

# O impacto da revascularização carotídea sobre a função cognitiva

## *The impact of carotid revascularization on cognitive function*

Germano da Paz Oliveira<sup>1</sup>, Ana Terezinha Guillaumon<sup>2</sup>, Iran Batista de Brito<sup>3</sup>, Joana Mayra Teixeira Lima<sup>3</sup>, Sérgio Clementino Benvindo<sup>4</sup>, Fernando Cendes<sup>5</sup>

### Resumo

A noção de que a doença carotídea pode comprometer a função cognitiva foi proposta inicialmente por Fisher, em 1951, baseado em um caso de necropsia. Porém, alguns tópicos envolvendo a função cognitiva permanecem controversos, tais como sua correlação com a doença obstrutiva da carótida. Nesse sentido, os autores desta revisão buscam avaliar o impacto da revascularização carotídea e a repercussão da técnica de revascularização empregada (endarterectomia *versus* angioplastia carotídea) sobre a função cognitiva. A partir da literatura levantada, ficou claro que as estenoses carotídeas estão relacionadas com o declínio cognitivo ao longo do tempo, mas ainda há controvérsia no que se refere ao impacto da revascularização carotídea sobre a função cognitiva. Quanto à técnica empregada (angioplastia *versus* endarterectomia carotídeas), a maioria dos estudos não demonstrou distinção entre as duas técnicas quanto ao desfecho cognitivo geral.

**Palavras-chave:** estenose das carótidas; terapia; endarterectomia das carótidas; cognição.

### Abstract

The concept that carotid disease may compromise cognitive function was initially proposed by Fisher in 1951, based on an autopsy case. However, some topics involving cognitive function remain controversial, such as its correlation with carotid obstructive disease. So, the authors of this review evaluate the impact of carotid revascularization on cognitive function and the repercussions of the revascularization technique (carotid stenting vs. endarterectomy) chosen. It was clear from the literature reviewed that carotid stenosis is related to a decline in cognitive function over time. However, controversy still remains over the impact of carotid revascularization on cognitive function. With relation to the technique employed (carotid stenting vs. endarterectomy), the majority of studies found no difference between the two techniques in terms of overall cognitive outcome.

**Keywords:** carotid stenosis; therapy; carotid endarterectomy; cognition.

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Faculdade de Ciências Médicas – FCM, Campinas, SP, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Faculdade de Ciências Médicas – FCM, Departamento de Cirurgia, Campinas, SP, Brasil.

<sup>3</sup> Universidade Federal do Piauí – UFPI, Faculdade de Medicina, Teresina, PI, Brasil.

<sup>4</sup> Centro Universitário UniNovafapi, Teresina, PI, Brasil.

<sup>5</sup> Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Faculdade de Ciências Médicas – FCM, Departamento de Neurologia, Campinas, SP, Brasil.

Fonte de financiamento: Nenhuma.

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

Submetido em: 15.11.13. Aceito em: 06.02.14.

O estudo foi realizado na Universidade Estadual de Campinas-Unicamp.

## ■ INTRODUÇÃO

A noção de que a doença carotídea pode comprometer a função cognitiva foi proposta inicialmente por Fisher, em 1951, baseado em um caso de necropsia<sup>1,2</sup>. O autor postulou que a doença oclusiva da carótida provocaria um estado de demência e propôs que a restauração do fluxo anterógrado reverteria esta condição. Tal fato contribuiu para a primeira reconstrução carotídea (1951)<sup>1,3</sup> e, posteriormente, as primeiras endarterectomias de carótida (EC)<sup>1,4,5</sup> em pacientes com acidente vascular cerebral (AVC) e estenoses na carótida interna, introduzindo EC como uma conduta importante no manejo do AVC<sup>1</sup>.

Função cognitiva (FC) é o termo utilizado para descrever como uma pessoa produz e controla seus processos mentais e comportamentais, tais como pensar, aprender, recordar, resolver problemas e memorizar<sup>1</sup>. A grande diferença entre o déficit cognitivo e o déficit neurológico é que o último é baseado na perda de uma função sensorial ou motora localizada – tal como o movimento de um membro –, enquanto o primeiro correlaciona-se com a perda de um sistema, tal como a habilidade de memorizar novos fatos. Estudos sugerem que um em cada três norte-americanos terá a experiência de um AVC, demência ou ambos durante suas vidas<sup>6,7</sup>, e que, após o evento cerebrovascular, 64% dos indivíduos desenvolverão demência<sup>6,8</sup>. O risco de incidência de demência em idosos aumenta quatro vezes após um AVC isquêmico<sup>6,9</sup>.

Estudos mostraram claramente que indivíduos com déficits cognitivos isolados estão sob um risco maior de problemas no emprego, têm dificuldade com atividades da vida diária, são dependentes de terceiros e são maus motoristas<sup>1,10,11</sup>.

