmente o sucesso. Porém, mesmo nestes casos, a avaliação pré-operatória do leito distal é útil, em primeiro lugar porque pode fornecer um prognóstico para o paciente e os familiares antes da intervenção e, em segundo lugar, porque pode orientar a decisão de reoperação no caso de oclusão precoce. A obstrução de um enxerto feito em um paciente com leito distal bom ou, pelo menos, razoável, deve merecer uma revisão cirúrgica. Por outro lado, se o leito distal for ruim, a oclusão deve ser considerada uma falha definitiva, e a reoperação, nesses casos, provavelmente representará mais risco de vida ao paciente ou piorará o nível de amputação(17;21;31).

A análise do leito arterial receptor do enxerto iniciou-se quando Brooks realizou a primeira arteriografia femoral em 1924(32). Desde então, o poder deste método em determinar a perviedade do enxerto vem sendo questionado, e métodos alternativos têm sido preconizados (24;29;33-37).

Patel et al, em 1988, observando as constantes falhas da arteriografia pré-operatória, estudaram o valor do método no período intra-operatório. Para isso, injetavam contraste diretamente no leito arterial receptor do enxerto após a exposição cirúrgica da artéria a ser revascularizada. Segundo os autores, a resistência ao fluxo sanguíneo dependeria do sistema de colaterais existentes na zona de obstrução, que agiriam no meio de contraste utilizado na arteriografia pré-operatória, levando às frequentes falhas de correlação entre o método e os achados intra-operatórios, apesar da utilização de manobras adjuvantes, como

filmagem retardada, hiperemia reativa e uso de vasodilatadores. Outros fatores, como a miocardiopatia e a conseqüente diminuição do débito cardíaco, podem dificultar ainda mais a chegada do sangue ao leito distal. Além disso, a subjetividade no momento da definição do volume, a pressão e a diluição necessárias no momento de injeção do contraste podem dificultar a obtenção de resultados satisfatórios(38).

Em 1981, Slot et al demonstraram que, quando a arteriografia era realizada em apenas uma projeção, o índice de concordância entre observadores diferentes não diferia do acaso (39). Este fato torna-se ainda mais evidente quando consideramos que lesões ateroscleróticas não provocam estreitamento da luz do vaso de forma simétrica. Embora essas imagens sejam mais precisas quando realizadas em dois planos, há poucas evidências de que elas aumentem a capacidade de interpretação.

A subtração digital pode melhorar a técnica ao captar volumes e concentrações inferiores de contraste no leito estudado às custas de menor poder de resolução e da possibilidade de artefatos de imagens gerados pela movimentação do paciente e pela sobreposição de estruturas adjacentes.

Devemos considerar, ainda, que a arteriografia é um exame invasivo que pode levar a complicações locais e sistêmicas e não isenta de mortalidade(40).

O início do estudo hemodinâmico do leito arterial receptor do enxerto coincidiu com a descrição das aplicações do fluxômetro eletromagnético na circulação periférica feita por Kolin et al em 1936(41). Desde então, esse método passou a ser utilizado na cirurgia de

revascularização de membros inferiores(42-44), sendo o sucesso da cirurgia relacionado às características hemodinâmicas do leito arterial receptor do enxerto (45-47).

Em 1969, Mundth et al estudaram a existência de uma correlação entre a fluxometria intra-operatória do enxerto, o quadro clínico, a arteriografia pré-operatória e perviedade do enxerto após 2 anos(48). Apesar do pequeno número de pacientes, da realização de todas as medidas no território fêmoro-poplíteo e da complexidade do método utilizado, foi demonstrado, nesse estudo, que não havia correlação entre a arteriografia pré-operatória, as medidas hemodinâmicas intra-operatórias e a perviedade do enxerto no período estudado.

Naquela época, outros autores já relatavam as dificuldades do estudo do leito receptor através da arteriografia pré-operatória (49-51).

Em 1974, Bernhard et al, também fazendo uso do fluxômetro intra-operatório, estudaram a correlação entre as medidas de fluxo e a perviedade em enxertos distais de membros inferiores isquêmicos. Constataram que os enxertos obstruídos estavam relacionados a medidas de fluxo inferiores ao fluxo médio, que os pervios relacionavam-se a fluxos superiores e que a arteriografia pré-operatória não era eficaz para estabelecer o prognóstico desses enxertos(52).

Em 1981, Dardik et al estudaram a importância da perviedade das artérias que compõem o arco pedioso. Demonstraram que o método mais adequado para esse estudo era a arteriografia intra-operatória. Pela primeira vez, observou-se que o grau de resistência oferecido ao fluxo poderia ser verificado empiricamente com a injeção manual de fluido e

que esse grau de resistência estaria relacionado com a integridade do arco e o desenvolvimento de circulação colateral. A perviedade precoce do enxerto foi obtida em 18 de 24 pacientes com arco intacto e em 15 de 32 pacientes com arco deficiente ($p<0,06$). Concluíram que, na ausência de um arco pedioso intacto e com uma alta resistência ao fluxo arterial, medidas terapêuticas alternativas deveriam ser preconizadas, como simpatectomia lombar, observação clínica, amputação primária e realização de fístula artério-venosa distal(53).

Naquela época, a cirurgia de revascularização distal tornava-se parte da rotina operatória do cirurgião vascular; porém, os resultados, muitas vezes, não eram satisfatórios. Os estudos prévios de fluxometria demonstravam claramente a importância do estudo hemodinâmico para o estabelecimento do prognóstico do enxerto. Esses dados possivelmente poderiam fornecer parâmetros que, junto com a análise anatômica fornecida pela arteriografia, seriam capazes de auxiliar o cirurgião a escolher a melhor conduta terapêutica a ser estabelecida e a avaliar comparativamente as técnicas cirúrgicas utilizadas. Entretanto, o estudo fluxométrico apresentava falhas na presença de artérias de calibre reduzido, de calcificação ou de espessamento da parede arterial. Além disso, sua complexidade técnica, a necessidade de calibrações constantes do aparelho e a possibilidade de realização do estudo hemodinâmico apenas no período intra-operatório limitavam a aplicabilidade clínica do método.

Em 1984, Ascer et al publicaram estudos em que, ao considerar as limitações da avaliação arteriográfica e clínica pré-operatória(13;54;55) e os resultados inconsistentes dos estudos de fluxometria publicados até então(11;48;56), propuseram um método intra-operatório

direto de medida de resistência ao fluxo do leito distal. Para isso, após a realização da anastomose distal, infundiram um fluxo constante de 20 a 50 ml de soro fisiológico no interior do corpo do enxerto. Durante essa infusão, a pressão gerada era medida e aplicada à lei de Ohm ($P=R \times F$; P =pressão em mmHg; R =resistência em mmHg/ml/min; F =fluxo em ml/min), sendo o resultado posteriormente analisado por computador para a obtenção da resistência. Esses autores demonstraram haver uma correlação entre a R e a perviedade precoce do enxerto(22).

Em 1985, Bandyk et al., observando que a oclusão ocorria em 20 a 40% dos enxertos sem sinais clínicos prévios, publicaram um estudo clássico em que verificaram que a diminuição da velocidade do fluxo no enxerto fêmoro-poplíteo e fêmoro-tibial prévio, acompanhado por Ecografia-Doppler, relacionava-se à obstrução do enxerto. As técnicas de análise hemodinâmica do fluxo e anatômica do membro inferior revascularizado foram detalhadamente descritas. Os valores de pico de velocidade sistólica inferiores a 40 cm/s estariam relacionados a lesões intrínsecas no trajeto ou a anastomoses do enxerto e à progressão da doença aterosclerótica, o que poderia provocar aumento da resistência ao fluxo sanguíneo. A configuração da onda de velocidade de fluxo estaria relacionada ao diâmetro e à complacência do vaso, assim como à resistência do leito receptor do enxerto. Constatou-se pela primeira vez que, através do estudo das características da onda de velocidade de fluxo, a resistência funcional do enxerto poderia ser estudada(28).

Em 1986, Stirnemann et al. publicaram um estudo em que propuseram uma simplificação do método de medida direta intra-operatória, introduzindo uma cânula na artéria receptora do enxerto e medindo a vazão e pressão por meio da infusão de soro fisiológico sob pressão

constante. Observaram haver uma correlação entre fluxo sanguíneo e perviedade do enxerto. Os autores alertaram que, em estudos anteriores, o fluxo era medido no próprio enxerto, portanto, depois que estes eram realizados. Nesse estudo, essas medidas foram realizadas previamente. Isso permitiria que, em caso de alta resistência do leito arterial, a cirurgia fosse interrompida logo nessa fase, evitando, assim, os efeitos da agressão cirúrgica, a piora da circulação colateral e o possível aumento do nível de amputação(23).

Em 1987, Ascer et al publicaram dois estudos em que estabeleceram a importância da resistência do leito receptor na perviedade tardia(30) e no salvamento do membro isquêmico(57). Em ambos os estudos, os autores observaram que essas medidas tornavam-se mais importantes na cirurgia de revascularização distal, uma vez que o grau de resistência no segmento fêmoro-poplíteo dificilmente atingia um nível capaz de provocar a obstrução do enxerto.

Paralelamente a esses estudos que demonstraram a importância da resistência do leito arterial receptor do enxerto, a arteriografia pré-operatória, mesmo após a publicação da complexa classificação arteriográfica (Tabela 2) proposta pela “Society for Vascular Surgery” e pela “International Society for Cardiovascular Surgery” (32), continuava apresentando falhas na definição do prognóstico do enxerto(58).

Tabela 2: Classificação da arteriografia pré-operatória na cirurgia de revascularização de membros inferiores proposta pela “Society for Vascular Surgery” e pela “International Society for Cardiovascular Surgery” (32).

SEGMENTO ARTERIAL	PONTUAÇÃO:
A. Poplítea, tibial anterior e posterior e fibular	
Normal, mínima evidência de obstrução	0
20 a 49% de estenose	1
50 a 99% de estenose	2
Oclusão por menos de 50% da extensão	2,5
Oclusão na maior parte da extensão	3
Arco Pedioso	
Arco pérvio em toda a extensão	0
Arco parcialmente ocluído	1,5
Arco mínimo ou ausente	3

Além da classificação acima, a pontuação final era definida pelo pesquisador com base em uma nova tabela de fatores multiplicadores após a definição do sítio da anastomose, levando-se em consideração cada artéria que compunha o leito receptor do enxerto (Tabela 3).

Tabela 3: Pontuação final da classificação arteriográfica proposta pela “SVS/ISCVS”(32).

ANASTOMOSE	SEGMENTO	PESO	SUB-	PONTUAÇÃO
DISTAL	ARTERIAL		PONTUAÇÃO	FINAL
Supra-patelar	Poplítea	X 3		+1=
Supra-patelar	Tibial Anterior	X 1	+ soma	+1=
(individuais)	Tibial Posterior	X 1		
	Fíbular	X 1		
Infra-Patelar	Tibial Anterior	X 1	+ soma	+1=
	Tibial Posterior	X 1		
	Fíbular	X 1		
Tibial Posterior	Tibial Posterior	X 2	+ soma	+1=
	Arco Pedioso	X 1		
Tibial Anterior	Tibial Anterior	X 2	+ soma	+1=
	Arco Pedioso	X 1		
Fibular	Arco Pedioso	X 2	+ soma	+1=
	Ramos Fibulares	X 1		
Arco Pedioso	Arco Pedioso	X 3		+1=

Em 1988, Beard et al descreveram um novo método de estudo pré-operatório e não-invasivo do leito distal dos pacientes portadores de isquemia crítica de membros inferiores. Nesse método, compressões intermitentes produzidas por insuflações rítmicas de manguito

de pressão posicionado em posição infrapatelar provocavam ondas de pulso sanguíneo que podiam ser analisadas com um aparelho de Doppler portátil posicionado nas artérias distais(59).

O mesmo grupo de pesquisadores publicou estudos nos quais abordou a aplicabilidade clínica do método (33;60). No primeiro, esses pesquisadores compararam o novo método e a classificação arteriográfica às medidas de resistência do leito distal obtidas no período intra-operatório. O método de Doppler pulsado foi o que obteve maior correlação com as medidas intra-operatórias de resistência arterial, especialmente nas artérias distais ($p<0,001$). No segundo estudo, os autores avaliaram o potencial do Doppler pulsado na identificação pré-operatória da resistência periférica. Para isso, após estudarem cada uma das artérias distais e o arco pedioso, analisaram a contribuição de cada uma delas para o índice de resistência total por meio da regressão linear. Constatou-se que o arco pedioso é o segmento mais importante na determinação da resistência final ao fluxo arterial.

Em 1992, Davies et al demonstraram o valor do método na seleção de pacientes portadores de claudicação intermitente para a angioplastia transluminal. Observaram que o método, além de ser menos invasivo e mais barato, possuía maior sensibilidade na identificação do leito arterial distal na região a ser tratada(61).

Thompson et al (34), O'Brien et al (35) e Currie et al(62) mostraram a aplicabilidade e a superioridade do método em comparação com a arteriografia pré-operatória.

