

Banco de enxertos arteriais subcutâneos, um estudo piloto promissor: Modelo experimental em ratos

Subcutaneous Arterial Graft Bank, a Promising Pilot Study: Experimental Model on Rats

Matheus Scuracchio Fernandes¹  Fausto Viterbo¹  Balduino Ferreira de Menezes Neto¹ 

¹ Departamento de Cirurgia, Faculdade de Medicina, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Botucatu, SP, Brasil

Endereço para correspondência Matheus Scuracchio Fernandes, MD, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Medicina, Departamento de Cirurgia, Av. Professor Montenegro, s/n, Botucatu, SP, 18618-687, Brasil (e-mail: mat.scuracchio@gmail.com).

Rev Bras Cir Plást 2026;41:s00451812996.

Resumo

Objetivo Avaliar a permeabilidade e as alterações histológicas de enxertos arteriais subcutâneos fechados e abertos para subsequente anastomose.

Materiais e Métodos Um total de 20 ratos Wistar machos foram separados em 2 grupos (fechado e aberto), submetidos à inserção de um enxerto autólogo de artéria carótida sob a pele inguinal por 7 dias e anastomosado à artéria femoral após esse período. No grupo fechado, as extremidades dos enxertos foram fechadas com fio de nylon 10-00 durante os 7 dias de armazenamento e, no grupo aberto, as extremidades foram deixadas abertas. A permeabilidade anastomótica foi avaliada imediatamente depois da anastomose e 24 horas após o último procedimento. Após a eutanásia, os enxertos foram submetidos à análise histológica.

Resultados O grupo fechado apresentou 80% de permeabilidade imediata e nenhuma tardia, enquanto o grupo aberto apresentou 90% de permeabilidade imediata e 10% tardia. Em todos os enxertos, as células da íntima e média estavam deterioradas, sem infiltração inflamatória na região média do enxerto. Casos de infecção, hemorragia ou perda funcional do enxerto não foram observados.

Conclusão As alterações histológicas notadas em todos os enxertos foram semelhantes àquelas observadas em outras técnicas de preservação de enxertos vasculares. Este estudo piloto descreve um método novo, promissor e de baixo custo para preservar enxertos arteriais sem desenvolvimento de infecção.

Palavras-chave

- ▶ artérias
- ▶ microcirurgia
- ▶ modelos animais
- ▶ ratos Wistar
- ▶ sobrevida do enxerto

Abstract

Objective To evaluate the patency and histological alterations of closed and open arterial grafts stored under the skin for subsequent anastomosis.

Materials and Methods There were 20 male Wistar rats separated into 2 groups (closed and open), and an autologous carotid arterial graft was inserted under the inguinal skin for 7 days and anastomosed to the femoral artery after this period. In the

O presente estudo foi realizado na Faculdade de Medicina da Universidade Estadual Paulista (Unesp), Botucatu, SP, Brasil.

recebido
25 de abril de 2025
aceito
01 de julho de 2025

DOI <https://doi.org/10.1055/s-0045-1812996>.
ISSN 2177-1235.

Editor-chefe: Dov Charles
Goldenberg.

© 2026. The Author(s).

This is an open access article published by Thieme under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License, permitting copying and reproduction so long as the original work is given appropriate credit (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)
Thieme Revinter Publicações Ltda., Rua Rego Freitas, 175, loja 1, República, São Paulo, SP, CEP 01220-010, Brazil

Keywords

- arteries
- graft survival
- microsurgery
- models
- animal
- rats
- Wistar rats

closed group, the grafts extremities were closed with a 10-00 nylon thread stitch during the 7 days storage, while in the open group, the extremities were left open. The anastomotic patency was evaluated immediately after the anastomosis and after 24 hours of the final procedure. After euthanasia, the grafts were subjected to histological analysis.

Results The closed group presented 80% immediate and no late patency, whereas the open group presented 90% immediate and 10% late patency. All grafts presented with deteriorated media and intimal cells, without inflammatory infiltration at the mid-graft. There were no cases of infection, hemorrhage, or functional graft loss.

Conclusion The histological alterations observed in all grafts were similar to those observed in other techniques for preserving vascular grafts. The present pilot study describes a new, promising, and low-cost method to preserve arterial grafts that did not cause infection.

Introdução

O advento de técnicas microcirúrgicas, em especial da microanastomose vascular, possibilitou a ampla utilização de enxertos arteriais e o extenso desenvolvimento de práticas cirúrgicas em diversas especialidades.¹

Cirurgiões plásticos usam retalhos livres microcirúrgicos para melhorar o fechamento de feridas complexas relacionadas a traumas, infecções, cirurgias oncológicas e deformidades congênitas. As técnicas clássicas ganharam notoriedade devido à sua versatilidade e bons resultados. De modo geral, o retalho anterolateral da coxa (ALT, do inglês *anterolateral thigh*)² é coletado do ramo descendente da artéria femoral circunflexa lateral, possibilitando a obtenção de um retalho fasciocutâneo ou miocutâneo do músculo vasto lateral.

Outra técnica clássica e versátil é o retalho ósseo do rádio, obtido do antebraço. Sua versatilidade inclui cirurgias de reconstrução peniana³ e craniofacial.⁴

Além disso, o retalho livre musculocutâneo transverso do reto abdominal (TRAM, do inglês *transverse rectus abdominis musculocutaneous*) e o retalho perfurante da artéria epigástrica inferior profunda (DIEP, do inglês *deep inferior epigastric artery perforator*) são usados para reconstrução mamária,⁵ sendo o último padrão-ouro para a reconstrução mamária com tecido autólogo.

Muitos outros retalhos foram descritos, cada um com suas especificidades e indicações. Há espaço para seu maior desenvolvimento, trazendo mais benefícios aos pacientes. No entanto, a trombose da anastomose ainda é a complicação mais grave. Devido à sua natureza multifatorial, o monitoramento contínuo e cuidadoso desses retalhos pelas equipes médicas é essencial, pois as consequências podem ser devastadoras, com influência significativa sobre a morbidade.^{6,7} Nos casos em que a trombose de um retalho livre se torna irreversível, pode ser necessário explorar sítios doadores alternativos, o que pode levar a comprometimentos funcionais locais.

Um dos procedimentos cardíacos mais comuns é a cirurgia de revascularização do miocárdio, realizada por cirurgias cardíacas. Atualmente, mais de 90% dos enxertos utilizados para revascularização do miocárdio são obtidos das artérias mamárias internas esquerdas. No entanto, outros pedículos

vasculares também são usados, como a veia safena, além das artérias radial e mamária interna direita.⁸ A literatura acerca desse procedimento relata aumento da taxa de reoperação ao longo dos anos devido à degeneração inevitável do tecido enxertado.⁹ A taxa de reabordagem é de 5,11% em 6 anos¹⁰ e de 17,3% em 12 anos.⁹ Logo, é importante que a cirurgia comprometa o menor número possível de sítios doadores.