Porém, alguns tópicos envolvendo a FC permanecem controversos, tais como sua correlação com a doença obstrutiva da carótida. Nesse sentido, os autores desta revisão buscam avaliar o impacto da revascularização carotídea e a repercussão da técnica de revascularização carotídea empregada (EC *versus* angioplastia carotídea) sobre a FC.

## ■ MÉTODO

A metodologia utilizada foi uma revisão bibliográfica, tendo como base da investigação as seguintes perguntas:

- Existe impacto da revascularização carotídea sobre a função cognitiva?
- Há diferença entre as duas diferentes técnicas de intervenção (endarterectomia e angioplastia)?

Para a busca de artigos, foi utilizada a base de dados eletrônica PubMed. Esta foi consultada retrospectivamente, desde 1951 até 2013, utilizando-se as seguintes palavras-chave: *carotid endarterectomy; carotid stenting; cognitive changes; cognitive function*. A busca se limitou a artigos escritos em inglês.

Artigos identificados pela estratégia de busca inicial foram avaliados independentemente por dois autores. No intuito de não correr o risco de excluir estudos importantes para a revisão, após reunião de consenso, os dois revisores selecionaram todos os títulos identificados, acompanhados ou não do resumo, potencialmente relevantes ao objeto de estudo. Após a seleção dos títulos relevantes, realizaram-se a recuperação dos artigos na íntegra e a avaliação de cada artigo, mediante protocolo contendo os tópicos: tipo de estudo, amostra, intervenção adotada, resultados encontrados. Foram incluídos todos os estudos longitudinais prospectivos e retrospectivos, artigos de revisão e meta-análises que atendiam a estas exigências. Artigos ainda não publicados (*in press*), comentários e editoriais além de relatos de casos e estudos transversais foram excluídos. Artigos com conteúdos muito semelhantes também foram excluídos, dando-se prioridade para citação dos autores que primeiramente publicaram sobre o tema e/ou aqueles com amostras maiores e mais recentes. Os estudos incluídos foram escolhidos no sentido de responderem às perguntas que norteiam esta revisão bibliográfica. Assim, diante de 189 artigos levantados, 67 foram usados como base para esta revisão.

## ■ RESULTADOS

### **Mecanismos para as alterações cognitivas que seguem a revascularização carotídea**

A estenose de artéria carótida é reconhecidamente um fator de risco para o comprometimento cognitivo<sup>6,12</sup>. No entanto, estudos dos efeitos da revascularização na cognição são controversos<sup>6,13</sup>. Se, por um lado, a intervenção na estenose carotídea seria benéfica porque restauraria o fluxo sanguíneo cerebral<sup>2,6</sup> por outro, uma revisão sugeriu declínio cognitivo com a revascularização carotídea por outros mecanismos relacionados aos pacientes e à técnica empregada<sup>1</sup>.

Os fatores relacionados aos pacientes incluem injúria cerebral prévia manifesta como AVC, infarto cortical prévio silencioso, injúria prévia da substância branca e morfologia da placa aterosclerótica<sup>1</sup>.

Já os fatores relacionados à técnica empregada incluem: microembolização, novos microinfartos cerebrais, duração do hipofluxo cerebral e incidência de hipotensão sistêmica durante a revascularização<sup>1</sup>.

### **Microinfartos cerebrais silenciosos e declínio cognitivo**

Um estudo de Rotterdam demonstrou que a presença de infartos silenciosos em idosos saudáveis, identificados por ressonância nuclear magnética (RNM), dobra o risco de desenvolvimento de demência e diminui a FC no seguimento<sup>1,14</sup>. Esses achados foram confirmados por outros importantes estudos<sup>15-17</sup>.

Por outro lado, manipulações cirúrgicas ou por cateteres da aorta durante procedimentos cardíacos resultam em injúria cerebral por microembolizações<sup>1,18,19</sup>. O declínio cognitivo pós-operatório encontrado nesses pacientes tem sido relacionado com essas microembolias<sup>1,20-22</sup>. Também nesse sentido, outros estudos demonstram que a manipulação da artéria carótida durante a sua revascularização causa ateroembolização com consequentes microinfartos cerebrais silenciosos<sup>1,23-25</sup>.

O Doppler Transcraniano (DTC) é capaz de diferenciar material microembólico gasoso e particulado, durante procedimentos de revascularização<sup>26,27</sup>. Gaunt et al.<sup>28</sup> mostraram que a ocorrência de mais do que dez microembolias particuladas durante a dissecação inicial da EC é associada a declínio cognitivo. Distinguir êmbolos particulados, clinicamente mais relevantes, dos êmbolos gasosos deve ser incentivado com o uso de técnicas de monitoramento com DTC multifrequencial<sup>26,28,29</sup>.