Na mesma década, iniciavam-se estudos que utilizavam a Ecografia-Doppler para a análise hemodinâmica do leito distal. Okadome et al, em 1990, estudaram a perviedade de

enxertos levando em consideração os padrões de onda de pulso aferidos no período intra-operatório com fluxômetro posicionado a jusante da anastomose distal. Verificaram que o prognóstico de perviedade do enxerto relacionava-se à análise da onda de pulso e que os padrões indicativos de alta resistência deveriam motivar um acompanhamento clínico estrito(63).

Considerando os resultados de estudos anteriores realizados que analisavam a onda de pulso arterial com a Ecografia-Doppler, Bagi et al, em 1990, publicaram um trabalho em que compararam esse método ao índice pressórico braço-perna e à arteriografia pré-operatória. Notaram que o Doppler ultrassom poderia, com a análise da onda de pulso, prever o significado hemodinâmico da obstrução arterial proximal à região estudada, principalmente na cirurgia de revascularização distal(24).

Naquela época, havia-se estabelecido que a resistência do leito arterial receptor do enxerto possuía importância no prognóstico de perviedade precoce e tardia do enxerto e que a medição direta e intra-operatória seria o método mais preciso para avaliar essa resistência. Esse método passou a ser o parâmetro de comparação para as demais técnicas menos invasivas. Entretanto, as medidas intra-operatórias eram realizadas através de métodos trabalhosos e complicados (64;65), que dificultavam sua aplicabilidade clínica.

Em nosso meio, Oliveira e Puech-Leão, em 1998, baseados em estudos prévios conduzidos por Puech-Leão sobre a cavernosometria pela gravidade(66), anunciaram um método simples e de fácil execução que se revelou capaz de prever a falência do enxerto na presença de resistência elevada no leito receptor(67). Apesar da simplicidade e facilidade

oferecidas por esse método, essas medições não podiam ser realizadas no pré-operatório, quando permitiriam uma idéia do prognóstico e a escolha da melhor estratégia terapêutica ainda nesse período.

Em uma pesquisa realizada em 1995 durante o congresso vascular da Comunidade Européia, 40% dos cirurgiões entrevistados indicariam amputação primária caso a arteriografia pré-operatória demonstrasse apenas uma artéria distal, e 15% fariam a amputação, mesmo se houvesse continuidade dessa artéria com o arco pedioso(68). Esses dados revelam a importância da capacidade do método pré-operatório na definição do prognóstico do enxerto (27;69;70).

Nas últimas décadas, a Ecografia-Doppler vem demonstrando índices aceitáveis de correlação com a arteriografia, considerada método padrão-ouro de avaliação pré-operatória nesse grupo de pacientes. Além do mapeamento anatômico arterial, essa técnica pode fornecer valores hemodinâmicos de velocidade e volume de fluxo. Essas medidas podem indicar o trajeto preferencial desse fluxo em um dado leito arterial e, possivelmente, influenciar na escolha do leito arterial a ser submetido à revascularização (37;71-85).

Satomura foi o primeiro a verificar que ondas de ultra-som poderiam ser transmitidas através da pele intacta para obter informações sobre a velocidade do fluxo utilizando o efeito Doppler(86). Rushmer e Strandness foram os primeiros a utilizar clinicamente o Doppler de onda contínua(87;88). Essa análise permitia que as frequências detectadas pelo Doppler fossem reconhecidas como normais ou anormais, o que não era suficiente para proporcionar a discriminação e o acompanhamento evolutivo de longa duração(89;90).

O desenvolvimento do dispositivo de ultra-som em tempo real viabilizou o estudo anatômico das características da parede e das estruturas adjacentes ao sistema vascular. Entretanto, a calcificação da parede arterial e a eco-refringência semelhante entre o sangue e o trombo limitavam a utilização clínica do método(91). A solução mais eficaz para o problema parecia ser a associação entre a imagem do modo B (bidimensional) e o sistema de Doppler usado para detectar o fluxo e avaliar a perviedade. Esse sistema foi denominado ultra-som dúplex e foi primeiramente descrito por Barber et al em 1974(92). Com o desenvolvimento dos equipamentos e da técnica, foi possível atingir um melhor entendimento e uma definição mais clara do padrão de fluxo dos diferentes territórios que compõem o sistema vascular periférico(93-95). No entanto, devido à tortuosidade e à alternância de profundidade que ocorrem em alguns vasos, o ultra-som dúplex era muitas vezes incapaz de fornecer um detalhamento anatômico e fluxométrico, principalmente em vasos profundos. Em uma tentativa de vencer essa limitação, Curry e White desenvolveram um sistema Doppler de onda contínua em que velocidades de fluxo diferentes eram representadas em cores alternadas(96). Mais tarde, o aperfeiçoamento do método permitiu que, além da codificação de cores das alterações da magnitude e da direção de velocidade, fosse possível gravar a frequência absoluta do eco recebido ou da velocidade ajustada ao ângulo, usando a técnica da amostragem simples(97-99).

Com o avanço tecnológico obtido, o emprego da Ecografia-Doppler nos diversos territórios vasculares tornou-se viável. Após a verificação da aplicabilidade dessa técnica a doenças vasculares cerebrais extra-cranianas(100;101), iniciaram-se estudos nas artérias dos membros inferiores(73;74;102;103). Estudos comparativo com a arteriografia pré-

operatória revelaram a potencialidade do método no território aorto-ilíaco, fêmoro-poplíteo(71;72;104) e fêmoro-distal (37;75-79;105;105;106). Os resultados favoráveis alcançados nesses estudos estimularam a realização da revascularização de membros inferiores baseada apenas no método(80-85).

Além do estudo anatômico, a análise hemodinâmica pré-operatória do leito arterial feita por ultra-sonografia com base nas medidas de velocidade, volume e características das ondas de pulso sangüíneo abre novos horizontes para o estudo pré-operatório dos pacientes portadores de isquemia crítica. Além do sítio de anastomose proximal e distal do enxerto, pode potencialmente definir uma idéia do prognóstico do enxerto, auxiliar na escolha da melhor artéria para receber o enxerto e promover a revascularização do membro.

OBJETIVO:

O objetivo deste estudo é analisar o valor da Ecografia-Doppler na cirurgia de revascularização de membros inferiores como método pré-operatório na escolha da artéria e do leito arterial a ser submetido a revascularização e no estabelecimento de valores hemodinâmicos do fluxo arterial para o prognóstico de perviedade do enxerto. Para isso, observa-se o potencial de correlação entre as medidas de velocidade e volume do fluxo obtidas através do método no pré-operatório nas artérias distais à oclusão, com a classificação arteriográfica do leito distal feita no período pré-operatório, e as medidas diretas de vazão, pressão e resistência, conhecidas no período intra-operatório e reconhecidamente relacionadas com o prognóstico do enxerto.

CASUÍSTICA E MÉTODO:

CASUÍSTICA:

Este estudo prospectivo foi realizado no Setor de Cirurgia Vascular do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia no período de julho de 1999 a julho de 2003, com aprovação do protocolo de estudo pelo comitê de ética em pesquisa do hospital.

Todos os pacientes selecionados apresentavam, como critério de inclusão, doença arterial obstrutiva crônica de membros inferiores, com grau avançado de isquemia (lesão trófica ou dor isquêmica em repouso) (107;108), e de origem aterosclerótica infra-inguinal. Nenhum paciente apresentava contra-indicação clínica para a cirurgia de revascularização de membros inferiores.

Aos pacientes selecionados, a fisiopatologia da doença, os métodos e os objetivos da realização do estudo foram explicados detalhadamente e deles se obteve uma autorização por escrito para participação no estudo por meio de uma ficha de consentimento informado. A impossibilidade de obtenção dessa ficha do paciente ou responsável foi considerada um critério de exclusão de nosso estudo.

No período pré-operatório, os pacientes foram submetidos a Ecografia-Doppler e Arteriografia Digital do membro inferior isquêmico.

Pacientes com os quais houve falha técnica (análise anatômica e/ou hemodinâmica) ou a impossibilidade de realização da Ecografia-Doppler pré-operatória foram excluídos do estudo.

A ausência de realização da arteriografia pré-operatória não foi considerada critério de exclusão para a participação em nosso estudo.

Todos os pacientes participantes apresentavam fluxo sanguíneo arterial normal no sítio da anastomose proximal do enxerto, sem obstruções proximais significativas, e o substituto arterial utilizado para o enxerto nesses pacientes foi considerado satisfatório.

MÉTODO:

Os pacientes foram submetidos a anamnese clínica, exame físico geral e vascular, Ecografia-Doppler, Arteriografia Digital e Medidas diretas de fluxo no intra-operatório. Esses dados foram arquivados no programa SPSS for Windows (versão 10.0) para análise estatística.

a. ECOGRAFIA-DOPPLER:

Todos os exames Ecografia-Doppler foram realizados no Serviço de Ultra-sonografia Vascular da Seção de Ecocardiografia do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia. A técnica de ultra-sonografia bidimensional foi utilizada em associação com o estudo Doppler pulsado e o mapeamento de fluxo em cores com aparelho HDI 5000 (Advanced Technology Laboratories, Bothel, Washington, USA). Para isso, transdutores lineares de 4 a 7 Mhz foram usados. As seguintes artérias foram avaliadas: femoral comum, femoral superficial, femoral profunda, poplítea, tronco tíbio-fibular, tibial anterior, tibial posterior e fibular do membro a ser submetido à cirurgia. Além disso, as características da parede e das placas de aterosclerose foram observadas através do exame bidimensional com o objetivo de se determinar anatomicamente o melhor sítio arterial para o recebimento do enxerto. Com base no mapeamento do fluxo arterial em cores, verificou-se a presença do fluxo nos segmentos avaliados e pontos de turbulência correspondentes a possíveis zonas de estreitamento ou à oclusão da luz arterial. O Doppler pulsado foi empregado para determinar as características da onda de fluxo sanguíneo, a quantificação do grau de estenose e o cálculo da velocidade e o volume do fluxo. Na dependência da existência de

fluxo nos diversos segmentos arteriais, a VELOCIDADE (cm/s) e o VOLUME (ml/min) do fluxo foram medidos nas seguintes artérias: poplítea suprapatelar, poplítea infrapatelar, tibial anterior, tibial posterior e fibular, no local considerado favorável à realização da anastomose distal do enxerto pela observação das características anatômicas do leito arterial.

Para o cálculo do VOLUME, o maior diâmetro interno da artéria (média de três mensurações realizadas no mesmo local) era medido em corte transversal (modo-B), e o espectro do Doppler pulsado era obtido em corte longitudinal no mesmo local em que se mediu o diâmetro. O ângulo do Doppler era corrigido, alinhado ao fluxo sanguíneo até 60° (considerando-se o eixo longitudinal do vaso estudado), e a velocidade integral da curva de velocidades do Doppler da amostra, calculada (VELOCIDADE). Dessa forma, o aparelho calculava automaticamente o volume (VOLUME) de acordo com a seguinte fórmula(109;110)(Figura 1):

Figura 1: Cálculo do VOLUME de fluxo sanguíneo arterial (ml/min) através da Ecografia-Doppler pré-operatória.

$$\text{VOLUME (ml/min)} = \text{Área (pr}^2\text{)} \times \text{VELOCIDADE (cm/s)} \times 60$$

b. ARTERIOGRAFIA PRÉ-OPERATÓRIA:

Os pacientes foram submetidos à Arteriografia Digital pré-operatória no Setor de Hemodinâmica do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia e classificados quanto ao leito de escoamento pelos critérios abaixo descritos (Tabela 4).

Tabela 4: Classificação arteriográfica pré-operatória do leito de escoamento do enxerto.

ÍNDICE*	0	1	2
Local da Anastomose Distal	Artérias da perna	Artéria poplítea infra-genicular	Artéria poplítea supra-genicular
Artéria Tibial Anterior	Oclusão	Estenose > 50%; Ateromatose difusa	Pérvia
Artéria Tibial Posterior	Oclusão	Estenose > 50%; Ateromatose difusa	Pérvia
Artéria Fibular	Oclusão	Estenose > 50%; Ateromatose difusa	Pérvia
Arco Pedioso	Ausente	Incompleto	Pérvio

- Índice (máximo / mínimo).
- Artéria poplítea supra-genicular: 10 máximo / 2 mínimo
 - (2-seguimento isolado de poplítea;10-todas as artérias pérvias).
- Artéria poplítea infra-genicular: 9 máximo / 1 mínimo
- Artérias da perna: 4 máximo / 1 mínimo

Os resultados dos exames acima foram analisados previamente e a cirurgia foi realizada de acordo com os seguintes critérios hierárquicos:

1. Qualidade da parede da artéria receptora do enxerto.
2. Volume de fluxo sanguíneo arterial na artéria receptora do enxerto.
3. Características anatômicas do leito arterial de escoamento.
4. Proximidade da lesão isquêmica.
5. Presença e qualidade do substituto arterial.

c. MEDIDAS DIRETAS DE FLUXO INTRA-OPERATÓRIAS:

Após a dissecação cirúrgica da artéria escolhida para a revascularização e heparinização sistêmica, procedia-se à introdução de uma sonda de polivinil em sua luz distal, lavando-se o leito de escoamento da artéria receptora do enxerto com soro fisiológico com o auxílio de uma seringa de 20 ml.

