

Anatomia da circulação medular

Anatomy of spinal blood supply

Alexandre Campos Moraes Amato^{1,2}, Noedir Antônio Groppo Stolf²

Resumo

A intrincada anatomia tridimensional da irrigação medular é frequentemente explanada na literatura com diferentes nomenclaturas e devido a sua alta relevância no estudo da isquemia medular, o estudo da terminologia se faz necessário para melhor compreensão do tema. A artéria de Adamkiewicz, também chamada de artéria radicular magna, é a via principal. Foi realizada a revisão da literatura com equiparação das nomenclaturas utilizadas e elaboração de descrição acurada e sumarizada do conhecimento atual sobre a vascularização medular.

Palavras-chave: medula espinhal; anatomia; coluna vertebral; aorta.

Abstract

The intricate three-dimensional vascular anatomy of the spinal cord is still not completely understood, and its terminology varies between studies. In view of its importance in spinal ischemia, an analysis is needed of the anatomic vocabulary used to describe the spinal cord blood supply to improve understanding of the subject. The main supply is the Adamkiewicz artery, also known as great anterior radicular artery. The literature was reviewed to equate the different nomenclatures employed and an accurate description of current knowledge on spinal cord vascularization was prepared.

Keywords: spinal cord; anatomy; spine; aorta.

¹Universidade de Santo Amaro – Unisa, São Paulo, SP, Brasil.

²Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, SP, Brasil.

Fonte de financiamento: Nenhuma.

Conflito de interesse: Os autores declararam não haver conflitos de interesse que precisam ser informados.

Submetido em: Fevereiro 05, 2015. Aceito em: Junho 30, 2015.

O estudo foi realizado na Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP, Brasil.

■ INTRODUÇÃO

A irrigação medular foi estudada inicialmente por Albert Wojciech Adamkiewicz [AFI: ʔadamkieviʃ]^{1,2}, patologista polonês, em 1881³⁻⁶. A artéria radicular magna carrega seu nome como epônimo: a artéria de Adamkiewicz (AKA)⁴.

O conhecimento da irrigação da medula espinhal é importante no planejamento terapêutico das doenças aórticas, porém, sua vasculatura é complexa e difícil de estudar devido ao pequeno calibre de suas artérias que correm em uma intrincada rede tridimensional com grande variabilidade anatômica⁷. A ausência de um exame de imagem padrão ouro também dificulta a comparação dos métodos de imagem existentes⁸.

O presente projeto visa elucidar a apresentação anatômica da vasculatura medular.

■ REVISÃO DA LITERATURA

A intrincada anatomia tridimensional da irrigação medular é frequentemente explanada na literatura com diferentes nomenclaturas⁹ e merece ser apresentada para elucidação da norma seguida (Tabela 1).

As artérias intercostais e lombares que alimentam a medula espinhal originam-se da aorta, assim como os ramos subclávios e hipogástricos. As artérias lombares e intercostais dividem-se três vezes antes de alcançar a medula espinhal. Seu primeiro ramo é o espinhal que se divide nas artérias radiculares anterior e posterior, e mais adiante bifurca-se em ramo dorsal e vertebral. A última bifurcação do ramo espinhal é constante para o suprimento anterior e posterior do canal vertebral, das raízes nervosas e da dura-máter, somente em alguns níveis, as artérias radiculares anterior e posterior atravessam a dura-máter e alcançam a medula. Somente alguns (2-14, média de 6) desses ramos segmentares persistem até a idade adulta. A artéria espinhal anterior (ASA), crucial para a vascularização medular e funículos anterior e lateral, é basicamente um canal anastomótico entre os ramos ascendentes e descendentes das artérias radiculares anteriores adjacentes (Figura 1).

Geralmente uma das artérias radiculares anteriores é dominante perante as outras em calibre e é chamada de artéria radicular anterior magna ou artéria de Adamkiewicz (Figura 2). A artéria radicular posterior

Tabela 1. Termos encontrados na literatura e termo sugerido em português.