Cirurgiões vasculares realizam procedimentos para o tratamento de doenças vasculares periféricas para restabelecimento da circulação comprometida. A veia safena é comumente usada para desvio do fluxo sanguíneo de artérias obstruídas nos membros inferiores.¹¹ Os fatores de risco para o desenvolvimento dessas doenças estão associados ao estilo de vida e ao envelhecimento, aumentando o número de pacientes acometidos e, por conseguinte, a frequência de realização de cirurgias corretivas.¹² Com o tempo, os enxertos vasculares têm sido utilizados em outras áreas cirúrgicas, como a neurocirurgia.¹³

Com o aprimoramento técnico nas últimas décadas, o desenvolvimento de múltiplos retalhos livres permitiu o acesso a regiões anatômicas com pedículos longos.^{14,15} Muitas vezes, algumas partes dos pedículos não são necessárias e são descartadas.

A microanastomose pode levar à trombose pós-operatória, exigindo um novo procedimento cirúrgico. Acreditamos que o excesso de pedículos descartados, especialmente os arteriais, pode ser colocado no tecido subcutâneo e, se necessário, utilizado como enxerto.

Ademais, a remoção de enxertos vasculares pode provocar complicações, como cicatrização da ferida, infecção, comprometimento da irrigação e drenagem dos tecidos, hematoma, dor e lesões nervosas.

A literatura relata a preservação subcutânea bem-sucedida de tecido autólogo, especialmente enxertos ósseos. A técnica demonstrou ser viável, com baixo custo, baixa taxa de infecção e com infiltrado mononuclear de aproximadamente 6% em um estudo com 50 pacientes,¹⁶ sendo mais satisfatória na preservação de tecido ósseo autólogo do que a criopreservação.¹⁷ O sucesso da criopreservação de enxertos vasculares também foi relatado,^{18,19} mas o alto custo dessa técnica limita seu uso,

principalmente em países em desenvolvimento. Outra técnica de preservação é o armazenamento a frio,²⁰ que pode ser realizado com glicerol²¹ e outras soluções, e vem sendo estudada por Alexis Carrel²² e outros desde 1910.

Acreditamos que é possível preservar o tecido vascular ao inseri-lo sob o tecido subcutâneo com boa taxa de sucesso, poucas complicações e baixo custo. Além disso, gostaríamos de avaliar se, em um banco de armazenamento, há diferença em termos de trombogenicidade ou degeneração tecidual entre enxertos arteriais com extremidades fechadas, devido a um ambiente intraluminal mais protegido, comparado a extremidades abertas.

Não encontramos informações sobre a criação de bancos de enxertos arteriais subcutâneos. Também não há estudos sobre a ocorrência de trombose, degeneração ou alterações inflamatórias relacionadas à inserção subcutânea desses enxertos, nem sobre a influência do armazenamento do vaso com extremidades abertas ou fechadas. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar a viabilidade da criação de um banco de enxertos arteriais subcutâneos autólogos para utilização posterior, assim como analisar a possível degeneração durante o período de acomodação.

Objetivo

Este estudo teve como objetivo avaliar a viabilidade de enxertos arteriais subcutâneos fechados e abertos para posterior anastomose. Também avaliamos o desenvolvimento de processos degenerativos e inflamatórios após a anastomose término-terminal do enxerto e comparamos as diferenças entre os resultados obtidos com enxertos subcutâneos com extremidades fechadas ou abertas.

Materiais e Métodos

O Comitê de Ética no Uso de Animais aprovou este estudo sob número 1327/2019.

Os procedimentos foram realizados pelo mesmo pesquisador, devidamente treinado, em 20 ratos Wistar com peso entre 180 e 220 gramas, entre 90 e 120 dias de idade.

Primeiro Procedimento Cirúrgico

Os animais foram submetidos à anestesia inalatória com isoflurano (1 mL/mL), utilizado tanto para indução quanto para manutenção da anestesia. Para a indução, os animais foram colocados em uma caixa específica e receberam um fluxo constante de oxigênio a 2 L/min e isoflurano (1 mL/mL) a 80 mL/min (equivalente a 4% do gás). Para manutenção da anestesia, o fluxo de oxigênio foi alterado para 700 mL/min e o fluxo de isoflurano (1 mL/mL) para 14 mL/min (equivalente a uma taxa de gás de 2%).

Tramadol (5 mg/kg), enrofloxacin (10 mg/kg) e cetoprofeno (5 mg/kg) foram administrados por via intramuscular. A enrofloxacin e o cetoprofeno foram administrados uma vez ao dia durante 3 dias, com a 1ª aplicação realizada no período intraoperatório.

Utilizando um microscópio cirúrgico com aumento de 10x, a dissecação começou na região cervical, isolando a artéria

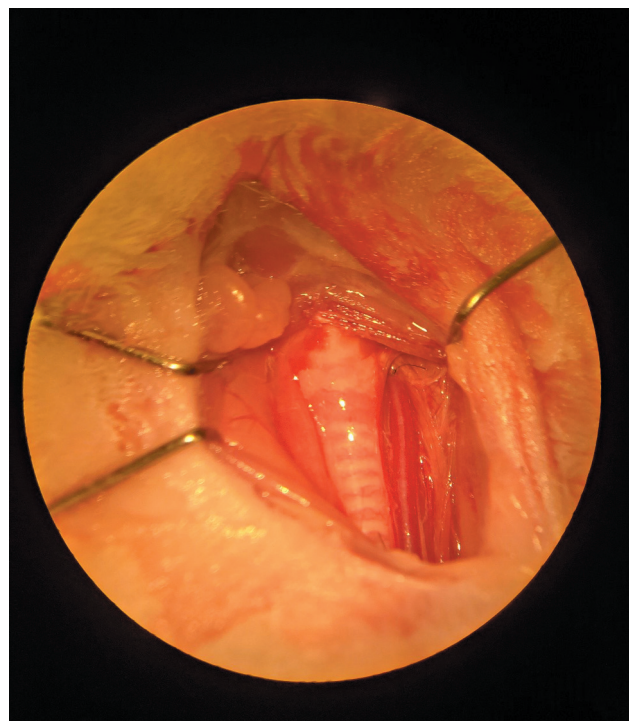


Fig. 1 Dissecção do enxerto da artéria carótida.

carótida externa (► **Fig. 1**). Posteriormente, obteve-se um enxerto de 9 mm desse vaso. Os ratos foram divididos aleatoriamente em 2 grupos: no 1º (grupo F, com 10 animais), o enxerto arterial foi fechado em suas extremidades distal e proximal com nylon 10-0 (► **Fig. 2**) e introduzido sob a pele da região inguinal. No segundo (grupo A, 10 animais, ► **Fig. 3**), o