O sistema de medição era constituído pelos seguintes componentes: régua com 150 cm, suporte para soro e régua, bolsa de solução fisiológica de 500 ml (Baxter Lab. S/A), equipo para medida de pressão venosa central – PVC (Prevenofix – Laboratório B.Braun S.A.) , sondas uretrais de número 6 (diâmetro interno = 1,0 mm , diâmetro externo = 2,2 mm, extensão = 25 cm) e 8 (diâmetro interno = 1,5 mm , diâmetro externo = 2,7 mm, extensão = 25 cm) , coletor (cálice) graduado em mililitros e cronômetro (Figura 2).

Figuras 2: Componentes do sistema de medida de resistência intra-operatória do leito arterial receptor do enxerto.

Reunidos previamente os componentes relacionados, o sistema era montado no transcorrer do ato operatório e a vazão do leito distal (VAZÃO) e a pressão da artéria receptora (PRESSÃO) do enxerto eram medidas:

a) Fixação da régua no suporte para o soro, colocando-se a marca zero da régua no nível da artéria cateterizada.

b) Durante a operação, antes da confecção da anastomose distal e depois da realização da arteriotomia longitudinal no local escolhido para a anastomose, a sonda uretral era introduzida no lúmen arterial. Utilizava-se a sonda nº 8 quando se realizava a arteriotomia na artéria poplítea, e empregava-se a sonda nº 6 quando a técnica conduzia-se em artérias da perna (Figura 3).

Figura 3: Introdução da sonda de polivinil no lúmen distal da artéria receptora do enxerto.

c) Depois da cateterização da artéria com a sonda apropriada, o sistema era lavado com soro acrescentado de heparina a 1% para evitar a formação de coágulo em seu lúmen.

d) Prosseguia-se com a montagem do sistema de medição da seguinte maneira: a bolsa de soro fisiológico era fixada a 120 cm de altura em relação à artéria cateterizada. Junto à régua, conectava-se o equipo de pressão venosa central (com fechamento proximal do ramo curto). Na sequência, conectava-se o ramo longo à sonda instalada na artéria receptora previamente descrita. O gotejamento era então aberto pelo sistema conectado à sonda instalada na artéria receptora com o direcionamento caudal. Após 1 minuto de gotejamento, a bolsa de soro fisiológico era retirada e, com o auxílio do cálice graduado, o volume restante era medido. A vazão do leito distal era, então, obtida pelo cálculo da diferença do volume que restou na bolsa menos o volume inicial conhecido da bolsa após o gotejamento ($VAZÃO = \text{Volume inicial (bolsa de soro)} - \text{Volume final (cálice graduado)}$) (Figura 4).

Figura 4: Infusão de soro fisiológico na artéria receptora do enxerto para determinação da VAZÃO do leito distal em 1 minuto sob pressão constante (120 cm/SF).

e) Estando o equipo de pressão venosa central já repleto com solução fisiológica alinhada junto à régua na altura de 120 cm, procedia-se à abertura do equipo e observava-se, durante aproximadamente 1 minuto, a coluna de soro fisiológico, reduzida gradativamente em altura até estacionar no ponto de equilíbrio com a pressão da artéria cateterizada. O valor obtido era anotado como pressão da artéria receptora (PRESSÃO) em cm de soro fisiológico (Figura 5).

Figura 5: Pressão do leito arterial receptor do enxerto por coluna de SF (PRESSÃO).

f) Concluídas as medições, o equipo de pressão venosa central era separado, e a sonda da artéria receptora, retirada. Na continuidade do ato operatório, realizava-se a anastomose distal e prosseguia-se até o término do enxerto como previsto para o caso. Após a conclusão

do enxerto, conduzia-se uma arteriografia de controle intra-operatório no intuito de identificar possíveis imperfeições técnicas.

Considerando-se que as variáveis PRESSÃO e VAZÃO tendem a interferir de maneira inversa no funcionamento do enxerto, o índice PRESSÃO/VAZÃO também foi observado. Esse valor foi considerado como índice de resistência ($RESISTÊNCIA = PRESSÃO / VAZÃO$).

Para a análise do potencial da Ecografia-Doppler pré-operatória em estabelecer critérios hemodinâmicos prognósticos de perviedade do enxerto na revascularização de membros inferiores, foram realizados estudos do grau de correlação das medidas de VELOCIDADE e VOLUME de fluxo nas artérias receptoras do enxerto com o ÍNDICE ARTERIOGRÁFICO do leito de escoamento do enxerto, obtido através da Arteriografia Digital pré-operatória, e com medidas diretas de vazão (VAZÃO), pressão (PRESSÃO) e resistência (RESISTÊNCIA), tomadas no intra-operatório.

Para se verificar o grau de correlação dessas medidas, foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson(111). Foi também realizada uma comparação de médias através do teste t-Student para as variáveis VOLUME, ÍNDICE ARTERIOGRÁFICO, VAZÃO e PRESSÃO quanto à existência ou não de obstrução do enxerto no primeiro e sexto mês pós-operatório(111). Em relação à variável RESISTÊNCIA, para a qual foi constatada a não existência de normalidade, aplicou-se o teste não paramétrico de Mann-Whitney(112)

RESULTADO:**a. CAPACIDADE DA ECOGRAFIA-DOPPLER EM DEFINIR AS ANASTOMOSES DO ENXERTO:**

No período de julho de 1999 a julho de 2003, 73 pacientes portadores de isquemia crítica dos membros inferiores foram selecionados para participar do estudo.

Cinco pacientes (6,8%) foram excluídos do estudo, ainda no período pré-operatório, em virtude da falha da Ecografia-Doppler em identificar a presença da artéria fibular em 2 casos, de impossibilidade técnica por presença de edema e infecção no trajeto da artéria em 2 casos e de calcificação severa do leito arterial distal em 1 caso.

Oito pacientes (10,9%) foram submetidos à cirurgia com base apenas na Ecografia-Doppler pré-operatória. Em 3 pacientes, a Arteriografia Digital pré-operatória não pôde identificar o leito distal a obstrução, apesar da presença do leito arterial passível de recepção de enxerto a Ecografia-Doppler. Em 5 pacientes a Arteriografia Digital foi contra-indicada por insuficiência renal grave (creatinina > 2,0 mg/dl).

Assim, em 68 (93,2%) pacientes o exame Ecografia-Doppler pré-operatório foi considerado tecnicamente satisfatório e definiu anatômica e hemodinamicamente a artéria receptora do enxerto.

b. DADOS DEMOGRÁFICOS DA AMOSTRA:

A idade média dos pacientes operados foi de 69,3 anos (mínimo: 42 anos; máximo: 82 anos). Quarenta e quatro pacientes eram do sexo masculino e 24, do feminino.

Cinquenta e sete (83,3%) pacientes apresentavam lesão trófica associada à infecção em 14 (20,6%) dos casos, e 54(79,4%) queixaram-se de dor de repouso no membro inferior operado. Os fatores de risco e as doenças associadas encontradas são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Fatores de risco e doenças associadas encontradas nos 68 casos operados.

FATOR DE RISCO	Nº DE CASOS	%
HIPERTENSÃO ARTERIAL	57	83,3
HISTÓRIA DE TABAGISMO	47	69,1
DIABETES MELLITUS	36	52,9
INSUFICIÊNCIA CORONÁRIA	30	44,1
DISLIPIDEMIA	18	26,5
INFARTO AGUDO DO MIOCÁRDIO	12	17,6
REVASCULARIZAÇÃO DO MIOCÁRDIO	12	17,6
INSUFICIÊNCIA RENAL CRÔNICA	11	16,2
INSUFICIÊNCIA CARDÍACA	4	5,9
DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA	4	5,9

Notamos que os fatores de risco e as doenças associadas são as mesmas freqüentemente presentes nos pacientes portadores de isquemia crítica de membros inferiores.

c. CARACTERÍSTICA HEMODINÂMICA DO LEITO ARTERIAL RECEPTOR DO ENXERTO PELA ECOGRAFIA-DOPPLER PRÉ-OPERATÓRIA:

No exame Ecografia-Doppler pré-operatório, as artérias selecionadas para a recepção do enxerto apresentavam as seguintes características de diâmetro interno (DIÂMETRO) (tabela 6), VELOCIDADE (Tabela 7) e VOLUME (Tabela 8).

Tabela 6: Diâmetro interno arterial em cm no sítio da anastomose distal a Ecografia-Doppler pré-operatória.

Leito Distal	N	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
A. Poplítea Supra-genicual	20	0,38	0,37	0,08	0,22	0,50
A. Poplítea Infra- genicular	9	0,38	0,39	0,08	0,25	0,50
Tronco tíbio- fíbular	1	0,37	0,37	0,05	0,33	0,40
A. Tibial anterior	14	0,24	0,24	0,05	0,12	0,30
A. Tibial posterior	8	0,28	0,30	0,08	0,16	0,40
A. Fibular	16	0,27	0,23	0,08	0,16	0,40

Nessa tabela, percebe-se que as artrias proximais revascularizadas demonstraram possuir maiores dimetros internos.

Tabela 7: VELOCIDADE de fluxo sanguíneo em cm/s no sítio da anastomose distal com Ecografia-Doppler pré-operatória.

Leito Distal	N	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
A. Poplítea Supra-genicual	20	34,52	31,20	14,11	19,00	70,00
A. Poplítea Infra- genicular	9	43,24	43,50	28,32	11,00	110,00
Tronco tíbio- fíbular	1	30,50	30,50	9,47	23,80	37,20
A. Tibial anterior	14	30,32	30,60	13,69	4,00	56,00
A. Tibial posterior	8	34,96	25,00	22,70	16,70	76,00
A. Fibular	16	26,80	25,00	7,71	11,70	40,30

Nessa tabela, nota-se que não houve diferenças consideráveis nas médias de velocidades de fluxo sanguíneo verificadas nos diversos segmentos arteriais revascularizados.

Tabela 8: VOLUME de fluxo sanguíneo em ml/min no sítio da anastomose distal com a Ecografia-Doppler pré-operatória.

Leito Distal	N	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
A. Poplítea	20	46,47	43,80	27,93	10,80	123,00
Supra-genicular						
A. Poplítea Infra- genicular	9	45,18	40,50	24,61	20,00	97,60
Tronco tíbio- fíbular	1	49,73	49,73	27,57	30,42	69,23
A. Tibial anterior	14	28,35	24,60	17,66	2,00	60,00
A. Tibial posterior	8	26,75	32,00	13,26	10,00	45,00
A. Fibular	16	25,31	21,60	12,41	9,00	47,00

Verificamos que os maiores VOLUMES foram obtidos nos segmentos proximais.

d. CLASSIFICAÇÃO ARTERIOGRÁFICA DO LEITO RECEPTOR DO ENXERTO:

Observando-se as características radiológicas das artérias abaixo no sítio escolhido para a realização das anastomoses distais determinadas pela Arteriografia Digital pré-operatória, o ÍNDICE ARTERIOGRÁFICO calculado nos diversos casos operados é descrito na Tabela 9.

Tabela 9: ÍNDICE ARTEIOGRÁFICO no leito receptor do enxerto com Arteriografia Digital pré-operatória.

Leito Distal	N	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
A. Poplítea Supra- genicular *	19	6,21	6,00	0,30	2,00	9,00
A. Poplítea Infra- genicular *	9	5,80	6,00	0,25	5,00	7,00
Tronco tíbio-fibular *	1	4,50	4,50	0,50	4,00	5,00
A. Tibial anterior **	10	2,40	2,50	0,34	0,00	4,00
A. Tibial posterior**	8	3,00	3,00	0,31	2,00	4,00
A. Fibular**	13	3,00	3,00	0,28	1,00	4,00

* Artéria poplítea supra-genicular: 2 mínimo / 10 máximo

* (2-seguimento isolado de poplítea; 10-todas as artérias pervias)

* Artéria poplítea infra-genicular / Tronco tíbio-fibular: 1 mínimo / 9 máximo

** Artérias da perna: 1 mínimo. /4 máximo

e. MEDIDAS INTRA-OPERATÓRIAS DE RESISTÊNCIA DO LEITO ARTERIAL RECEPTOR DO ENXERTO:

Após a análise dos exames pré-operatórios descritos acima, determinava-se a melhor estratégia cirúrgica a ser realizada.

A anastomose distal do enxerto arterial foi realizada na artéria poplítea supra-genicular em 20(29,4%) casos, na infra-genicular, em 9(13,2%) casos, na artéria tibial anterior, em 14(20,6%), na artéria fibular, em 16(23,5%) casos, na artéria tibial posterior, em 8(11,8%) casos, e no tronco tíbio-fibular, em 1 (1,5%) caso (Tabela 10).

Tabela 10: Sítio de anastomose distal em 68 cirurgias de revascularização arterial.