Mais frequente	Sinônimos	Termo Adotado
Aorta	Aorta	Aorta
Artérias segmentares	<i>Segmental a.</i> ¹⁰ , <i>segmental posterior intercostal a.</i> ^{9,11} , <i>radicular a.</i> ¹² <i>aa. intercostales, intercostal a.</i> ¹³ <i>aa. lumbales</i>	Artérias segmentares AA. intercostais posteriores (TA) lombares
Ramo ventral	<i>vertebral branch</i> ⁹ , <i>ventral branch</i> ¹¹ , <i>dural a.</i> ¹² , <i>anterior branch</i> ^{13,14} , <i>anterior ramus, muscular branch</i> ¹⁵	Ramo vertebral
Ramo dorsal	<i>dorsal branch</i> ¹¹ , <i>muscular branch</i> ^{14,16} , <i>branches to erector spinae</i> <i>and intercostal muscle</i> ¹⁷ , <i>dorsal somatic branch</i> ¹⁵	Ramo dorsal (TA)
Artéria radiculomedular	<i>Dorsal ramus intercostal a.</i> ¹² , <i>nervomedullary a.</i> ^{7,9,11} , <i>spinal</i> <i>branch</i> ¹¹ , <i>radicular a.</i> ¹² , <i>radicular medullary dural a.</i> ¹⁸ , <i>radiculomedullary a.</i> ^{13,14,16} , <i>ramo espinhal</i> ¹⁹ , <i>posterior ramus</i>	Ramo espinhal (TA)
Ramo anterior da artéria radicular	<i>anterior radicular a.</i> ^{9,10,20} , <i>medullary a.</i> ¹² , <i>anterior medullary a.</i> ¹⁸ , <i>anterior radiculomedullary aa.</i> ^{16,17} , <i>a. radicular anterior</i> ¹⁹ , <i>anterior</i> <i>spinal canal a., segmental a.</i> ²¹	Ramo radicular anterior (TA)
Ramo posterior da artéria radicular	<i>posterior radicular a.</i> ^{9,10,20} , <i>medullary a.</i> ¹² , <i>posterior medullary</i> <i>a.</i> ¹⁸ , <i>posterior radiculomedullary aa.</i> ¹⁶ , <i>a. radicular posterior</i> ¹⁹ , <i>posterior segmental medullary a.</i> ²²	Ramo radicular posterior (TA)
Artéria espinhal posterolateral	<i>posterolateral spinal aa.</i> ^{9,18} , <i>posterior spinal aa.</i> ^{12,16} , <i>posterior pial</i> <i>arterilar plexus</i> ¹⁰ , <i>aa. espinhais posteriores</i> ¹⁹	Artéria espinhal posterolateral
Artéria espinhal anterior	<i>a. spinalis anterior</i> ^{5,6} ; <i>anterior spinal a.</i> ^{12-14,18} , <i>anterior median</i> <i>spinal a.</i> ¹⁰ , <i>anterior long spinal a.</i>	Artéria espinhal anterior (TA)
Artery of Adamkiewicz	<i>a. radicularis magna, great(er) radicular a., anterior great(er)</i> <i>radicular a., lumbar enlargement a., anterior radiculomedullary a.,</i> <i>major radicular a., dominant radiculomedullary a., e outros.</i> ^{9,11,23}	Artéria de Adamkiewicz*
Artérias lombares	<i>aa. lumbales</i>	Artérias lombares (TA)
Artérias intercostais	<i>aa. intercostales, intercostal a.</i> ¹³	Artérias intercostais posteriores (TA)
Artérias sulcais	<i>a. sulci</i> ^{15,6} , <i>sulcal a.</i> ^{10,11} , <i>aa. sulcais</i> ¹⁹ , <i>medial medullary branch</i> ²² , <i>sulco-commissural a.</i> ²¹	Artérias sulcais
Plexo pial	<i>pial plexus</i> ¹⁸	Plexo pial**

TA: Termo adaptado da Terminologia Anatômica²⁴. *Epônimo adotado mediante frequência de uso na literatura²³. **Termo não existente na Terminologia Anatômica.

tem um padrão semelhante, mas dá origem a dois canais anastomóticos longitudinais: as artérias espinhais posterolaterais. Artérias que suprem a medula espinhal são divididas em um sistema central, alimentado pelas artérias sulcais, e em um outro sistema periférico, o plexo pial, que origina ramos perforantes (Figura 2)^{7,25-27}.