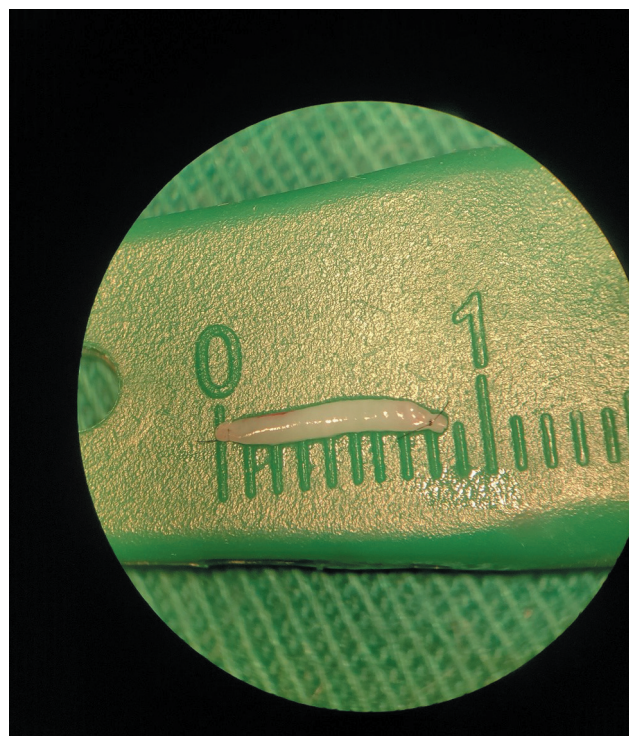


Fig. 2 Enxerto carotídeo fechado.

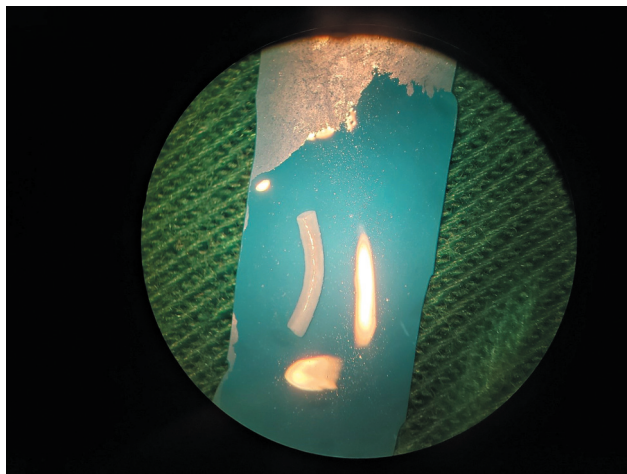


Fig. 3 Enxerto carotídeo aberto.

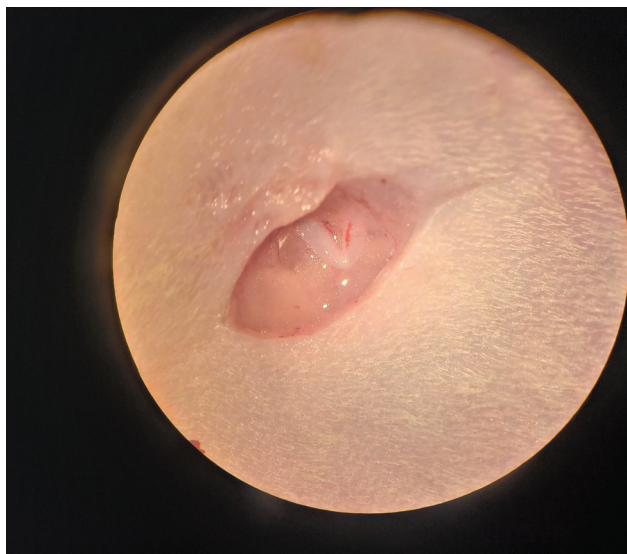


Fig. 4 Enxerto posicionado sob a pele.

enxerto arterial foi introduzido sob a pele (►**Fig. 4**) sem oclusão das extremidades. Para introdução do enxerto, uma incisão de cerca de 15 mm foi feita na região inguinal, dissecando o tecido subcutâneo local e alocando o enxerto esticado sem tensão para posterior sutura cutânea. Não houve troca de enxerto entre os ratos.

Após a cirurgia, os ratos receberam água e comida ad libitum e permaneceram em repouso por sete dias com os enxertos alojados sob o tecido subcutâneo inguinal.

Segundo Procedimento Cirúrgico

Os animais foram submetidos à anestesia inalatória e ao tratamento analgésico, seguindo o mesmo procedimento.

O enxerto de 9 mm da artéria carótida externa foi removido cirurgicamente do tecido subcutâneo (►**Fig. 5**). Em seguida, suas extremidades foram submetidas à ressecção e interpostas por meio de uma anastomose término-terminal entre os cotos da artéria femoral (►**Fig. 6**). Para tanto, a artéria femoral foi dissecada e a adventícia removida no ponto escolhido para a anastomose, realizada a 10 mm de sua

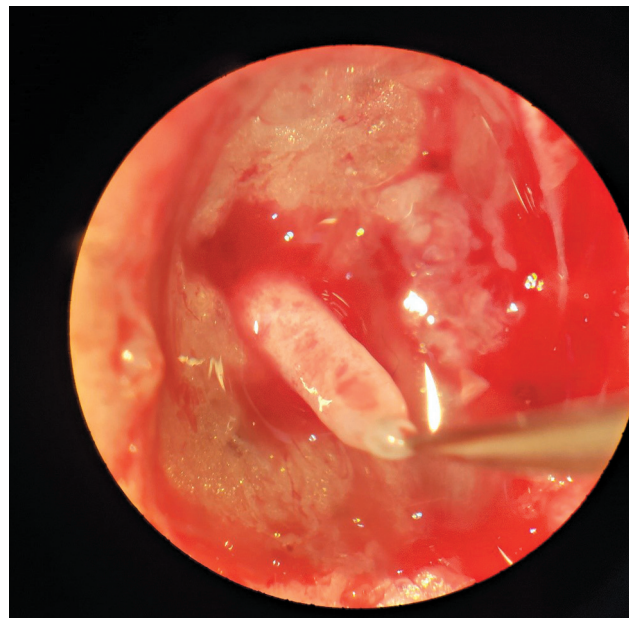


Fig. 5 Enxerto removido do tecido subcutâneo após 1 semana.

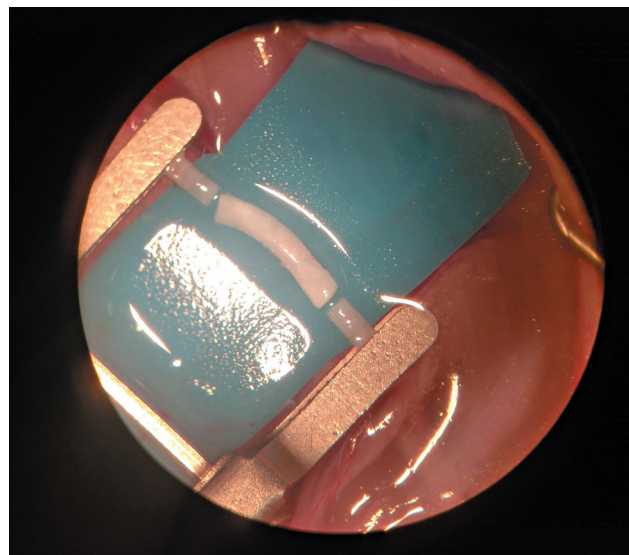


Fig. 6 Enxerto carotídeo preparado para a anastomose na artéria femoral. Note a diferença de diâmetro entre o enxerto carotídeo e a artéria femoral.

origem sob o ligamento inguinal. O fluxo sanguíneo foi obstruído com o auxílio de uma pinça microvascular e a artéria foi seccionada.