Anastomose Distal	N	%
A. Poplítea Supra-genicular	20	29,4
A. Poplítea Infra-genicular	9	13,2
Tronco tíbio-fibular	1	1,5
A. Tibial anterior	14	20,6
A. Tibial posterior	8	11,8
A. Fibular	16	23,5
Total	68	100

Verificamos que a revascularização distal foi a realizada com mais frequência.

O substituto arterial usado foi o enxerto venoso reverso em 42(61,8%) casos, “in-situ” em 6(8,8%) casos, translocado em 1(1,5%) caso, sendo a prótese empregada em 19(27,9%) casos.

No período intra-operatório, após a dissecação cirúrgica da artéria escolhida como receptora do enxerto, essa artéria era submetida a cateterização pelo método direto descrito acima, sendo os valores de VAZÃO (Tabela 11), PRESSÃO (Tabela 12) e RESISTÊNCIA (Tabela 13) apresentados abaixo.

Tabela 11: VAZÃO em ml/min de soro fisiológico no leito arterial receptor do enxerto.

Leito Distal	N	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
A. Poplítea Supra-genicual	20	90,68	84,00	19,42	64,00	130,00
A. Poplítea Infra- genicular	9	98,50	93,50	27,25	50,00	140,00
Tronco tíbio- fíbular	1	54,00	54,00	15,56	43,00	65,00
A. Tibial anterior	14	48,50	48,00	19,71	10,00	78,00
A. Tibial posterior	8	51,00	52,50	16,45	16,00	67,00
A. Fibular	16	47,53	48,00	20,61	18,00	80,00

Nessa tabela, notam-se maiores volumes de vazão nos segmentos arteriais proximais submetidos a revascularização.

Tabela 12: PRESSÃO em cm/soro fisiológico do leito arterial receptor do enxerto.

Leito Distal	N	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
A. Poplítea Supra-genicual	19	29,84	29,00	15,56	12,00	72,00
A. Poplítea Infra- genicular	9	42,17	41,00	18,33	15,00	70,00
Tronco tíbio- fíbular	1	50,00	50,00	33,94	26,00	74,00
A. Tibial anterior	14	39,07	37,00	10,18	24,00	54,00
A. Tibial posterior	8	39,25	34,50	18,77	27,00	85,00
A. Fibular	16	43,06	36,00	16,31	13,00	76,00

Observamos que maiores pressões foram obtidas nos leitos arteriais distais revascularizados.

Tabela 13: RESISTÊNCIA no sítio da anastomose distal.

Leito Distal	N	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
A. Poplítea Supra-genicual	19	0,35	0,29	0,24	0,12	1,03
A. Poplítea Infra- genicular	9	0,50	0,41	0,37	0,19	1,40
Tronco tíbio- fíbular	1	1,06	1,06	0,93	0,40	1,72
A. Tibial anterior	14	1,18	0,65	1,32	0,42	5,40
A. Tibial posterior	8	0,91	0,59	0,65	0,47	2,19
A. Fibular	16	1,21	0,95	0,96	0,26	3,33

Nessa tabela, verificamos que a variável RESISTÊNCIA, bem como a variável PRESSÃO, atingiu maiores valores na revascularização do leito arterial distal.

f. MÉDIAS ARITMÉTICAS DAS VARIÁVEIS HEMODINÂMICAS PRÉ E INTRA-OPERATÓRIOS, ÍNDICE ARTERIOGRÁFICO E PERVIDADE POR SÍTIO DE ANASTOMOSE DISTAL:

O resumo dos valores das médias aritméticas de VELOCIDADE, VOLUME, DIÂMETRO, VAZÃO, PRESSÃO, RESISTÊNCIA, CLASSIFICAÇÃO ARTERIOGRÁFICA, e

porcentagem de perviedade com 1 e 6 meses de pós-operatório, por local de anastomose distal, é apresentado na Tabela 14.

Tabela 14: Valores médios hemodinâmicos pré e intra-operatórios, classificação arteriográfica e perviedade primária por local de anastomose distal.

	A. poplítea supra- genicular N=20/29,4%	A. poplítea infra-genicular e tronco tíbio- fibular N=10/14,7%	A. tibial anterior N=14/20,%	A. tibial posterior N=8/11,8%	A. fibular N=16/2,5%
VELOCIDADE (cm/s)	34,52	38,92	30,32	43,30	26,60
VOLUME (ml/min)	46,47	48,35	28,34	26,00	25,62
DIÂMETRO INTERNO (cm)	0,37	0,38	0,24	0,28	0,27
VAZÃO (ml/min)	90,70	95,62	48,50	54,20	47,20
PRESSÃO (ml/SF)	29,84	41,43	39,10	40,20	45,00
RESISTÊNCIA	0,35	0,49	1,18	0,88	1,20
CLASSIFICAÇÃO ARTERIOGRÁFICA	6,21	5,75	2,40	3,00	3,10
PERVIEDADE EM 1M	100%	100%	72,70%	87,50%	76,92%
PERVIEDADE EM 6M	100%	88,88%	44,44%	87,50%	66,66%

Todos os pacientes foram submetidos à arteriografia intra-operatória ao término da cirurgia, e as imperfeições técnicas que pudessem por em risco a perviedade do enxerto foram corrigidas. Em um paciente identificou-se e corrigiu-se estenose na anastomose distal. Outro paciente foi submetido a valvulotomia com sucesso após a identificação de uma

válvula remanescente. Uma fístula artério-venosa foi identificada e interrompida em um paciente submetido a enxerto venoso “in-situ”.

g. PERVIDEIDADE DO ENXERTO A CURTO E MÉDIO PRAZO:

Após seis meses de pós-operatório, verificaram-se 11 obstruções de enxerto.

No primeiro mês, ocorreram 7 casos. Em três ocasiões, a trombectomia foi realizada sem sucesso; em outro caso, conduziu-se trombólise e angioplastia da anastomose distal que, apesar do sucesso inicial, evoluiu para a obstrução no quarto mês. Três pacientes foram submetidos à amputação direta, sem tentativa de salvamento do enxerto por causa da piora do quadro isquêmico do membro.

Entre o terceiro e sexto mês, foram identificados 3 casos de obstrução. Essas lesões foram submetidas a trombólise e angioplastia percutânea em 1 caso, a trombectomia isolada em 1 caso e a trombectomia isolada seguida de angioplastia cirúrgica em outro, com resultados considerados satisfatórios (Tabela 15) (Gráfico 1).

Tabela 15: Perviedade primária e secundária em 6 meses de pós-operatório.

	1 mês	1 a 3 meses	3 a 6 meses
Perviedade Primária	61(89,7%)	60(88,2%)	57(83,8%)
Perviedade Secundária	62(91,2%)	61(89,7%)	61(89,7%)

Gráfico 1: Perviedade primária e secundária dos enxertos operados após 6 meses de pós-operatório.

Verificamos na tabela e gráfico acima que a maioria das obstruções ocorreram no primeiro mês de pós-operatório, período de maior influência da resistência do leito arterial receptor na perviedade do enxerto.

h. ÍNDICE DE CORRELAÇÃO ENTRE ECOGRAFIA-DOPPLER, ARTERIOGRAFIA E MEDIDAS DE FLUXO INTRA-OPERATÓRIO:

Para se determinar a existência de correlação entre as medidas indiretas de fluxo VELOCIDADE e VOLUME obtidas por Ecografia-Doppler pré-operatória e as variáveis CLASSIFICAÇÃO ARTERIOGRÁFICA, VAZÃO, PRESSÃO e RESISTÊNCIA, recorreremos ao coeficiente de correlação de Pearson (Tabela 16).

Tabela 16: Correlação entre VOLUME, VELOCIDADE, CLASSIFICAÇÃO ARTERIOGRÁFICA, VAZÃO, PRESSÃO e RESISTÊNCIA para o total da amostra.

	Coeficiente de correlação (p-valor)	
	VOLUME	VELOCIDADE
CLASSIFICAÇÃO ARTERIOGRÁFICA	0,577(<0,001)	0,228(0,083)
VAZÃO	0,450(<0,001)	0,226(0,064)
PRESSÃO	-0,318(0,009)	-0,142(0,252)
RESISTÊNCIA	-0,458(0,001)	-0,273(0,026)

Nessa tabela, podemos verificar que, apesar da significância estatística ($p < 0,05$) entre a variável VOLUME e a CLASSIFICAÇÃO ARTERIOGRÁFICA, VAZÃO, PRESSÃO E RESISTÊNCIA, o índice de correlação de Pearson não foi expressivo considerando-se a totalidade da amostra.

Quando verificamos esses índices de correlação pelo sítio da anastomose distal - artérias poplíteas (Tabela 17) e artérias da perna (Tabela 18), observamos que o poder de correlação entre esses diferentes segmentos receptores de enxerto é maior no grupo de pacientes submetidos a revascularização distal.

Tabela 17: Correlação entre VOLUME, VELOCIDADE, CLASSIFICAÇÃO ARTERIOGRÁFICA, VAZÃO, PRESSÃO e RESISTÊNCIA para a artéria poplítea supra ou infra-genicular.

	Coeficiente de correlação (p-valor)	
	VOLUME	VELOCIDADE
CLASSIFICAÇÃO ARTERIOGRÁFICA	0,456(0,010)	0,086(0,647)
VAZÃO	0,237(0,192)	0,023(0,902)
PRESSÃO	-0,335(0,065)	-0,086(0,644)
RESISTÊNCIA	-0,379(0,036)	-0,100(0,593)

Nessa tabela, verificamos que o índice de correlação de Pearson torna-se ainda mais inexpressivo nas cirurgias realizadas nos segmentos arteriais proximais.

Tabela 18: Correlação entre VOLUME, VELOCIDADE, CLASSIFICAÇÃO ARTERIOGRÁFICA, VAZÃO, PRESSÃO e RESISTÊNCIA para as artérias distais.

	Coeficiente de correlação (p-valor)	
	VOLUME	VELOCIDADE
CLASSIFICAÇÃO ARTERIOGRÁFICA	0,683(< 0,001)	0,551(0,002)
VAZÃO	0,715(< 0,001)	0,404(0,014)
PRESSÃO	-0,278(0,101)	-0,180(0,294)
RESISTÊNCIA	-0,577(< 0,001)	-0,388(0,020)

Para os segmentos arteriais distais revascularizados, o índice de correlação de Pearson tornou-se bastante expressivo, sobretudo entre as variáveis VOLUME e VAZÃO.

Essas diferenças de poder de correlação podem ser mais claramente verificadas no gráfico abaixo (Gráfico 2).

Gráfico 2: Análise da curva de dispersão entre os valores de VOLUME e VAZÃO no leito arterial receptor do enxerto.

Nesse gráfico, verificamos uma menor dispersão entre as variáveis VAZÃO e VOLUME nas medidas realizadas nas cirurgias de revascularizações distais.

i. PROGNÓSTICO CLÍNICO DA PERVIDADE DO ENXERTO COM BASE NAS MEDIDAS DE CLASSIFICAÇÃO ARTERIOGRÁFICA, VELOCIDADE, VOLUME, VAZÃO, PRESSÃO E RESISTÊNCIA:

Para conhecer o poder dos valores de CLASSIFICAÇÃO ARTERIOGRÁFICA, VELOCIDADE, VOLUME, VAZÃO, PRESSÃO e RESISTÊNCIA de prever o prognóstico de perviedade do enxerto, verificamos, através dos testes t-student e Mann-Whitney, a correlação desses valores com a perviedade do enxerto após 1 (Tabela 19) e 6 (Tabela 20) meses de pós-operatório.

Tabela 19: Valores e influência de CLASSIFICAÇÃO ARTERIOGRÁFICA, VELOCIDADE, VOLUME, VAZÃO, PRESSÃO e RESISTÊNCIA na perviedade do enxerto após 1 mês de cirurgia.

	Perviedade em 1M	N	Média	Desv. Padrão	Valor de p
CLASSIFICAÇÃO ARTERIOGRÁFICA	Não	4	1,67	1,03	<0,001
	Sim	56	4,70	1,75	
VELOCIDADE	Não	7	23,54	11,60	0,116
	Sim	61	34,27	17,35	
VOLUME	Não	7	10,62	4,99	<0,001
	Sim	61	38,53	22,05	
VAZÃO	Não	7	24,00	12,33	<0,001
	Sim	61	72,91	27,10	
PRESSÃO	Não	7	49,57	11,82	0,051
	Sim	60	36,77	16,46	
RESISTÊNCIA	Não	7	2,62	1,52	0,013
	Sim	60	0,62	0,45	

Obs: marcados em “negrito” os níveis de $p < 0,05$

Nessa tabela, nota-se a existência de poder prognóstico de perviedade de enxerto para as variáveis CLASSIFICAÇÃO ARTERIOGRÁFICA, VOLUME, VAZÃO e RESISTÊNCIA após 1 mês de acompanhamento clínico.

Tabela 20: Valores e influência de CLASSIFICAÇÃO ARTERIOGRÁFICA, VELOCIDADE, VOLUME, VAZÃO, PRESSÃO e RESISTÊNCIA na perviedade do enxerto após 6 meses de cirurgia.