A drenagem medular não é menos controversa, sendo suas características principais a presença posterior da veia radicular magna em formato “coat-hook”, veia espinhal posterior e a presença de veia espinhal anterior¹⁵. A importância anatômica da drenagem venosa para este trabalho reside na diferenciação anatômica do sistema arterial (Figura 3) e não será aprofundada. Posteriormente, existe apenas uma veia espinhal posterior, ao invés de duas veias posterolaterais menores, que é frequentemente de maior calibre que a veia mediana anterior²⁸.

Apesar de haver uma artéria identificável isolada irrigando a medula espinhal na altura torácica, ela não é a única responsável pela irrigação medular.

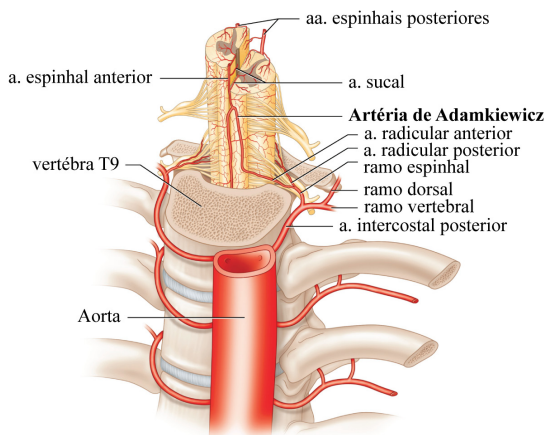


Figura 1. Desenho esquemático do suprimento sanguíneo da medula espinhal.

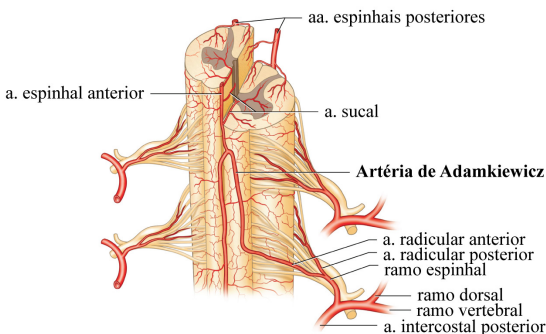


Figura 2. Anatomia da irrigação medular arterial, evidenciando a artéria de Adamkiewicz.

Griep et al. recentemente aprimoraram o conceito de rede de circulação colateral para a irrigação medular²⁹, detalhando sua redundância vascular, porém, a importância da AKA ainda não está devidamente esclarecida. Existe uma rede axial de pequenas artérias no canal medular, nos tecidos paravertebrais e músculos paraespinhosos que se anastomosam entre si e com as artérias nutridoras medulares; a entrada para essa rede inclui vasos segmentares (artérias intercostais e lombares), artérias subclávias, hipogástricas e seus ramos (Figura 4)^{30,31}. Além dessas múltiplas vias de entrada, também existe uma extensa rede arterial epidural e pequenos vasos que suprem a musculatura paraespinhal. Todos esses vasos estão interconectados

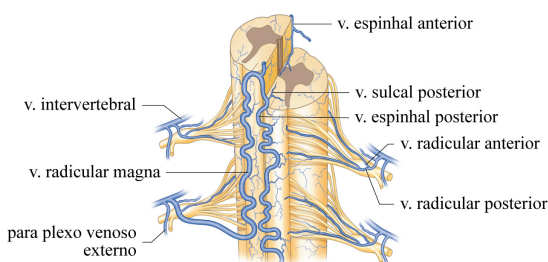


Figura 3. Drenagem venosa medular.

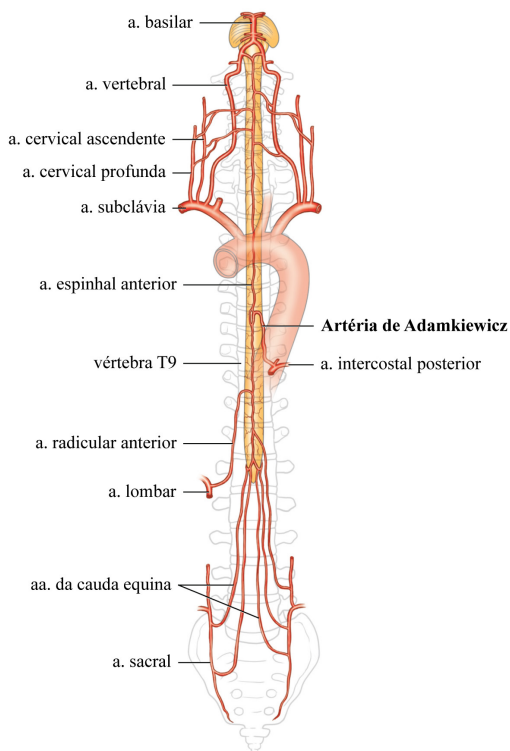


Figura 4. Rede de colaterais: artérias subclávias, hipogástricas, intercostais e lombares.

e possuem anastomoses com as artérias subclávias cranialmente e hipogástricas caudalmente³¹.