Cada anastomose, distal e proximal, foi realizada com 12 pontos simples separados, utilizando nylon 10-0 e agulha cilíndrica. Durante o procedimento, foi utilizado um microscópio (DF Vasconcelos) com aumento óptico de 25 a 40x.

A permeabilidade do enxerto foi constantemente monitorada nos primeiros 20 minutos após anastomose. Para isso, foram realizados pulsação e o “teste do leite” (*milk test*), que consiste em constrição do vaso com duas pinças de microcirurgia e sua separação, de forma que um segmento do vaso, distal ao enxerto anastomosado, fique sem sangue. Em seguida, a pinça proximal é liberada e o fluxo sanguíneo é

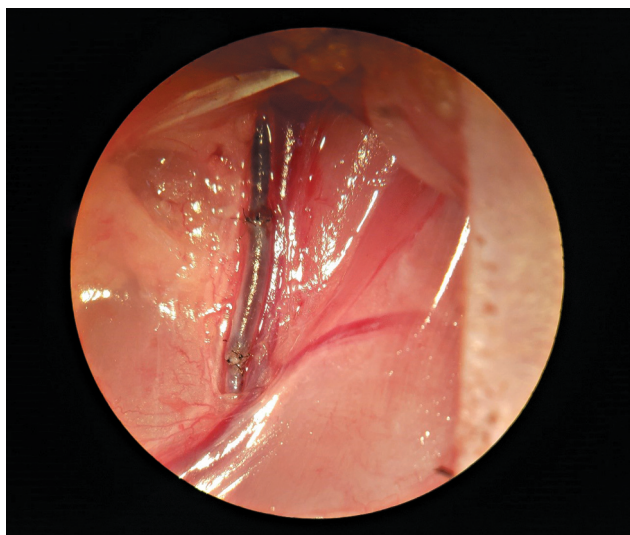


Fig. 7 Enxerto trombosado após 24 horas.

restabelecido. Nos casos em que o enxerto não apresentou pulsação e não houve retorno sanguíneo após o “teste do leite”, o resultado foi considerado negativo, com ausência de permeabilidade, sugestiva de trombose.

Após a anastomose do enxerto, os ratos foram mantidos em gaiolas separadas, com temperatura e luminosidade controladas. Os animais receberam dipirona sódica (100 mg/kg) por via subcutânea a cada 6 horas durante as 24 horas seguintes, além de água e ração ad libitum.

Teste de Permeabilidade e Eutanásia

Após 24 horas da anastomose do enxerto, os ratos foram novamente submetidos à anestesia inalatória, como já descrito, e a permeabilidade da artéria enxertada foi avaliada quanto à coloração, pulsação e “teste do leite”. Nos casos em que o enxerto não apresentou coloração vermelho-claro, pulsação e ausência de retorno sanguíneo ao “teste do leite”, a permeabilidade foi considerada ausente, sugerindo trombose (► **Fig. 7**). Nos casos com coloração vermelho-claro, pulsação e “teste do leite” positivo, o enxerto foi considerado pérvio (► **Fig. 8**).

A eutanásia foi realizada com uma superdosagem de 120 mg/kg de tiopental intravenoso imediatamente após o teste de permeabilidade.

Análise Histológica

Os enxertos e anastomoses foram seccionados em formato retangular (► **Fig. 9**), fixados em solução de formol a 10% por 24 horas e embebidos em parafina. Em seguida, cortes longitudinais de 5 µm foram obtidos e corados com solução de hematoxilina e eosina (HE) para avaliação histopatológica com cegamento dos pesquisadores. As lâminas foram analisadas e os espécimes avaliados quanto a alterações histológicas (integridade da camada muscular média e infiltrado inflamatório), de acordo com a International Harmonization of Nomenclature and Diagnostic Criteria for Lesions in Rats and Mice.²³ Os achados dos grupos experimentais foram comparados a lâminas de artéria femoral retiradas dos membros não operados dos ratos 19 e 20 após a eutanásia.

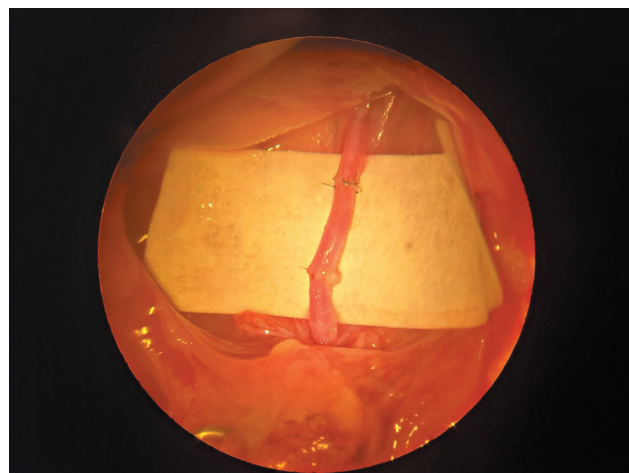


Fig. 8 Enxerto pérvio após 24 horas.

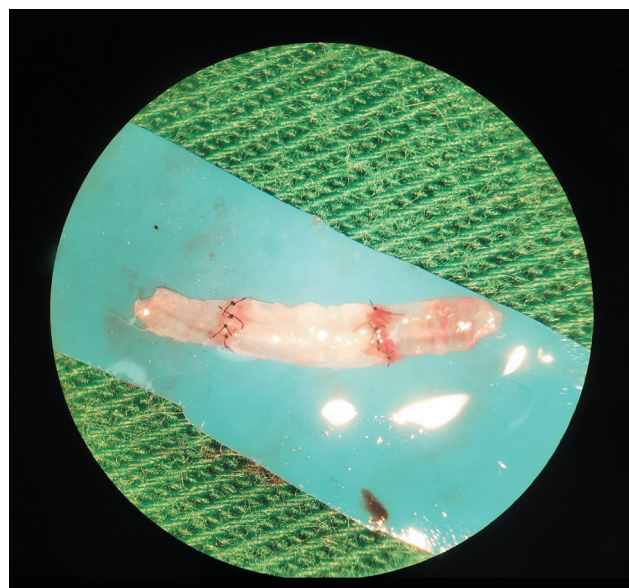


Fig. 9 Amostra de enxerto seccionado para análise histológica.

A incidência das alterações identificadas (em %) foi calculada para cada intervenção.

Análise Estatística

O teste de Fisher foi realizado para comparação da permeabilidade imediata e tardia entre os grupos, com intervalo de confiança (IC) de 95% e margem de erro de 5%.