	Perviedade em 6M	N	Média	Desv. Padrão	Valor de p
CLASSIFICAÇÃO ARTERIOGRÁFICA	Não	10	2,44	1,67	0,001
	Sim	50	4,74	1,76	
VELOCIDADE	Não	11	24,89	13,41	0,079
	Sim	57	34,77	17,36	
VOLUME	Não	11	16,88	15,47	0,002
	Sim	57	39,28	22,03	
VAZÃO	Não	11	33,81	24,70	<0,001
	Sim	57	74,45	26,28	
PRESSÃO	Não	11	44,81	12,27	0,140
	Sim	56	36,80	16,92	
RESISTÊNCIA	Não	11	1,999	1,49	<0,001
	Sim	56	0,600	0,44	

Obs: marcados em “negrito” os níveis de $p < 0,05$

Nessa tabela, é possível observar que o poder prognóstico de perviedade de enxerto para as variáveis CLASSIFICAÇÃO ARTERIOGRÁFICA, VOLUME, VAZÃO e RESISTÊNCIA mantém-se aos 6 meses de acompanhamento clínico.

Os gráficos abaixo ilustram a capacidade da variável VOLUME em prever a perviedade do enxerto após 1 (Gráfico 3) e 6 meses (Gráfico 4) de pós-operatório. Essa capacidade, assim como o índice de correlação entre as variáveis VOLUME e VAZÃO, demonstrou ser superior na revascularização das artérias distais.

Gráfico 3: Intervalo de confiança para valores de VOLUME na perviedade do enxerto após 1 mês de pós-operatório.

Nesse gráfico, percebe-se que a Ecografia-Doppler, através da análise do volume de fluxo sanguíneo, é capaz de prever o prognóstico do enxerto em 1 mês de acompanhamento clínico no território arterial proximal e distal revascularizado.

Gráfico 4: Intervalo de confiança para os valores de VOLUME na perviedade do enxerto após 6 meses de pós-operatório.

Aqui se verifica que o poder prognóstico da variável VOLUME para a perviedade do enxerto mantém-se para o segmento arterial distal revascularizado, mas não para o proximal, aos 6 meses de acompanhamento clínico.

DISCUSSÃO:

A isquemia crítica dos membros inferiores, definida como presença de dor isquêmica de repouso, úlcera isquêmica ou gangrena associada a doença arterial oclusiva(113), manifesta-se clinicamente em aproximadamente 10% da população mundial(114). Por isso, a revascularização arterial dos membros inferiores é uma das operações mais realizadas pelo cirurgião vascular. Os atuais resultados favoráveis de perviidade de enxerto e salvamento de membro isquêmico e a baixa qualidade de vida obtida após a amputação indicam que a conduta cirúrgica agressiva de revascularização arterial é a melhor forma de tratamento para esse grupo de pacientes(115-118).

Porém, quando mal sucedida, a cirurgia pode levar à necessidade de níveis de amputação mais proximais, à conseqüente maior dificuldade de reabilitação e à piora na qualidade de vida, além de causar maiores índices de morbi-mortalidade e aumento dos custos hospitalares(119;120). A obstrução precoce do enxerto ocorre em 2 a 25% dos casos, apesar do atual domínio da técnica cirúrgica e do conhecimento dos mecanismos que podem levar à obstrução(121-124).

Se considerarmos que a qualidade do leito proximal, os defeitos técnicos e as síndromes de hiper-coagulabilidade podem ser identificados e, muitas vezes, tratados, a resistência do leito arterial receptor do enxerto representa o fator mais importante a ser contemplado na indicação da cirurgia de revascularização do membro isquêmico.

Na atualidade, o refinamento das indicações cirúrgicas de revascularização ou amputação é o maior objetivo a ser alcançado(120;125). Donaldson et al, ao estudarem 455 pacientes submetidos a revascularização arterial pela técnica “in-situ”, concluíram que 44% das obstruções precoces desses enxertos poderiam ter sido evitadas se critérios mais rigorosos de indicação cirúrgica tivessem sido observados.

A arteriografia tem sido tradicionalmente utilizada como único método pré-operatório na determinação da estratégia cirúrgica a ser realizada, apesar de suas reconhecidas limitações em identificar o leito arterial distal, especialmente na presença de insuficiência cardíaca e/ou aterosclerose difusa severa, condição frequentemente presente nesse grupo de pacientes. Os estudos do leito arterial, a escolha da artéria receptora do enxerto e a inferência do prognóstico do enxerto têm se baseado nesse método, muitas vezes pela análise unidimensional e não hemodinâmica do preenchimento dessas artérias pelo meio de contraste utilizado. Técnicas auxiliares, como hiperemia reativa, uso de vasodilatadores, digitalização e subtração de imagem, podem falhar na tentativa de melhorar os resultados (82; 89; 90; 92; 95-99; 99; 101-111). Assim, sua utilização no pré-operatório, na escolha do leito arterial a ser revascularizado e na definição do prognóstico do enxerto por meio de classificações arteriográficas(32) torna-se, no mínimo, inconsistente.

Em nosso estudo, a arteriografia não foi capaz de identificar o leito arterial distal em três pacientes; em cinco deles, níveis elevados de creatinina contra-indicaram a realização desse procedimento. Portanto, a arteriografia pré-operatória não auxiliou na escolha e na definição do prognóstico do leito arterial a ser revascularizado em oito (10,9%) pacientes. Quando esses pacientes foram submetidos ao exame Ecografia-Doppler pré-operatório, foi

possível identificar o leito arterial a ser revascularizado, sendo confirmados os achados desse exame durante a cirurgia, por meio da dissecação cirúrgica.

Apesar disso, verificamos que o método simplificado de CLASSIFICAÇÃO ARTERIOGRÁFICA utilizado em nosso estudo revelou-se surpreendentemente capaz de prognosticar a perviedade do enxerto no primeiro ($p < 0,001$) (Tabela 19) e sexto mês de pós-operatório ($p = 0,001$) (Tabela 20). Entretanto, se tivéssemos considerado os casos em que a arteriografia não auxiliou ou falhou na definição da estratégia cirúrgica realizada (10,9%), esse resultado seria estatisticamente não significante.

O uso do Doppler ultrassom no diagnóstico de obstrução arterial foi introduzido com os estudos pioneiros de Strandness et al (126) e foi complementado com o desenvolvimento da Ecografia-Doppler, método não-invasivo que fornece informações anatômicas – modo B (luz arterial e características da parede e da placa de ateroma) e hemodinâmicas, permitindo uma melhor avaliação do valor clínico das obstruções arteriais existentes (127). Sua utilização pré-operatória na cirurgia de revascularização de membros inferiores já foi bem estudada (143-146; 148-154; 184-187), e estudos atuais demonstram seus excelentes resultados como único método pré-operatório na definição da estratégia cirúrgica (155-160) nesse grupo de pacientes.

Apesar desses resultados, o poder da Ecografia-Doppler em prever a resistência do leito arterial nunca foi estudado anteriormente. Em nosso estudo, além da confirmação do poder da Ecografia-Doppler em definir a anatomia do leito arterial a ser revascularizado – por meio da comparação com a arteriografia pré-operatória - interessou-nos a análise do poder

hemodinâmico do método em definir a resistência desse leito e, possivelmente, o prognóstico do enxerto com base na análise da existência de correlação hemodinâmica entre o fluxo sanguíneo, a Ecografia-Doppler e as medidas diretas de VAZÃO, PRESSÃO e RESISTÊNCIA obtidas no intra-operatório e na capacidade do método em prever a perviedade do enxerto no primeiro e sexto mês de pós-operatório.

Dos 73 pacientes selecionados para a participação no estudo, 68 (93,2%) obtiveram Ecografia-Doppler pré-operatórias consideradas tecnicamente satisfatórias, sendo os resultados confirmados pelos achados da arteriografia pré-operatória, quando realizada, e pela dissecação intra-operatória da artéria. Cinco pacientes (6,8%) foram excluídos do estudo ainda no período pré-operatório, pois a Ecografia-Doppler não foi capaz de identificar a presença da artéria fibular por impossibilidade técnica em 2 casos, pela presença de edema e infecção no trajeto da artéria em outros 2 casos e, em 1 caso, pela calcificação severa do leito arterial distal. Observando-se que a Ecografia-Doppler é considerada um examinador dependente e que o acúmulo de experiência favorece a melhoria da interpretação das imagens, os resultados técnicos obtidos podem ser considerados satisfatórios, sobretudo se considerarmos que a arteriografia pré-operatória falhou em identificar o leito a ser revascularizado em 10,9% dos casos. A dificuldade técnica na presença de calcificação severa e da porção distal da artéria fibular já foi bem descrita na literatura, e a presença de infecção e edema no trajeto arterial pode dificultar não apenas a realização da Ecografia-Doppler, como também a própria dissecação cirúrgica.

Vários autores já demonstraram o valor da medida intra-operatória de resistência do leito arterial receptor do enxerto no prognóstico de perviedade do enxerto(22;25-

29;52;53;57;70;128;129), e este nos pareceu o método ideal para se estabelecer uma correlação entre as medidas de fluxo sanguíneo arterial e a Ecografia-Doppler pré-operatória e testar a capacidade hemodinâmica do método em prever a resistência do leito arterial a ser revascularizado e o prognóstico do enxerto. Em particular, escolhemos um método simples e comprovadamente eficaz, realizado em nosso meio por Oliveira et al(67). Tivemos oportunidade de participar nesse estudo como auxiliares na aquisição dos dados intra-operatórios, e essa familiaridade auxiliou-nos a realizar este trabalho.

A obtenção das características hemodinâmicas do leito arterial a ser revascularizado através da Ecografia-Doppler pré-operatória revelou-se mais simples do que previamente imaginávamos. Sua realização por ultrassonografista experiente e a utilização de um equipamento de alto poder de resolução com transdutores multifrêquenciais (HDI 5000/ATL USA – Chicago, IL) facilitaram as verificações dos dados anatômicos e hemodinâmicos. Seu alto poder de resolução tornou possível a verificação dos diâmetros reduzidos presentes nas artérias distais e o cálculo dos volumes presentes nessas artérias. A presença de “software” específico para o cálculo do fluxo sanguíneo com base na medida do diâmetro interno, da VELOCIDADE e da frequência cardíaca facilitou muito o processo de obtenção do VOLUME. O reduzido volume de fluxo, muitas vezes presente em nossa casuística, poderia dificultar a chegada do contraste às artérias distais e dificultar a verificação de sua presença pela arteriografia. Volumes tão baixos quanto 2 ml/min puderam ser verificados na procura incessante de um sítio arterial passível de receber um enxerto através da análise anatômica – presença de luz arterial e características da parede – e da verificação da presença de fluxo sanguíneo nesse segmento. Quando houve dificuldade de se verificar a presença de fluxo, uma manobra de compressão manual

proximal à artéria estudada foi por vezes realizada para confirmar a presença de fluxo e verificar se a artéria possuía luz arterial que pudesse receber um enxerto. Muito já se discutiu no passado sobre essa técnica de compressão intermitente da região proximal às artérias estudadas - descrita como Doppler pulsado(59) - e sua aplicação clínica também já foi bem determinada, mas essa manobra nunca foi descrita anteriormente com essa finalidade.

Com a utilização da Ecografia-Doppler, as características anatômicas (luz e parede arterial) e hemodinâmicas (volume de fluxo sanguíneo) foram consideradas no momento da escolha do melhor sítio para a realização da anastomose distal em nosso grupo de pacientes. Essa escolha era sempre confrontada com os achados da arteriografia, não porque isso fosse obrigatório, mas sim por insegurança do pesquisador em definir a estratégia cirúrgica com base apenas nos resultados da Ecografia-Doppler pré-operatória na época da realização do estudo.

Apesar do reconhecimento do poder da Ecografia-Doppler na definição anatômica do leito arterial a ser revascularizado, a utilização desse procedimento para estabelecer as características hemodinâmicas é passível de críticas. Sua aplicação na definição do débito cardíaco com base no cálculo da área de secção transversal da luz aórtica e da velocidade de fluxo em seu interior já foi bem definida(130;131), e vários autores utilizaram os mesmos princípios para medir o fluxo na circulação arterial mesentérica(132), portal(133), femoral(110), umbilical(134) e esplênica(135). Entretanto, não existem evidências clínicas que validem essa utilização.

É notório que podem ocorrer erros na medição do volume de fluxo no interior de um vaso definida por meio da tecnologia atual da Ecografia-Doppler no momento da definição da área de secção transversal e no cálculo da velocidade de fluxo no interior desse vaso. A definição do diâmetro da artéria depende do poder de resolução do equipamento utilizado e da experiência do ultrassonografista. Quanto menor a artéria, maior a possibilidade de erro. Em artérias com diâmetro interno de 2,5 mm, 5,0 mm e 10 mm, verificaram-se erros no cálculo de fluxo da ordem de 20%, 12% e 6%, respectivamente(130). Esses erros podem ocorrer principalmente na presença de doença na parede arterial. Além disso, o caráter pulsátil do fluxo arterial pode alterar em até 10% o diâmetro da artéria(136). Em nosso estudo, essa possibilidade de erro pode ter sido minimizada pela característica predominantemente monofásica (67,6%) e bifásica (32,4%) do fluxo sanguíneo presente nas artérias estudadas, o que limitava o poder de pulsação das artérias.