Essa rede colateral pode prover fluxo compensatório no cordão espinhal na eventualidade da oclusão das vias mais calibrosas³¹, além de poder aumentar o fluxo de uma fonte quando outra está reduzida; e também o inverso: a diminuição de fluxo pode ocorrer se uma via alternativa de baixa resistência for aberta, ou seja, no roubo arterial²⁹. Segundo a teoria de fluxo parcial de Adamkiewicz, o fluxo na artéria espinhal anterior parte das artérias radiculares ao chegar na medula em duas correntes, uma cranial e outra caudal, e, assim, a alteração pressórica, ou oclusão de via da rede colateral, pode inverter o fluxo na artéria espinhal anterior¹¹.

■ INFLUÊNCIA NA ISQUEMIA MEDULAR PÓS-OPERATÓRIA

Trabalho recente de avaliação retrospectiva em modelo de risco em banco de dados de 19 centros europeus com 2.235 pacientes cadastrados revelou que 38 (1,7%) pacientes apresentaram isquemia medular sintomática, evidenciando que a exclusão endovascular das artérias intercostais associada à interrupção de outra via colateral de irrigação medular é fator de risco para esse evento. O algoritmo matemático aplicado identificou a hipotensão intraoperatória e a exclusão simultânea de pelo menos dois territórios de irrigação medular como relevantes na gênese da isquemia, concluindo que somente a exclusão extensa de artérias intercostais não está associada com isquemia medular sintomática³⁰. Apesar disso, a avaliação retrospectiva de 457 pacientes e suas complicações intra-hospitalares demonstrou que paraplegia e paraparesia estavam significativamente relacionadas à exclusão endovascular de mais de 20 cm de aorta³², associação esta que corrobora a importância das artérias segmentares na irrigação medular. Yingbin et al.³³ demonstrou a importância da identificação da AKA na seleção de endopróteses longas em casos de dissecação aórtica.

Artigo sobre a interrupção da AKA durante espondilectomia³⁴ sugere que a AKA não é a única via importante de irrigação medular.

O mecanismo da isquemia medular após reparo endovascular de aneurisma de aorta torácica não está completamente elucidado e aparentemente está relacionado a um intrincado mecanismo de diferentes fatores, e não exclusivamente à interrupção permanente do suprimento pela artéria segmentar^{9,35}. O conceito de rede colateral descrita por Griep et al. propõe a existência de extenso suprimento sanguíneo

redundante medular. Entretanto, em situações agudas, como procedimentos cirúrgicos, a perfusão medular depende do gradiente de pressão arterial e do fluido cerebroespinhal³⁵. A isquemia medular está, portanto, correlacionada a episódios perioperatórios de hipotensão e exclusão da artéria hipogástrica, como parte da rede colateral²⁸.

■ CONCLUSÃO

Apesar da grande variação da terminologia encontrada na literatura, os estudos mostram concordância na anatomia da circulação medular e na existência de grande rede de circulação colateral. A normatização da nomenclatura se faz necessária e a sugestão deste estudo é baseada na atual terminologia anatômica.

A importância clínica do conhecimento anatômico dessa região é importante no planejamento cirúrgico endovascular de procedimentos na aorta, a fim de minimizar o risco de isquemia, evitando oclusão desnecessária das vias de irrigação medular.