Resultados

Os ratos foram numerados e aleatoriamente designados por sorteio cego entre os grupos “aberto” (A) e “fechado” (F), que tiveram a seguinte composição:

- A: 1, 3, 5, 6, 8, 11, 12, 13, 18 e 20.
- F: 2, 4, 7, 9, 10, 14, 15, 16, 17 e 19.

A ► **Tabela 1** traz informações sobre a permeabilidade do enxerto em cada rato imediatamente, nos primeiros 20 minutos, e 24 horas após a conclusão da anastomose.

Tabela 1 Informações de ratos individuais

Rato	Grupo	Permeabilidade		Peso final
		Após 20 minutos	Após 24 horas	
1	A	Pérvia	Trombose	267 g
2	F	Pérvia	Trombose	269 g
3	A	Pérvia	Trombose	254 g
4	F	Pérvia	Trombose	251 g
5	A	Pérvia	Pérvia	280 g
6	A	Pérvia	Trombose	221 g
7	F	Trombose	Trombose	290 g
8	A	Pérvia	Trombose	299 g
9	F	Pérvia	Trombose	323 g
10	F	Pérvia	Trombose	271 g
11	A	Trombose	Trombose	276 g
12	A	Pérvia	Trombose	260 g
13	A	Pérvia	Trombose	302 g
14	F	Pérvia	Trombose	298 g
15	F	Trombose	Trombose	287 g
16	F	Pérvia	Trombose	270 g
17	F	Pérvia	Trombose	276 g
18	A	Pérvia	Trombose	251 g
19	F	Pérvia	Trombose	298 g
20	A	Pérvia	Trombose	299 g

Abreviações: A, grupo aberto; F, grupo fechado.

Estatísticas

A permeabilidade imediata (primeiros 20 minutos) no grupo A foi de 9/10 (90%) e no F de 8/10 (80%). Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p = 0,99$).

A permeabilidade tardia (após 24 horas) no grupo A foi de 1/10 (10%), sem casos no grupo F (0%). Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p = 0,99$).

Não houve nenhum caso de infecção na área inguinal de colocação do enxerto arterial em nenhum grupo.

Análise Histológica

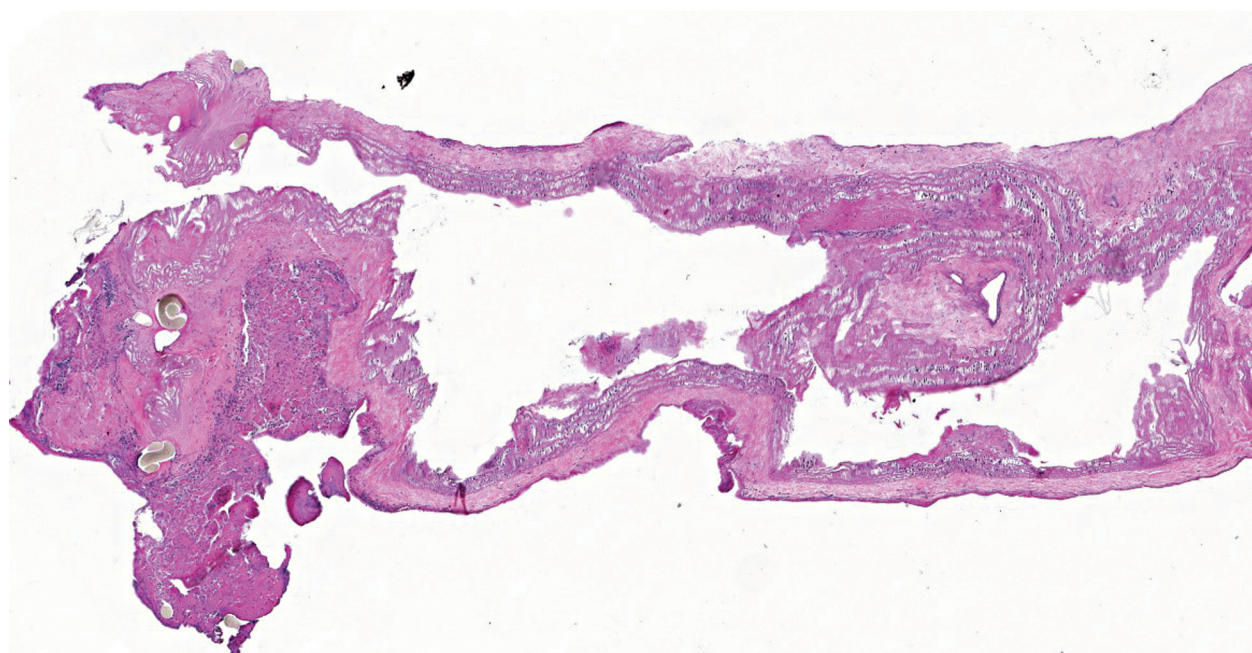
A análise histopatológica demonstrou que todas as amostras de enxerto dos grupos aberto e fechado (100%) apresentaram degeneração da íntima e média, representada por: perda de detalhes nucleares e fragmentação de células endoteliais e musculares lisas (►Figs. 10–12).

A análise também mostrou que todas as amostras de enxerto dos grupos aberto e fechado (100%) apresentaram reação de corpo estranho,²⁴ nesse caso infiltrado inflamatório mononuclear, apenas nas linhas anastomóticas.

Nenhuma das amostras de enxerto dos grupos aberto e fechado (0%) apresentou hipertrofia endotelial, ou infiltração inflamatória íntima ou na camada média do enxerto (►Figs. 10–12).

Estes achados também foram observados no enxerto de número 5 (►Fig. 10), que era pérvio 24 horas após a anastomose.

A avaliação das lâminas controles (►Fig. 13) mostrou que a camada íntima não tinha evidências de degeneração endotelial, perda de detalhes nucleares e hiperplasia. Além disso, a camada média não apresentava evidências de degeneração, sem fragmentação de células musculares lisas nem perda de detalhes nucleares.