Em publicação de 2011, um trabalho envolvendo monitoração com DTC identificou aproximadamente 15 microembolias (DP de 22) durante EC; 319,3 (DP de 110,3) durante angioplastia carotídea (AC) com filtro distal, e 184,2 (DP de 110,5) durante AC tendo o fluxo reverso como método de proteção cerebral. A diferença foi considerada significativa entre a técnica de EC e qualquer uma das técnicas de AC. Não foi significativa, entretanto, a diferença anotada entre as técnicas de AC, muito provavelmente por causa do reduzido número de pacientes estudados (14, 14 e 5, respectivamente)<sup>30</sup>.

Condizente com esses achados, outro grupo comparou pacientes assintomáticos submetidos a EC e AC com filtro distal (20 e 23 pacientes, respectivamente), e encontrou significativa diferença de microinfartos cerebrais detectados por RNM por difusão, bem mais frequentes na AC (21% *versus*

0%)<sup>31</sup>. Em comparação de EC com AC, Roh et al.<sup>32</sup> observaram que tanto os eventos neurológicos como novas lesões em RNM foram muito mais comuns com AC. No seu estudo, Rapp et al.<sup>33</sup> reportaram uma série de 48 pacientes submetidos a 54 AC com excelentes resultados clínicos, mas com considerável número de novas lesões nas RNM por difusão. Apesar de muitas vezes estas lesões não se correlacionarem com alterações clínicas, estudos já demonstraram que injúrias embólicas repetitivas provocam efeito cumulativo<sup>31,34</sup>.

Entretanto, não está totalmente elucidado em que essas diferenças poderiam influenciar nos resultados neurocognitivos da revascularização carotídea, já que o foco dos grandes estudos tem sido o AVC<sup>1</sup>. Estudo realizado com pacientes de cirurgia cardíaca demonstrou que os eventos embólicos durante o procedimento estiveram relacionados com o déficit de memória<sup>26,35</sup>. Por alusão, tal achado pode também ser relevante em pacientes submetidos à revascularização carotídea.

### **Alterações hemodinâmicas e repercussão na função cognitiva**

A revascularização carotídea resulta em melhora do fluxo sanguíneo cerebral, o que pode traduzir uma melhora da FC<sup>1,26,36-39</sup>. Borroni et al.<sup>39</sup> identificaram um subgrupo de seus pacientes submetidos à EC que tinham demência vascular moderada. Desse subgrupo, 60% demonstraram melhora cognitiva após a cirurgia. Esse potencial benefício poderia ser conseguido para todos os pacientes, independentemente da técnica de revascularização.

Entretanto, cada técnica está associada com redução do fluxo cerebral transitória<sup>1</sup>, relacionada em alguns estudos<sup>1,26,38,40-44</sup> com déficit cognitivo transitório ou persistente. EC é geralmente associada com períodos mais longos de privação de fluxo carotídeo ipsilateral (média de 337 segundos), quando comparada à AC (média de 26 segundos;  $p < 0,001$ )<sup>43</sup>.

Estudo realizado com pacientes de cirurgia cardíaca demonstrou que a hipoperfusão durante o procedimento esteve relacionada com o déficit de atenção<sup>35</sup>. Tal achado é também relevante em pacientes submetidos a procedimentos de revascularização carotídea, uma vez que estes também podem cursar com algum grau de hipoperfusão.

Hipoperfusão cerebral ocorre quando o fluxo cerebral cai para menos do que 30% do fluxo normal<sup>23,26,44</sup>. Para evitar hipoperfusão durante a EC, uma estratégia de *shunt* seletivo (guiado por monitoração cerebral usando eletroencefalograma

contínuo, DTC ou exame neurológico) ou *shunt* universal é normalmente usada<sup>26,41,44-46</sup>. Mais recentemente, oximetria cerebral, índice biespectral e potenciais evocados também estão sendo usados em alguns centros para maximizar a monitoração cerebral durante a cirurgia<sup>24,47,48</sup>.

Por outro lado, hipotensão sistêmica (redução na pressão sistólica sistêmica de menos de 30 mmHg, comparada com o valor basal) é outro evento que pode acontecer em ambos os procedimentos de revascularização,<sup>26,45</sup> ocorrendo com mais frequência na AC (mais de 68% dos pacientes)<sup>49-52</sup> e sendo associada com elevações de marcadores bioquímicos (S100B) de injúria glial<sup>53</sup>.

Apesar de AC envolver períodos mais curtos de privação de fluxo sanguíneo, parece haver mais instabilidade hemodinâmica quando comparada com EC. O impacto combinado desses fatores que concorrem entre si não foi ainda totalmente avaliado<sup>1</sup>.