■ REFERÊNCIAS

1. Forvo. Palavra: adamkiewicz. Pronúncia em polonês. [citado 2012 set 30]. <http://pt.forvo.com/word/adamkiewicz/>.
2. Zeldes A. Automatic phonetic transcription and syllable analysis. [citado 2012 out 10]. <http://web.archive.org/web/20140122114850/http://korpling.german.hu-berlin.de/~amir/phon.php>.
3. Milen MT, Bloom DA, Culligan J, Murasko K. Albert Adamkiewicz (1850-1921)--his artery and its significance for the retroperitoneal surgeon. *World J Urol.* 1999;17(3):168-70. <http://dx.doi.org/10.1007/s003450050126>. PMID:10418091.
4. Skalski JH, Zembala M. Albert Wojciech Adamkiewicz: the discoverer of the variable vascularity of the spinal cord. *Ann Thorac Surg.* 2005;80(5):1971-5. <http://dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2005.06.022>. PMID:16242505.
5. Adamkiewicz A. Die blutgefäße des menschlichen rückenmarkes. I theil. *Sitzungsber. Kaiserl. Akad. Wiss., Wien, Math.-Naturwiss. Cl.* 1881;84(3):469-502.
6. Adamkiewicz A. Die blutgefäße des menschlichen rückenmarkes. II theil. *Sitzungsber. Kaiserl. Akad. Wiss., Wien, Math.-Naturwiss. Cl.* 1882;85(2):101-35.
7. Melissano G, Civilini E, Bertoglio L, Calliari F, Campos Moraes Amato A, Chiesa R. Angio-CT imaging of the spinal cord vascularisation: a pictorial essay. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2010;39(4):436-40. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejvs.2009.11.026>. PMID:20034815.
8. Valenstein PN. Evaluating diagnostic tests with imperfect standards. *Am J Clin Pathol.* 1990;93(2):252-8. PMID:2405632.
9. Chiesa R, Melissano G, Bertoglio L, et al. The risk of spinal cord ischemia during thoracic aorta endografting. *Acta Chir Belg.* 2008;108(5):492-502. PMID:19051455.
10. Toole JF, Patel AN. Cerebrovascular disorders. *United States of America: McGraw-Hill;* 1967.
11. Thron AK, Rossberg C. Vascular anatomy of the spinal cord: neuroradiological investigations and clinical syndromes. Springer; 1988.