**Fig. 10** Enxerto pérvio do grupo aberto após 24 horas.

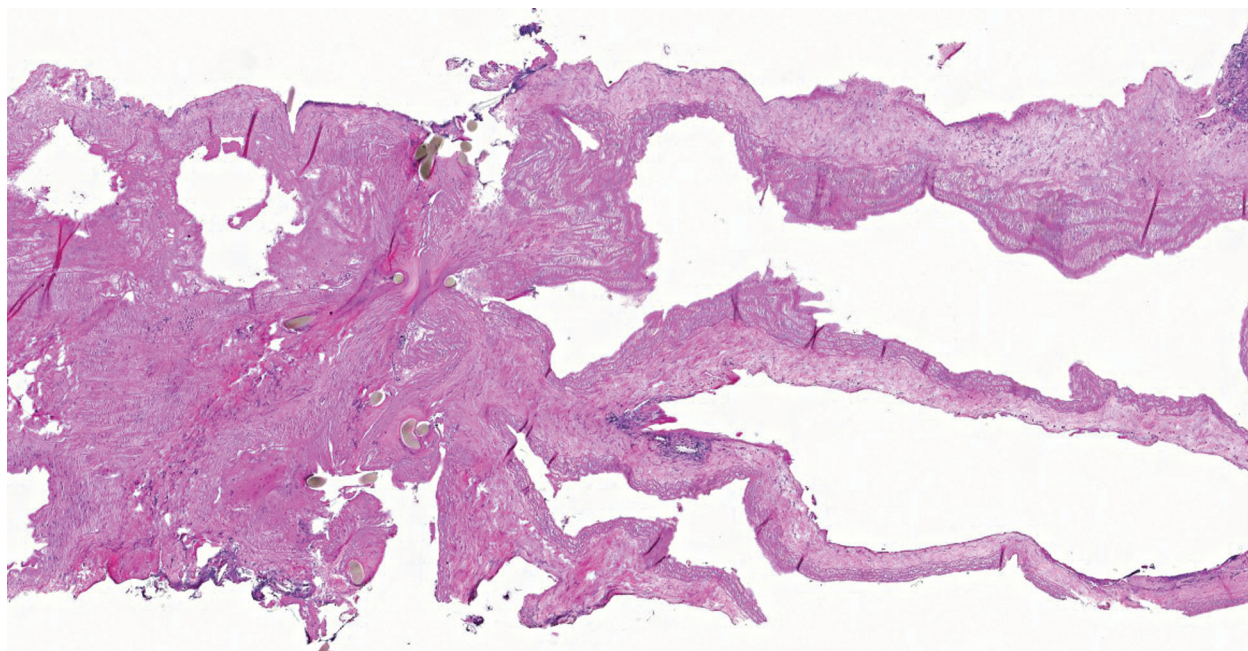


Fig. 11 Enxerto trombosado do grupo aberto após 24 horas.

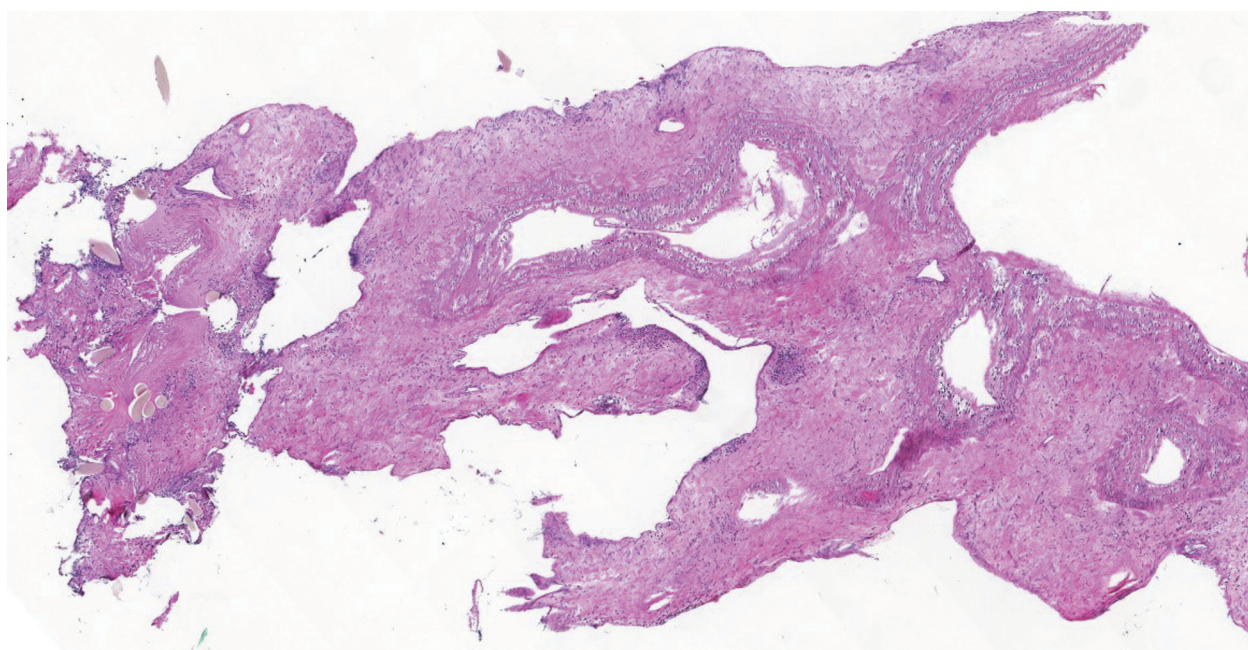


Fig. 12 Enxerto trombosado do grupo fechado após 24 horas.

Discussão

Estudos demonstraram que a capacidade de endotelização do enxerto vascular está relacionada à trombose, consistindo no crescimento da neoíntima sobre a parede interna do enxerto,^{25,26} próximo à anastomose. Além disso, a repopulação da camada média com novas células musculares também foi documentada,^{27,28} aumentando a funcionalidade do enxerto nos primeiros meses após o procedimento. Nossos achados indicam que o mesmo processo pode ocorrer em enxertos autólogos subcutâneos, com a vantagem de serem

menos imunogênicos do que os não autólogos.^{28,29} Mais estudos são necessários para avaliar essas possibilidades.

Estudos também mostraram que o método de preservação com glicerol faz com que as células da íntima e da média se tornem inviáveis. No entanto, a matriz extracelular é composta por colágeno III, elastina, proteoglicanos e glicoproteínas, sendo responsável por uma parte importante da estrutura arterial.^{24,30} Assim, não há comprometimento da integridade funcional do enxerto arterial. Nossa análise histológica mostrou que as células musculares da camada média apresentavam núcleos sombreados, indicando que eram inviáveis e que