Os erros relacionados ao cálculo da velocidade são principalmente produzidos pela dificuldade de se corrigir o ângulo de incidência das ondas ultrassônicas em relação ao eixo do fluxo sanguíneo no interior do vaso estudado. A incidência de erros aumenta na medida em que esse ângulo aproxima-se de 90°. Em nosso estudo, procuramos manter um ângulo de até 60°, o que nos permitia visualizar o eixo longitudinal arterial e obter medidas de velocidade mais fidedignas. Com um ângulo de 60°, ocorrência de erro na medida da velocidade pode variar de 5 a 35%; com 70°, esse erro pode aumentar para 20 a 60%, o que demonstra a importância da correção precisa do ângulo(137). Além disso, é importante notar que, no momento da definição da área de amostragem do volume pela Ecografia-Doppler, toda a secção transversal da luz arterial deveria ser teoricamente contemplada. Entretanto, quanto menor e mais doente a artéria, maior a dificuldade para que isso ocorra e

maior o potencial de contaminação dessa amostra por movimentos da parede arterial, por turbilhonamento e estruturas adjacentes, como ramos arteriais e veias. Deve-se notar que, quando se reduz a área da amostragem e se afasta da parede arterial na tentativa de reduzir esse potencial de contaminação, a velocidade do fluxo tende a ser superestimada, pois não é possível verificar a presença do fluxo sanguíneo mais lento adjacente à parede arterial. Além disso, o método de coleta de amostragem uniforme pressupõe que o fluxo seja laminar e contínuo, e a presença de turbulência pode levar à falta de precisão na determinação da velocidade média no segmento estudado. Dessa forma, é ideal que o método seja empregado em segmentos arteriais retilíneos e distantes de zonas de estreitamento e bifurcações significantes, o que ocorre mais freqüentemente nas artérias distais, fato que pode ter influenciado positivamente na obtenção de melhores índices de correlação nesse segmento.

Verificou-se correlação positiva entre VOLUME, VELOCIDADE e CLASSIFICAÇÃO ARTERIOGRÁFICA pré-operatória e praticamente todas as medidas diretas de resistência intra-operatórias (VAZÃO, PRESSÃO, RESISTÊNCIA), sobretudo nas artérias distais. Esse fato pode ser observado quando separamos a amostra estudada por sítio de confecção da anastomose distal em dois grupos: artérias poplíteas (supra ou infra-genicular) e artérias distais (tibial anterior ou posterior e fibular). O grau de correlação perdeu a significância estatística no grupo submetido a revascularização em artérias poplíteas, exceto na medida RESISTÊNCIA, e aumentou a significância no grupo submetido a revascularização de artérias distais (Tabelas 16,17,18). Esses achados podem revelar que, para as revascularizações proximais – artérias poplíteas - apesar da possibilidade de caracterização anatômica, a Ecografia-Doppler pode falhar na definição hemodinâmica do leito arterial a

ser revascularizado, isso ocorrendo, provavelmente, pela possibilidade de influência da quantidade e do volume de ramos arteriais colaterais convergentes a essas regiões e pelo número e características das artérias distais remanescentes, além das dificuldades técnicas descritas acima. É bem sabido que, nas obstruções arteriais crônicas no território fêmoro-poplíteo, ocorre a formação de uma rede de colaterais (ramos geniculares), capaz de influenciar de forma positiva ou negativa o volume de fluxo presente nessas artérias e na manifestação clínica da isquemia. Ademais, o número de artérias distais, seu grau de obstrução e a presença ou não de continuidade com o arco arterial pedioso podem interferir no grau de resistência ao fluxo arterial e alterar a velocidade e o volume do fluxo. Outros fatores que podem ter contribuído para que houvesse menores índices de correlação no segmento poplíteo foram as presenças mais freqüentes e importantes dos ramos colaterais, as zonas de bifurcações existentes nesses segmentos e a maior freqüência de fluxo pulsátil. Esses fatores, conforme discutido acima, podem influenciar negativamente a obtenção dos valores hemodinâmicos; nas artérias distais, parecem interferir em menor grau na determinação do fluxo sanguíneo arterial pela Ecografia-Doppler, apesar da maior dificuldade técnica para a realização do método nesse segmento.

Na presença de estenoses, o grau de estreitamento da luz arterial pode influenciar de forma significativa a velocidade de fluxo sanguíneo proximal e distal para a região estudada. Na presença de obstrução total da luz da artéria e de revascularização oferecida pela rede arterial colateral, a velocidade do fluxo sanguíneo parece estar relacionada com o número e a área de secção transversal total do sistema das artérias colaterais convergentes ao segmento estudado. A resistência do leito arterial distal nas duas situações descritas acima poderia, teoricamente, influenciar de forma positiva ou negativa a velocidade do fluxo

sangüíneo, na medida em que poderia facilitar ou dificultar o fluxo sangüíneo a esses leitos arteriais. A velocidade sangüínea em territórios arteriais normais e parcialmente obstruídos já foi estudada previamente(73); não encontramos, porém, nenhuma referência na literatura sobre esse estudo em artérias acometidas pela obstrução arterial total de sua luz a montante, nem a revascularização por colaterais a jusante da forma realizada em nosso estudo. Assim, esperávamos que a resistência do leito arterial a ser revascularizado pudesse influenciar a VELOCIDADE nesse grupo de pacientes. Foi verificado que a VELOCIDADE não teve correlação com as medidas de CLASSIFICAÇÃO ARTERIOGRÁFICA e hemodinâmicas intra-operatórias no segmento arterial poplíteo. Esse fato pode ter ocorrido devido à complexidade de fatores capazes de influenciar a VELOCIDADE nesse segmento, conforme descritos acima, e, talvez, devido ao reduzido número de casos estudados. Esses fatores parecem ter influenciado em menor grau os pacientes submetidos a revascularizações distais, que são os pacientes que teoricamente mais se beneficiariam do conhecimento pré-operatório do prognóstico da realização do enxerto. Verificamos que o VOLUME apresentou maior poder de correlação do que a VELOCIDADE em todos os territórios estudados. Como o cálculo do VOLUME depende, além do valor de VELOCIDADE, também dos valores da área de secção transversa da luz arterial e da frequência cardíaca, esses fatores possivelmente exerceram influência positiva ou negativa no estabelecimento desse maior poder de correlação e devem ser considerados em estudos futuros.

Em nosso estudo, ocorreram 7 (10,3%) casos de oclusão aguda no primeiro mês e 11 (16,2%) aos 6 meses de pós-operatório, apesar de o substituto arterial utilizado para o enxerto ser considerado adequado e da ausência da identificação de falhas técnicas que

pudessem por em risco a perviedade do enxerto à arteriografia de controle intra-operatória, e a Ecografia-Doppler pós-operatória (Gráfico 1). Quando verificamos a influência que a resistência desse leito poderia exercer no prognóstico de nossos enxertos com base na capacidade da CLASSIFICAÇÃO ARTERIOGRÁFICA, VELOCIDADE, VOLUME, VAZÃO, PRESSÃO e RESISTÊNCIA em prever a oclusão do enxerto após 1 (Tabela 19) e 6 (Tabela 20) meses de pós-operatório (Teste t-student e Mann Whitney), observamos uma correlação estatística positiva para os valores pré-operatórios de CLASSIFICAÇÃO ARTERIOGRÁFICA e de VOLUME (mas não para VELOCIDADE) e intra-operatórios de VAZÃO e RESISTÊNCIA (mas não PRESSÃO). Não separamos a nossa casuística quanto ao segmento revascularizado, como realizado para o estudo de correlação entre as variáveis acima e descrito previamente, devido ao pequeno tamanho da amostra e ao baixo número de eventos de oclusão do enxerto. Isso pode ter contribuído para a ausência de correlação estatística nas variáveis VELOCIDADE e PRESSÃO.

Quando verificamos os gráficos de intervalo de confiança de VOLUME para a perviedade do enxerto após 1 e 6 meses de pós-operatório (Gráfico 3 e 4), podemos notar a capacidade clínica da Ecografia-Doppler pré-operatória em prever o prognóstico do enxerto, principalmente para as artérias da perna.

Apesar do pequeno número de casos estudados, das dificuldades técnicas e das limitações tecnológicas existentes na atualidade, os dados obtidos demonstram que, na revascularização do membro inferior isquêmico e, sobretudo, no enxerto distal, o estudo pré-operatório baseado na Ecografia-Doppler pode auxiliar não apenas na caracterização anatômica do leito distal a ser revascularizado e no estabelecimento do melhor sítio para a

confeção da anastomose proximal e distal do enxerto, mas também na definição das características hemodinâmicas do leito arterial a ser revascularizado e, possivelmente, na definição do prognóstico desse enxerto.

Além dos benefícios expostos acima, a análise anatômica e hemodinâmica do leito arterial isquêmico realizada pela Ecografia-Doppler pode potencialmente abrir novos caminhos para o estudo da isquemia crítica dos membros inferiores. Na análise do leito arterial, na presença de mais de uma artéria passível de revascularização, qual seria aquela em que a realização do enxerto seria mais bem indicada? Nem sempre existe a definição da artéria dominante na formação do arco pedioso. Em tese, a artéria portadora do maior volume de fluxo seria aquela com menor resistência ao fluxo, e provavelmente, com melhor prognóstico de revascularização. Essa resposta dificilmente pode ser respondida pela análise estática e unidimensional do leito arterial oferecida pela arteriografia pré-operatória convencional.

Devemos considerar que, na atualidade, estudos vêm demonstrado resultados promissores com o uso de novas drogas no tratamento da isquemia crítica(138;139) e que a terapia genética pode, em um futuro próximo, diminuir ainda mais as indicações do tratamento cirúrgico(140). Dessa forma, a Ecografia-Doppler, por se tratar de um exame não invasivo e de baixo custo, pode analisar de forma contínua os benefícios hemodinâmicos que as intervenções terapêuticas, sejam elas percutâneas, cirúrgicas ou medicamentosas, podem exercer nesse grupo de paciente.

CONCLUSÃO:

A Ecografia-Doppler pré-operatória pode ser usada para o estudo anatômico e hemodinâmico do leito arterial receptor do enxerto na cirurgia de revascularização de membros inferiores isquêmicos. Existe uma correlação hemodinâmica positiva entre o VOLUME de fluxo obtido com base nesse método, as medidas diretas de VAZÃO obtidas no intra-operatório e a perviedade precoce do enxerto, sobretudo para a revascularização distal.

Apesar de a Ecografia-Doppler não poder definir isoladamente o paciente que deve ou não ser submetido a uma tentativa de revascularização, pode nos auxiliar no estabelecimento da melhor conduta terapêutica ainda no período pré-operatório.

Referência Bibliográfica:

- (1) Veith FJ, Gupta SK, Ascer E, White-Flores S, Samson RH, Scher LA 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(1):104-114.
- (2) Bell PR. Femoro-distal grafts--can the results be improved? *Eur J Vasc Surg* 1991; 5(6):607-609.
- (3) Hamsho A, Nott D, Harris PL. Prospective randomised trial of distal arteriovenous fistula as an adjunct to femoro-infrapopliteal PTFE bypass. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1999; 17(3):197-201.
- (4) Dardik H. The tourniquet as a routine adjunct in lower limb revascularization. *Acta Chir Belg* 2000; 100(5):194-197.
- (5) Curi MA, Skelly CL, Woo DH, Desai TR, Katz D, McKinsey JF et al. Long-term results of infrageniculate bypass grafting using all-autogenous composite vein. *Ann Vasc Surg* 2002; 16(5):618-623.
- (6) Farber A, Major K, Wagner WH, Cohen JL, Cossman DV, Lauterbach SR et al. Cryopreserved saphenous vein allografts in infrainguinal revascularization: analysis of 240 grafts. *J Vasc Surg* 2003; 38(1):15-21.
- (7) Kunlin J. Le traitement de l'artérite oblitérative par la greffe veineuse. *Arch Mal Coeur* 1949; 43:371-382.
- (8) Kusaba A, Inokuchi K, Furuyama M, Okadome K. A new revascularization procedure for extensive arterial occlusions of lower extremity. A.V shunt procedure. *J Cardiovasc Surg (Torino)* 1982; 23(2):99-104.
- (9) Whittemore A. Current techniques for infrainguinal arterial reconstruction. *Jpn J Surg* 1990; 20(6):627-634.
- (10) Davies MG, Hagen PO. Pathophysiology of vein graft failure: a review. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1995; 9(1):7-18.
- (11) Dean RH, Yao JS, Stanton PE, Bergan JJ. Prognostic indicators in femoropopliteal reconstructions. *Arch Surg* 1975; 110(11):1287-1293.
- (12) Peyer HC, Stirnemann P, Dozzi M, Althaus U. Factors determining the patency of femoropopliteal bypass grafts: an analysis of 350 procedures. *Thorac Cardiovasc Surg* 1983; 31(3):163-168.
- (13) Ricco JB, Flinn WR, McDaniel MD, Yao JS, Bergan JJ. Objective analysis of factors contributing to failure of tibial bypass grafts. *World J Surg* 1983; 7(3):347-352.