12. Dickman C, Fehlings M, Gokaslan Z. Spinal cord and spinal column tumors: principles and practice. New York: Thieme; 2006.
13. Boll DT, Bulow H, Blackham KA, Aschoff AJ, Schmitz BL. MDCT angiography of the spinal vasculature and the artery of Adamkiewicz. *AJR Am J Roentgenol*. 2006;187(4):1054-60. <http://dx.doi.org/10.2214/AJR.05.0562>. PMID:16985157.
14. Yoshioka K, Niinuma H, Ehara S, Nakajima T, Nakamura M, Kawazoe K. MR angiography and CT angiography of the artery of Adamkiewicz: state of the art. *Radiographics*. 2006;26(Supl 1):S63-73. <http://dx.doi.org/10.1148/rg.26si065506>. PMID:17050520.
15. Takase K, Akasaka J, Sawamura Y, et al. Preoperative MDCT evaluation of the artery of Adamkiewicz and its origin. *J Comput Assist Tomogr*. 2006;30(5):716-22. <http://dx.doi.org/10.1097/01.rct.0000228150.35410.45>. PMID:16954917.
16. Yoshioka K, Niinuma H, Ohira A, et al. MR angiography and CT angiography of the artery of Adamkiewicz: noninvasive preoperative assessment of thoracoabdominal aortic aneurysm. *Radiographics*. 2003;23(5):1215-25. <http://dx.doi.org/10.1148/rg.235025031>. PMID:12975511.
17. Etz CD, Kari FA, Mueller CS, et al. The collateral network concept: a reassessment of the anatomy of spinal cord perfusion. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2011;141(4):1020-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtcvs.2010.06.023>. PMID:21419903.
18. Bowen BC, DePrima S, Pattany PM, Marcillo A, Madsen P, Quencer RM. MR angiography of normal intradural vessels of the thoracolumbar spine. *AJNR Am J Neuroradiol*. 1996;17(3):483-94. PMID:8881243.
19. Machado ABM. Neuroanatomia funcional. 2. ed. São Paulo: Atheneu; 2002.
20. Mauney MC, Blackburn LH, Langenburg SE. Prevention of spinal cord injury after repair of the thoracic or thoracoabdominal aorta. *Ann Thorac Surg*. 1995;59:245-52.
21. Charles YP, Barbe B, Beaujeux R, Boujan F, Steib JP. Relevance of the anatomical location of the Adamkiewicz artery in spine surgery. *Surg Radiol Anat*. 2011;33(1):3-9. <http://dx.doi.org/10.1007/s00276-010-0654-0>. PMID:20589376.
22. Manjila S, Haroon N, Parker B, Xavier AR, Guthikonda M, Rengachary SS. Albert Wojciech Adamkiewicz (1850-1921): unsung hero behind the eponymic artery. *Neurosurg Focus*. 2009;26(1):E2. <http://dx.doi.org/10.3171/FOC.2009.26.1.E2>. PMID:19119888.
23. Cech P, Kachlik D, Liskovec T, Musil V. Frekvence eponym s přijmením adamkiewicz a neeponymních alternativ pro pojmenování hlavní tepny hřbetní míchy v člácích vedených v databázi medline na počátku 21. století. *Plzen Lek Sb*. 2009;(S82):149-55.
24. Sociedade Brasileira de Anatomia. Terminologia anatômica internacional. São Paulo: Manole; 2001.
25. Thron AK. Vascular anatomy of the spine. Oxford: Oxford University Press; 2002.
26. Thron AK, Rossberg C. Vascular anatomy of the spinal cord: neuroradiological investigations and clinical syndromes. New York: Springer; 1988.
27. Thron AK. Vascular anatomy of the spinal cord: neuroradiological investigations and clinical syndromes. New York: Springer-Verlag; 1989.
28. Melissano G, Chiesa R. Advances in imaging of the spinal cord vascular supply and its relationship with paraplegia after aortic interventions. A review. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2009;38(5):567-77. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejvs.2009.07.011>. PMID:19713133.
29. Griep RB, Griep EB. Spinal cord perfusion and protection during descending thoracic and thoracoabdominal aortic surgery: the collateral network concept. *Ann Thorac Surg*. 2007;Feb;83(2):S865-9.
30. Czerny M, Eggebrecht H, Sodeck G, et al. Mechanisms of symptomatic spinal cord ischemia after TEVAR: insights from the European Registry of Endovascular Aortic Repair Complications (EuREC). *J Endovasc Ther*. 2012;19(1):37-43. <http://dx.doi.org/10.1583/11-3578.1>. PMID:22313200.
31. Griep EB, Di Luozzo G, Schray D, Stefanovic A, Geisbüsch S, Griep RB. The anatomy of the spinal cord collateral circulation. *Ann Cardiothorac Surg*. 2012;1(3):350-7. PMID:23977520.
32. Fattori R, Nienaber CA, Rousseau H, et al. Results of endovascular repair of the thoracic aorta with the Talent thoracic stent graft: The Talent thoracic retrospective registry. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2006;132(2):332-9.
33. Yingbin J, Jiefei M, Jian L, et al. Evaluation of the thoracic aortic dissection treated by endografts covering a longer distance of aorta according to the location of the Adamkiewicz artery. *Thorac Cardiovasc Surg*. 2013;61(7):569-74. PMID:22956338.
34. Murakami H, Kawahara N, Tomita K, Demura S, Kato S, Yoshioka K. Does interruption of the artery of Adamkiewicz during total en bloc spondylectomy affect neurologic function? *Spine*. 2010;35(22):E1187-92.
35. Chiesa R, Melissano G, Marrocco-Trischitta MM, Civilini E, Setacci F. Spinal cord ischemia after elective stent-graft repair of the thoracic aorta. *J Vasc Surg*. 2005;42(1):11-7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvs.2005.04.016>. PMID:16012446.

Correspondência

Alexandre Campos Moraes Amato
Av. Brasil - 2283, Jardim América
CEP 01431-001 - São Paulo (SP), Brasil
E-mail: dr.alexandre@amato.com.br

Informações sobre os autores

ACMA - Professor da Disciplina de Cirurgia Vasculard, Universidade de Santo Amaro (Unisa); Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo (USP).
NAGS - Professor Emérito de Cirurgia Cardiovascular, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo (USP).

Contribuições dos autores

Concepção e desenho do estudo: ACMA, NAGS
Análise e interpretação dos dados: ACMA, NAGS
Coleta de dados: ACMA, NAGS
Redação do artigo: ACMA, NAGS
Revisão crítica do texto: ACMA, NAGS
Aprovação final do artigo*: ACMA, NAGS
Análise estatística: N/A.
Responsabilidade geral pelo estudo: ACMA, NAGS

*Todos os autores leram e aprovaram a versão final submetida do J Vasc Bras.