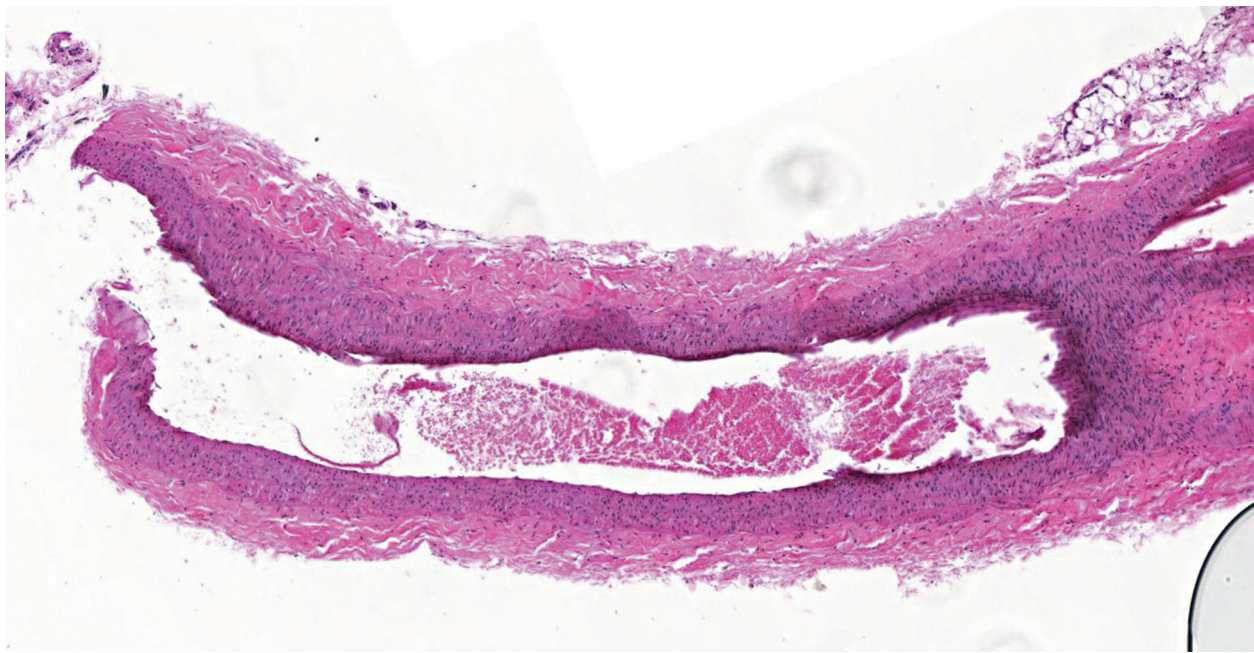


Fig. 13 Artéria femoral controle.

as células endoteliais apresentam menor coesão entre si e núcleos desintegrados (►Figs. 10–12). Apesar disso, não houve casos de ruptura do enxerto, sugerindo a manutenção da capacidade funcional da artéria.

Em nossa avaliação, o infiltrado inflamatório mononuclear estava presente apenas na linha anastomótica,²⁴ o que era esperado devido à reação de corpo estranho.

Infelizmente, após 24 horas, a permeabilidade foi de apenas 10% no grupo aberto e nula no grupo fechado. No entanto, o único caso de sucesso (►Fig. 8) reforçou a viabilidade do método. Acreditamos que, no caso de anomalias histológicas relacionadas ao método de armazenamento, todos os enxertos teriam falhado e não permitiriam os 90% de permeabilidade no grupo A e 80% no F nos primeiros 20 minutos após a anastomose. Atribuímos a baixa taxa de permeabilidade final a aspectos do modelo animal utilizado e à ausência de tratamento profilático trombótico pós-cirúrgico. O diâmetro total do enxerto carotídeo foi significativamente maior em comparação ao da artéria femoral (►Fig. 6) e nenhum tratamento antiplaquetário ou anticoagulante³¹ foi administrado.

A literatura relata taxas variadas de permeabilidade em microanastomoses de artérias femorais em ratos Wistar.³²

Além disso, a utilização de coelhos como modelo animal pode ser válida em estudos futuros.

A baixa taxa de permeabilidade não deve diminuir os achados histológicos, que sugerem a viabilidade de um banco de enxertos arteriais autólogos subcutâneo. Essa técnica tem execução simples, baixo custo e baixa taxa de infecção, podendo aumentar a eficácia dos enxertos arteriais e reduzir a necessidade de maior exploração vascular.

Estudos futuros com análises histológicas mais detalhadas, incluindo cortes transversais de enxertos arteriais, poderiam avaliar simultaneamente as três camadas de tecido arterial. Técnicas de coloração específicas podem ser empre-

gadas para análise da estrutura elástica dos enxertos. Além disso, um período de recuperação maior permitiria a avaliação da formação de neoíntima, da possibilidade de estenose e do processo de repopulação.

O presente projeto é inovador e pioneiro. Nenhum estudo avaliou a possibilidade de criação de bancos de enxertos arteriais autólogos subcutâneos. Devido à sua novidade e grande dificuldade técnica, não se esperava um grande percentual de permeabilidade nos enxertos arteriais era esperada.

Todos os procedimentos foram realizados pelo mesmo pesquisador treinado usando a mesma técnica.

Uma porcentagem maior de anastomoses pode apresentar permeabilidade com a implementação de adaptações metodológicas. A permeabilidade do enxerto do rato número 5 nos incentiva a manter nossa linha de pesquisa e investir mais tempo e estudos nessa nova técnica, que pode beneficiar pacientes se aprimorada.

O modelo animal e a terapia antiplaquetária ou anticoagulante pós-operatória podem ser aprimorados e ter papel importante nos resultados de permeabilidade do enxerto. A análise histológica pode ter como alvo a matriz extracelular, responsável por manter a funcionalidade do enxerto arterial. Os achados de modelos animais devem ser interpretados com cautela quando extrapolados para uso clínico.

Conclusão

Depois do experimento, todas as amostras de enxerto dos grupos A e F apresentaram perda dos núcleos de células musculares lisas e redução da coesão entre as células endoteliais. Não houve diferença estatística entre os grupos em termos de permeabilidade imediata e tardia.

As alterações histológicas presentes parecem ser semelhantes às observadas em outras técnicas utilizadas para

preservação de enxertos arteriais. O presente estudo piloto descreveu um método novo, promissor e de baixo custo, sem casos de infecção.

Vídeo 1

Enxerto arterial pérvio após 24h da anastomose. Online content including video sequences viewable at: <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/html/10.1055/s-0045-1812996>.

Comitê de Ética no Uso de Animais

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais sob número 1327/2019.

Declaração de Disponibilidade de Dados

Os dados serão disponibilizados mediante solicitação razoável ao autor correspondente (mat.scuracchio@gmail.com).

Suporte Financeiro

Este projeto recebeu apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo número 2021/04429-8, sob responsabilidade do Professor Fausto Viterbo.

Conflito de Interesses

Os autores não têm conflito de interesses a declarar.