- (14) Rutherford RB, Jones DN, Bergentz SE, Bergqvist D, Comerota AJ, Dardik H et al. Factors affecting the patency of infrainguinal bypass. *J Vasc Surg* 1988; 8(3):236-246.
- (15) Woodburn KR, Rumley A, Lowe GD, Love JG, Murray GD, Pollock JG. Clinical, biochemical, and rheologic factors affecting the outcome of infrainguinal bypass grafting. *J Vasc Surg* 1996; 24(4):639-646.
- (16) Ray SA, Rowley MR, Bevan DH, Taylor RS, Dormandy JA. Hypercoagulable abnormalities and postoperative failure of arterial reconstruction. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1997; 13(4):363-370.
- (17) Henke PK, Proctor MC, Zajkowski PJ, Bedi A, Upchurch GR, Jr., Wakefield TW et al. Tissue loss, early primary graft occlusion, female gender, and a prohibitive failure rate of secondary infrainguinal arterial reconstruction. *J Vasc Surg* 2002; 35(5):902-909.
- (18) Robinson KD, Sato DT, Gregory RT, Gayle RG, DeMasi RJ, Parent FN, III et al. Long-term outcome after early infrainguinal graft failure. *J Vasc Surg* 1997; 26(3):425-437.
- (19) Panayiotopoulos YP, Tyrrell MR, Owen SE, Reidy JF, Taylor PR. Outcome and cost analysis after femorocrural and femoropedal grafting for critical limb ischaemia. *Br J Surg* 1997; 84(2):207-212.
- (20) Wixon CL, Mills JL, Westerband A, Hughes JD, Ihnat DM. An economic appraisal of lower extremity bypass graft maintenance. *J Vasc Surg* 2000; 32(1):1-12.
- (21) Domenig CM, Hamdan AD et al. Timing of pedal bypass failure and its impact on the need for amputation. *Ann Vasc Surg* 2005; 19(1):56-62.
- (22) Ascer E, Veith FJ, Morin L, White-Flores SA, Scher LA, Samson RH et al. Quantitative assessment of outflow resistance in lower extremity arterial reconstructions. *J Surg Res* 1984; 37(1):8-15.
- (23) Stirnemann P, Triller J. The fate of femoropopliteal and femorodistal bypass grafts in relation to intraoperative flow measurement: an analysis of 100 consecutive reconstructions for limb salvage. *Surgery* 1986; 100(1):38-44.
- (24) Bagi P, Sillesen H, Bitsch K, 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(3):305-311.
- (25) Cooper GG, Austin C, Fitzsimmons E, Brannigan PD, Hood JM, D'Sa AA. Outflow resistance and early occlusion of infrainguinal bypass grafts. *Eur J Vasc Surg* 1990; 4(3):279-283.

- (26) Thompson-Fawcett M, Moon M, Hands L, Collin J. The significance of donor leg distal runoff in femorofemoral bypass grafting. *Aust N Z J Surg* 1998; 68(7):493-497.
- (27) Alback A, Roth WD, Ihlberg L, Biancari F, Lepantalo M. Preoperative angiographic score and intraoperative flow as predictors of the mid-term patency of infrapopliteal bypass grafts. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2000; 20(5):447-453.
- (28) Bandyk DF, Cato RF, Towne JB. A low flow velocity predicts failure of femoropopliteal and femorotibial bypass grafts. *Surgery* 1985; 98(4):799-809.
- (29) Alback A, Biancari F, Saarinen O, Lepantalo M. Prediction of the immediate outcome of femoropopliteal saphenous vein bypass by angiographic runoff score. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1998; 15(3):220-224.
- (30) Ascer E, Veith FJ, White-Flores SA, Morin L, Gupta SK, Lesser ML. Intraoperative outflow resistance as a predictor of late patency of femoropopliteal and infrapopliteal arterial bypasses. *J Vasc Surg* 1987; 5(6):820-827.
- (31) Van Niekerk LJ, Stewart CP, Jain AS. Major lower limb amputation following failed infrainguinal vascular bypass surgery: a prospective study on amputation levels and stump complications. *Prosthet Orthot Int* 2001; 25(1):29-33.
- (32) 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(3):517-538.
- (33) Scott DJ, Vowden P, Beard JD, Horrocks M. Non-invasive estimation of peripheral resistance using Pulse Generated Runoff before femorodistal bypass. *Br J Surg* 1990; 77(4):391-395.
- (34) Thompson MM, Sayers RD, Beard JD, Hartshorne T, Brennan JA, Bell PR. The role of pulse-generated run-off, Doppler ultrasound and conventional arteriography in the assessment of patients prior to femorocrural bypass grafting. *Eur J Vasc Surg* 1993; 7(1):37-40.
- (35) O'Brien TS, Thomas H, Crow A, Lamont PM. Calf vessel preservation in peripheral vascular disease--angiography versus pulse generated run-off. *Eur J Vasc Surg* 1993; 7(2):177-179.
- (36) Takolander R, Fischer-Colbrie W, Jogestrand T, Ohlson H, Olofsson P, Swedenborg J. The "ad hoc" estimation of outflow does not predict patency of infrainguinal reconstructions. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1995; 10(2):187-191.
- (37) Wilson YG, George JK, Wilkins DC, Ashley S. Duplex assessment of run-off before femorocrural reconstruction. *Br J Surg* 1997; 84(10):1360-1363.

- (38) Patel KR et al. Extended reconstruction rate for limb salvage with intraoperative prereconstruction angiography. *J Vasc Surg* 1988; 7(4):531-537.
- (39) Slot HB, Strijbosch L, Greep JM. Interobserver variability in single-plane aortography. *Surgery* 1981; 90(3):497-503.
- (40) Thiele BL, Strandness DE, Jr. Accuracy of angiographic quantification of peripheral atherosclerosis. *Prog Cardiovasc Dis* 1983; 26(3):223-236.
- (41) Kolin A. An electromagnetic flowmeter. Principles of the method and its application to bloodflow measurements. *Experimental Biology and Medicine* 1936; 35(1):53-56.
- (42) Golding AL, Cannon JA. Application of electromagnetic blood flowmeter during arterial reconstruction. Results in conjunction with pavarine in 47 cases. *Ann Surg* 1966; 164(4):662-677.
- (43) Hall KV. Postoperative blood flow measurements in man by the use of implanted electroma-netic probes. *Scand J Thorac Cardiovasc Surg* 1969; 3(2):135-144.
- (44) Westersten A, Rice E, Brinkman CR, Assali NS. A balanced field-type electromagnetic flowmeter. *J Appl Physiol* 1969; 26(4):497-500.
- (45) Kouchoukos NT, Levy JF, Balfour JF, Butcher HR, Jr. Operative therapy for femoral-popliteal arterial occlusive disease. A comparison of therapeutic methods. *Circulation* 1967; 35(4 Suppl):I174-I182.
- (46) Bernhard VM, Kayser K, Gutierrez JE, Wilson SD, Rodgers RE, Ellison EH. Salvage of the ischemic limb. Hemodynamic changes during surgery. *JAMA* 1968; 204(3):234-240.
- (47) Darling RC, Linton RR, Razzuk MA. Saphenous vein bypass grafts for femoropopliteal occlusive disease: a reappraisal. *Surgery* 1967; 61(1):31-40.
- (48) Mundth ED, Darling RC, Moran JM, Buckley MJ, Linton RR, Austen WG. Quantitative correlation of distal arterial outflow and patency of femoropopliteal reversed saphenous vein grafts with intraoperative flow and pressure measurements. *Surgery* 1969; 65(1):197-206.
- (49) Barner HB, Judd DR, Kaiser GC, Willman VL, Hanlon CR. Blood flow in femoropopliteal bypass vein grafts. *Arch Surg* 1968; 96(4):619-627.
- (50) Chapellen C, Jr., Hall KV. Some observations on peripheral arterial flow by use of an electromagnetic flowmeter in arterial surgery. *J Cardiovasc Surg (Torino)* 1963; 4:362-364.

- (51) Mannick JA, Jackson BT. Hemodynamics of arterial surgery in atherosclerotic limbs. I. direct measurement of blood flow before and after vein grafts. *Surgery* 1966; 59(5):713-720.
- (52) Bernhard VM. Intraoperative monitoring of femorotibial bypass grafts. *Surg Clin North Am* 1974; 54(1):77-84.
- (53) Dardik H, Ibrahim IM, Sussman B, Greweldinger J, Adler J, Kahn M et al. Morphologic structure of the pedal arch and its relationship to patency of crural vascular reconstruction. *Surg Gynecol Obstet* 1981; 152(5):645-648.
- (54) Koontz TJ, Stansel HC, Jr. Factors influencing patency of the autogenous vein-femoropopliteal bypass graft: an analysis of 74 cases. *Surgery* 1972; 71(5):753-759.
- (55) Miller VM. Femoropopliteal bypass graft patency: An analysis of 156 cases. *Ann Surg* 1974; 180(1):35-38.
- (56) Barner HB, Kaminski DL, Codd JE, Kaiser GC, Willman VL. Hemodynamics of autogenous femoropopliteal bypass. *Arch Surg* 1974; 109(2):291-293.
- (57) Ascer E, White SA, Veith FJ, Morin L, Freeman K, Gupta SK. Outflow resistance measurement during infrainguinal arterial reconstructions: a reliable predictor of limb salvage. *Am J Surg* 1987; 154(2):185-188.
- (58) Peterkin GA, Manabe S, LaMorte WW, Menzoian JO. Evaluation of a proposed standard reporting system for preoperative angiograms in infrainguinal bypass procedures: angiographic correlates of measured runoff resistance. *J Vasc Surg* 1988; 7(3):379-385.
- (59) Beard JD, Scott DJ, Evans JM, Skidmore R, Horrocks M. Pulse-generated runoff: a new method of determining calf vessel patency. *Br J Surg* 1988; 75(4):361-363.
- (60) Scott DJ, Hunt G, Beard JD, Hartnell GG, Horrocks M. Arteriogram scoring systems and Pulse Generated Run-off in the assessment of patients with critical ischaemia for femorodistal bypass. *Br J Surg* 1989; 76(11):1202-1206.
- (61) 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(9):894-896.
- (62) Currie IC, Wilson YG, Davies AH, Micciche M, Wakeley CJ, Baird RN et al. Pulse-generated run-off versus dependent Doppler ultrasonography for assessment of calf vessel patency. *Br J Surg* 1994; 81(10):1448-1450.
- (63) Okadome K, Mii S, Onohara T, Fukuda A, Sugimachi K. Flow waveform analysis and long-term results of autogenous saphenous vein and polytetrafluoroethylene