Referências

- Mavrogenis AF, Markatos K, Saranteas T, et al. The history of microsurgery. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2019;29(02):247–254. Doi: 10.1007/s00590-019-02378-7
- Wong CH, Wei FC. Anterolateral thigh flap. *Head Neck* 2010;32(04):529–540. Doi: 10.1002/hed.21204
- Gottlieb LJ. Radial Forearm. *Clin Plast Surg* 2018;45(03):391–398. Doi: 10.1016/j.cps.2018.03.009
- Haynes WI, de Boutray M, Kennel T, Boetto J. Osteocutaneous radial forearm free flap for anterior cranial base reconstruction: Technical note. *Neurochirurgie* 2021;67(06):606–610. Doi: 10.1016/j.neuchi.2021.03.009
- Jeong W, Lee S, Kim J. Meta-analysis of flap perfusion and donor site complications for breast reconstruction using pedicled versus free TRAM and DIEP flaps. *Breast* 2018;38:45–51. Doi: 10.1016/j.breast.2017.12.003
- van Gijn DR, D'Souza J, King W, Bater M. Free Flap Head and Neck Reconstruction with an Emphasis on Postoperative Care. *Facial Plast Surg* 2018;34(06):597–604. Doi: 10.1055/s-0038-1676076
- Pohlenz P, Klatt J, Schön G, Blessmann M, Li L, Schmelzle R. Microvascular free flaps in head and neck surgery: complications and outcome of 1000 flaps. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2012;41(06):739–743. Doi: 10.1016/j.ijom.2012.02.012
- Squiers JJ, Mack MJ. Coronary artery bypass grafting—fifty years of quality initiatives since Favaloro. *Ann Cardiothorac Surg* 2018;7(04):516–520. Doi: 10.21037/acs.2018.05.13
- Maltais S, Widmer RJ, Bell MR, et al. Reoperation for Coronary Artery Bypass Grafting Surgery: Outcomes and Considerations for Expanding Interventional Procedures. *Ann Thorac Surg* 2017;103(06):1886–1892. Doi: 10.1016/j.athoracsur.2016.09.097
- Gallo M, Trivedi JR, Monreal G, Ganzel BL, Slaughter MS. Risk Factors and Outcomes in Redo Coronary Artery Bypass Grafting. *Heart Lung Circ* 2020;29(03):384–389. Doi: 10.1016/j.hlc.2019.02.008
- Moreira RWC, Costa PVA, Carrilho DDR. Tratamento da isquemia crítica de membros inferiores usando uma técnica híbrida. *J Vasc Bras* 2014;13(03):257–261. Doi: 10.1590/jvb.2014.043
- Aboyans V, Ricco JB, Bartelink MEL, et al. Editor's Choice - 2017 ESC Guidelines on the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases, in collaboration with the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2018;55(03):305–368. Doi: 10.1016/j.ejvs.2017.07.018
- Azadgoli B, Leland HA, Wolfswinkel EM, Bakhsheshian J, Russin JJ, Carey JN. Combined Direct and Indirect Cerebral Revascularization Using Local and Flow-Through Flaps [Revascularização cerebral direta e indireta combinada usando retalhos locais e de fluxo contínuo]. *J Reconstr Microsurg* 2018;34(02):103–107. Doi: 10.1055/s-0037-1606552
- Godina M. Preferential use of end-to-side arterial anastomoses in free flap transfers. *Plast Reconstr Surg* 1979;64(05):673–682
- Deppe AC, Liakopoulos OJ, Choi YH, et al. Endoscopic vein harvesting for coronary artery bypass grafting: a systematic review with meta-analysis of 27,789 patients. *J Surg Res* 2013;180(01):114–124. Doi: 10.1016/j.jss.2012.11.013
- Singla N, Singh SP, Gupta SK, Karthigeyan M, Radotra BD. Histopathology of subcutaneously preserved autologous bone flap after decompressive craniectomy: a prospective study. *Acta Neurochir (Wien)* 2014;156(07):1369–1373. Doi: 10.1007/s00701-014-2071-3
- Baldo S, Tacconi L. Effectiveness and safety of subcutaneous abdominal preservation of autologous bone flap after decompressive craniectomy: a prospective pilot study. *World Neurosurg* 2010;73(05):552–556. Doi: 10.1016/j.wneu.2010.02.018
- Kakodkar R, Nundy S, Soin AS. Use of banked cryopreserved veins from explanted recipient livers in living donor liver transplantation. *Surgery* 2008;144(01):93–95. Doi: 10.1016/j.surg.2007.10.008
- Špaček M, Měřička P, Janoušek L, et al. Current vascular allograft procurement, cryopreservation and transplantation techniques in the Czech Republic. *Adv Clin Exp Med* 2019;28(04):529–534. Doi: 10.17219/acem/90037
- Garbe S, Zatschler B, Müller B, et al. Preservation of human artery function following prolonged cold storage with a new solution. *J Vasc Surg* 2011;53(04):1063–1070. Doi: 10.1016/j.jvs.2010.10.093
- Fahner PJ, Legemate DA, van der Wal AC, et al. Comparison of preserved vascular allografts using glycerol and University of Wisconsin solution in a goat carotid artery transplantation model. *Eur Surg Res* 2012;48(02):64–72. Doi: 10.1159/000334170
- Carrel A. LATENT LIFE OF ARTERIES. *J Exp Med* 1910;12(04):460–486. Doi: 10.1084/jem.12.4.460
- Berridge BR, Mowat V, Nagai H, et al. Non-proliferative and Proliferative Lesions of the Cardiovascular System of the Rat and Mouse. *J Toxicol Pathol* 2016;29(03):1S–47S. Doi: 10.1293/tox.29.3s-1
- Fahner PJ, Idu MM, van Gulik TM, van Wijk B, van der Wal AC, Legemate DA. Glycerol-preserved arterial allografts evaluated in the infrarenal rat aorta. *Eur Surg Res* 2009;42(02):78–86. Doi: 10.1159/000180114
- Pashova A, Work LM, Nicklin SA. The role of extracellular vesicles in neointima formation post vascular injury. *Cell Signal* 2020;76:109783. Doi: 10.1016/j.cellsig.2020.109783
- Wang Y, Xu Y, Yan S, et al. Adenosine kinase is critical for neointima formation after vascular injury by inducing aberrant DNA hypermethylation. *Cardiovasc Res* 2021;117(02):561–575. Doi: 10.1093/cvr/cvaa040
- Amensag S, Goldberg L, O'Malley KA, Rush DS, Berceli SA, McFetridge PS. Pilot assessment of a human extracellular matrix-based vascular graft in a rabbit model. *J Vasc Surg* 2017;65(03):839–847.e1. Doi: 10.1016/j.jvs.2016.02.046

- 28 Massaro MS, Kochová P, Pálek R, et al. Decellularization of Porcine Carotid Arteries: From the Vessel to the High-Quality Scaffold in Five Hours. *Front Bioeng Biotechnol* 2022;10:833244. Doi: 10.3389/fbioe.2022.833244
- 29 Mangold S, Schrammel S, Huber G, et al. Evaluation of decellularized human umbilical vein (HUV) for vascular tissue engineering - comparison with endothelium-denuded HUV. *J Tissue Eng Regen Med* 2015;9(01):13–23. Doi: 10.1002/term.1603
- 30 Fahner PJ, Idu MM, Legemate DA, et al. Morphological and functional alterations in glycerol preserved rat aortic allografts. *Int J Artif Organs* 2004;27(11):979–989. Doi: 10.1177/039139880402701111
- 31 DelMauro MA, Chen K, Keller A. Reducing Length of Stay after Microsurgical Breast Reconstruction with a Standardized Postoperative Protocol. *J Reconstr Microsurg* 2019;35(08):557–567. Doi: 10.1055/s-0039-1687916
- 32 Menezes Neto BF, Oliveira Neto FV, Secanho MS, Carvalho LB, Moragas WR, Fernandes MS. Submerged vascular anastomosis. A technique for vascular suturing in experimental microsurgery. *Acta Cir Bras* 2021;36(08):e360807. Doi: 10.1590/ACB360807