- grafts in 140 arterial reconstructions of the lower limbs. *Eur J Vasc Surg* 1990; 4(4):369-374.
- (64) Schwartz LB, Purut CM, Craig DM, Smith PK, Moawad J, McCann RL. Measurement of vascular input impedance in infrainguinal vein grafts. *Ann Vasc Surg* 1997; 11(1):35-43.
 - (65) Schwartz LB, Belkin M, Donaldson MC, Knox JB, Craig DM, Moawad J et al. Validation of a new and specific intraoperative measurement of vein graft resistance. *J Vasc Surg* 1997; 25(6):1033-1041.
 - (66) Puech-Leao P, Chao S, Glina S, Reichelt AC. Gravity cavernosometry--a simple diagnostic test for cavernosal incompetence. *Br J Urol* 1990; 65(4):391-394.
 - (67) Oliveira LAV, Puech-Leão P. Avaliação do leito vascular receptor de enxertos arteriais pela perfusão com pressão constante. *Cir Vasc Angiol* 1998; 14(3):120-134.
 - (68) Jacobs MJ, Ubbink DT, ten Hoedt R, Biasi GM. Current reflections of the vascular surgeon on the assessment and treatment of critical limb ischaemia. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1995; 9(4):473-478.
 - (69) Panayiotopoulos YP, Tyrrell MR, Owen SE, Reidy JF, Taylor PR. Outcome and cost analysis after femorocrural and femoropedal grafting for critical limb ischaemia. *Br J Surg* 1997; 84(2):207-212.
 - (70) Panayiotopoulos YP, Edmondson RA, Reidy JF, Taylor PR. A scoring system to predict the outcome of long femorodistal arterial bypass grafts to single calf or pedal vessels. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1998; 15(5):380-386.
 - (71) 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(5):522-528.
 - (72) Legemate DA, Teeuwen C, Hoeneveld H, Ackerstaff RG, Eikelboom BC. The potential of duplex scanning to replace aorto-iliac and femoro-popliteal angiography. *Eur J Vasc Surg* 1989; 3(1):49-54.
 - (73) Hatsukami TS, Primozich J, Zierler RE, Strandness DE, Jr. Color Doppler characteristics in normal lower extremity arteries. *Ultrasound Med Biol* 1992; 18(2):167-171.
 - (74) 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(2):275-283.
 - (75) 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(3):300-303.
- (76) Pemberton M, Nydahl S, Hartshorne T, Naylor AR, Bell PR, London NJ. Colour-coded duplex imaging can safely replace diagnostic arteriography in patients with lower-limb arterial disease. *Br J Surg* 1996; 83(12):1725-1728.
 - (77) Pemberton M, London NJ. Colour flow duplex imaging of occlusive arterial disease of the lower limb. *Br J Surg* 1997; 84(7):912-919.
 - (78) Ligush J, Jr., Reavis SW, Preisser JS, Hansen KJ. Duplex ultrasound scanning defines operative strategies for patients with limb-threatening ischemia. *J Vasc Surg* 1998; 28(3):482-490.
 - (79) 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(2):162-165.
 - (80) Mazzariol F, Ascher E, Hingorani A, Gunduz Y, Yorkovich W, Salles-Cunha S. Lower-extremity revascularisation without preoperative contrast arteriography in 185 cases: lessons learned with duplex ultrasound arterial mapping. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2000; 19(5):509-515.
 - (81) 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(6):1165-1170.
 - (82) Ascher E, Hingorani A, Markevich N, Costa T, Kallakuri S, Kanimoy Y. Lower extremity revascularization without preoperative contrast arteriography: experience with duplex ultrasound arterial mapping in 485 cases. *Ann Vasc Surg* 2002; 16(1):108-114.
 - (83) Avenarius JK, Breek JC, Lampmann LE, Berge Henegouwen DP, Hamming JF. The additional value of angiography after colour-coded duplex on decision making in patients with critical limb ischaemia. A prospective study. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2002; 23(5):393-397.
 - (84) Bostrom A, Ljungman C, Hellberg A, Logason K, Barlin T, Ostholm G et al. Duplex scanning as the sole preoperative imaging method for infrainguinal arterial surgery. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2002; 23(2):140-145.
 - (85) Lujan S, Criado E, Puras E, Izquierdo LM. Duplex scanning or arteriography for preoperative planning of lower limb revascularisation. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2002; 24(1):31-36.
 - (86) Satomura S. Study of flow patterns in peripheral arteries by ultrasonics. *J Acoust Soc Jpn* 1959; 15:151-158.

- (87) Rushmer RF, Baker DW, Stegall HF. Transcutaneous Doppler flow detection as a nondestructive technique. *J Appl Physiol* 1966; 21(2):554-566.
- (88) Strandness DE, Jr., Schultz RD, Sumner DS, Rushmer RF. Ultrasonic flow detection. A useful technic in the evaluation of peripheral vascular disease. *Am J Surg* 1967; 113(3):311-320.
- (89) Strandness DE, Jr., McCutcheon EP, Rushmer RF. Application of a transcutaneous Doppler flowmeter in evaluation of occlusive arterial disease. *Surg Gynecol Obstet* 1966; 122(5):1039-1045.
- (90) Strandness DE. Measurement of blood flow. *Hemodynamics for surgeons*. New York: Grune & Stratton, 1975: 31-46.
- (91) Hartley CJ, Strandness DE, Jr. The effects of atherosclerosis on the transmission of ultrasound. *J Surg Res* 1969; 9(10):575-582.
- (92) Barber FE. Ultrasonic duplex echo Doppler scanner. *IEEE Trans Biomed Eng* 1974; 21:109-113.
- (93) Mozersky DJ, Hokanson DE, Sumner DS, Strandness DE, Jr. Ultrasonic visualization of the arterial lumen. *Surgery* 1972; 72(2):253-259.
- (94) Reneman RS, Spencer MP. Local Doppler audio spectra in normal and stenosed carotid arteries in man. *Ultrasound Med Biol* 1979; 5(1):1-11.
- (95) Phillips DJ, Powers JE, Eyer MK, Blackshear WM, Jr., Bodily KC, Strandness DE, Jr. et al. Detection of peripheral vascular disease using the Duplex Scanner III. *Ultrasound Med Biol* 1980; 6(3):205-218.
- (96) Curry GR, White DN. Color coded ultrasonic differential velocity arterial scanner (Echoflow). *Ultrasound Med Biol* 1978; 4(1):27-35.
- (97) Eyer MK, Brandestini MA, Phillips DJ, Baker DW. Color digital echo/Doppler image presentation. *Ultrasound Med Biol* 1981; 7(1):21-31.
- (98) Beach KW. 1975-2000: a quarter century of ultrasound technology. *Ultrasound Med Biol* 1992; 18(4):377-388.
- (99) Hamper UM, DeJong MR, Caskey CI, Sheth S. Power Doppler imaging: clinical experience and correlation with color Doppler US and other imaging modalities. *Radiographics* 1997; 17(2):499-513.
- (100) Fell G, Phillips DJ, Chikos PM, Harley JD, Thiele BL, Strandness DE, Jr. Ultrasonic duplex scanning for disease of the carotid artery. *Circulation* 1981; 64(6):1191-1195.

- (101) Roederer GO, Langlois YE, Jager KA, Primozich JF, Beach KW, Phillips DJ et al. The natural history of carotid arterial disease in asymptomatic patients with cervical bruits. *Stroke* 1984; 15(4):605-613.
- (102) Jager 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(3):515-521.
- (103) Kohler TR, Nance DR, Cramer MM, Vandenburghe N, Strandness DE, Jr. Duplex scanning for diagnosis of aortoiliac and femoropopliteal disease: a prospective study. *Circulation* 1987; 76(5):1074-1080.
- (104) 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(5):630-633.
- (105) Koelemay MJ, Legemate DA, de Vos H, van Gurp JA, Reekers JA, Jacobs MJ. Can cruroperal colour duplex scanning and pulse generated run-off replace angiography in candidates for distal bypass surgery. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1998; 16(1):13-18.
- (106) McCarthy MJ, Nydahl S, Hartshorne T, Naylor AR, Bell PR, London NJ. Colour-coded duplex imaging and dependent Doppler ultrasonography in the assessment of cruroperal vessels. *Br J Surg* 1999; 86(1):33-37.
- (107) Suggested standards for reports dealing with lower extremity ischemia. Prepared by the Ad Hoc Committee on Reporting Standards, Society for Vascular Surgery/North American Chapter, International Society for Cardiovascular Surgery. *J Vasc Surg* 1986; 4(1):80-94.
- (108) Second European Consensus Document on chronic critical leg ischemia. *Eur J Vasc Surg* 1992; 6 Suppl A:1-32.
- (109) Wilson N, Goldberg SJ, Dickinson DF, Scott O. Normal intracardiac and great artery blood velocity measurements by pulsed Doppler echocardiography. *Br Heart J* 1985; 53(4):451-458.
- (110) Lewis P, Psaila JV, Davies WT, McCarty K, Woodcock JP. Measurement of volume flow in the human common femoral artery using a duplex ultrasound system. *Ultrasound Med Biol* 1986; 12(10):777-784.
- (111) Vieira S. *Introdução a Bioestatística*. 3 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.
- (112) Armitage P, Berry G. *Statistical Method in Medical Research*. 3 ed. Oxford: Blackwell Science, 1994.
- (113) Novo S, Coppola G, Milio G. Critical limb ischemia: definition and natural history. *Curr Drug Targets Cardiovasc Haematol Disord* 2004; 4(3):219-225.

- (114) Criqui MH, Fronek A, Barrett-Connor E, Klauber MR, Gabriel S, Goodman D. The prevalence of peripheral arterial disease in a defined population. *Circulation* 1985; 71(3):510-515.
- (115) Grego F, Antonello M, Stramano R, Deriu GP, Lepidi S. Popliteal-to-distal bypass for limb salvage. *Ann Vasc Surg* 2004; 18(3):321-328.
- (116) Nguyen LL, Conte MS, Menard MT, Gravereaux EC, Chew DK, Donaldson MC et al. Infrainguinal vein bypass graft revision: factors affecting long-term outcome. *J Vasc Surg* 2004; 40(5):916-923.
- (117) Albers M, Romiti M, Pereira CA, Antonini M, Wulkan M. Meta-analysis of allograft bypass grafting to infrapopliteal arteries. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2004; 28(5):462-472.
- (118) Hughes K, Domenig CM, Hamdan AD, Schermerhorn M, Aulivola B, Blattman S et al. Bypass to plantar and tarsal arteries: an acceptable approach to limb salvage. *J Vasc Surg* 2004; 40(6):1149-1157.
- (119) Szilagyi DE, Hageman JH, Smith RF, Elliott JP, Brown F, Dietz P. Autogenous vein grafting in femoropopliteal atherosclerosis: the limits of its effectiveness. *Surgery* 1979; 86(6):836-851.
- (120) Dardik H, Kahn M, Dardik I, Sussman B, Ibrahim IM. Influence of failed vascular bypass procedures on conversion of below-knee to above-knee amputation levels. *Surgery* 1982; 91(1):64-69.
- (121) Brewster DC, LaSalle AJ, Robison JG, Strayhorn EC, Darling RC. Femoropopliteal graft failures. Clinical consequences and success of secondary reconstructions. *Arch Surg* 1983; 118(9):1043-1047.
- (122) Whittemore AD, Clowes AW, Couch NP, Mannick JA. Secondary femoropopliteal reconstruction. *Ann Surg* 1981; 193(1):35-42.
- (123) Belkin M, Conte MS, Donaldson MC, Mannick JA, Whittemore AD. Preferred strategies for secondary infrainguinal bypass: lessons learned from 300 consecutive reoperations. *J Vasc Surg* 1995; 21(2):282-293.
- (124) Donaldson MC, Mannick JA, Whittemore AD. Causes of primary graft failure after in situ saphenous vein bypass grafting. *J Vasc Surg* 1992; 15(1):113-118.
- (125) Dormandy JA, Rutherford RB. Management of peripheral arterial disease (PAD). TASC Working Group. TransAtlantic Inter-Society Consensus (TASC). *J Vasc Surg* 2000; 31(1 Pt 2):S1-S296.
- (126) Strandness DE, Jr. et al. Application of a transcutaneous Doppler flowmeter in evaluation of occlusive arterial disease. *Surg Gynecol Obstet* 1966; 122(5):1039-1045.

- (127) Yao ST, Hobbs JT, Irvine WT. Ankle systolic pressure measurements in arterial disease affecting the lower extremities. *Br J Surg* 1969; 56(9):676-679.
- (128) Liebman PR, Menzoian JO, Mannick JA, Lowney BW, LoGerfo FW. Intraoperative arteriography in femoropopliteal and femorotibial bypass grafts. *Arch Surg* 1981; 116(8):1019-1021.
- (129) Patel KR, Semel L, Clauss RH. Extended reconstruction rate for limb salvage with intraoperative prereconstruction angiography. *J Vasc Surg* 1988; 7(4):531-537.
- (130) Hoskins PR. Measurement of arterial blood flow by Doppler ultrasound. *Clin Phys Physiol Meas* 1990; 11(1):1-26.
- (131) Spencer KT, Lang RM, Neumann A, Borow KM, Shroff SG. Doppler and electromagnetic comparisons of instantaneous aortic flow characteristics in primates. *Circ Res* 1991; 68(5):1369-1377.
- (132) Best IM, Pitzele A, Green A, Halperin J, Mason R, Giron F. Mesenteric blood flow in patients with diabetic neuropathy. *J Vasc Surg* 1991; 13(1):84-89.
- (133) Alvarez D, Mastai R, Lennie A, Soifer G, Levi D, Terg R. Noninvasive measurement of portal venous blood flow in patients with cirrhosis: effects of physiological and pharmacological stimuli. *Dig Dis Sci* 1991; 36(1):82-86.
- (134) Gill RW. Pulsed Doppler with B-mode imaging for quantitative blood flow measurement. *Ultrasound Med Biol* 1979; 5(3):223-235.
- (135) Manoharan A, Gill RW, Griffiths KA. Splenic blood flow measurements by Doppler ultrasound: a preliminary report. *Cardiovasc Res* 1987; 21(10):779-782.
- (136) Evans DH, Barrie WW, Asher MJ, Bentley S, Bell PR. The relationship between ultrasonic pulsatility index and proximal arterial stenosis in a canine model. *Circ Res* 1980; 46(4):470-475.
- (137) Zierler BK, Kirkman TR, Kraiss LW, Reiss WG, Horn JR, Bauer LA et al. Accuracy of duplex scanning for measurement of arterial volume flow. *J Vasc Surg* 1992; 16(4):520-526.
- (138) Stapanavatr W, Ungkittapaiboon W, Karnjanabatr B. Conservative regimen for chronic critical limb ischemia. *J Med Assoc Thai* 2004; 87(3):310-318.
- (139) Hiatt WR. Treatment of disability in peripheral arterial disease: new drugs. *Curr Drug Targets Cardiovasc Haematol Disord* 2004; 4(3):227-231.
- (140) Simosa HF, Conte MS. Genetic therapy for vein bypass graft disease: current perspectives. *Vascular* 2004; 12(4):213-217.