### **Alterações cognitivas após revascularização carotídea: endarterectomia versus angioplastia carotídea**

Revisões sistemáticas de Lunn et al. e Irvine et al. exemplificam a completa ausência de consenso envolvendo a cognição após EC<sup>54,55</sup>. Eles encontraram 16 de 28 estudos demonstrando melhora na FC após EC. Os 12 restantes ou não mostraram melhora ou até evidenciaram piora.

Heyer et al. compararam a FC de 80 pacientes submetidos à EC com controles submetidos à cirurgia ortopédica. Eles encontraram um declínio em um de cada quatro testes cognitivos e, quando todos os testes foram combinados, houve um declínio significativo nos escores globais no grupo da EC. Esse estudo foi limitado por um pequeno e incompleto seguimento<sup>56</sup>.

Os primeiros estudos de que se tem conhecimento envolvendo as angioplastias carotídeas (AC) enfatizaram suas consequências neurocognitivas, mas a metodologia de AC evoluiu e, atualmente, inclui colocação de *stent* e dispositivos de proteção cerebral<sup>1,57</sup>. A forma mais comum de proteção cerebral é o filtro colocado na carótida interna distal antes da angioplastia da bifurcação carotídea e foi desenvolvida para reduzir a microembolização, mas não foi capaz de eliminar totalmente a ocorrência desse fenômeno. Explica-se esse fato pela falta de proteção durante a instrumentação do arco aórtico e a passagem de fio guia através da lesão carotídea, e pela falha em capturar todos os êmbolos após a instalação do filtro<sup>30,58,59</sup>. A oclusão proximal e o fluxo reverso são potenciais alternativas a essas deficiências, já que ambos os dispositivos de proteção

cerebral são instalados antes da manipulação da lesão e implicam na abolição do fluxo anterógrado na carótida interna<sup>30</sup>.

Em um estudo de 2006,<sup>60</sup> 40 pacientes submeteram-se à AC com dispositivo de proteção cerebral. Baseados em minixames do estado mental, os autores reportaram melhora na FC após AC, tendência também verificada por outros autores<sup>61</sup>. Outros pesquisadores,<sup>62</sup> no entanto, concluíram, ao comparar um grupo de 24 pacientes submetidos à AC com um grupo-controle de pacientes submetidos à angioplastia coronariana, que a AC pode ser responsável por um declínio cognitivo moderado em curto prazo.

Quando se analisam os trabalhos que comparam uma técnica de revascularização carotídea com outra, ainda há muita controvérsia<sup>6,31,63-67</sup>. Capoccia et al., em estudo não randomizado, respeitando critérios clínicos e anatômicos para indicação de EC (20 pacientes) e AC (23 pacientes), e analisando minixames do estado mental realizados em curto e médio prazos nos dois grupos, concluíram que houve piora da FC apenas no segundo grupo. Tal aspecto foi relacionado positivamente pelos autores com um maior índice de lesões, detectadas nas primeiras 24 horas de pós-operatório pela ressonância magnética por difusão (0% e 21%, respectivamente)<sup>31</sup>.

Feliziani et al. estudaram indivíduos assintomáticos, inclusive do ponto de vista cognitivo, submetidos à revascularização carotídea (24 pacientes pela técnica de AC *versus* 22 pacientes pela técnica de EC). Nesse trabalho, foram estudados três aspectos em relação à FC:

- Em que a revascularização em si (independentemente da técnica) influencia na FC;
- Qual o comportamento da FC ao longo do tempo (3 e 12 meses de pós-operatório);
- Qual a melhor técnica no que diz respeito à FC.

A FC foi avaliada nos seus vários domínios: memória, atenção e funções executivas, e habilidades construtivas e visuoespaciais. No que se refere ao primeiro e ao segundo aspectos, não houve alteração estatisticamente significativa. Em relação ao terceiro aspecto, os testes que abrangiam habilidades construtivas e visuoespaciais pioraram ao longo do tempo nos pacientes submetidos à AC.<sup>6</sup>

Lal et al. estudaram pacientes assintomáticos submetidos à EC (25 indivíduos) e à AC (21 indivíduos), e realizaram testes que abrangiam vários domínios da cognição no pós-operatório imediato e em 4 a 6 meses após o procedimento. Concluíram que houve melhora cognitiva em ambas as técnicas, não havendo diferença entre estas quando tomados os

testes de forma global. Entretanto, especificamente, a EC resultou em redução na memória, enquanto a AC mostrou piora na velocidade psicomotora<sup>63</sup>.

Por outro lado, Takaiwa et al. concluíram, estudando 26 indivíduos (15 operados com AC e 11 operados por EC), que, embora não houvesse diferença estatística entre as duas técnicas no que tange à FC, os domínios ‘memória’ e ‘atenção’ melhoraram após a revascularização carotídea e mantiveram-se ao longo do tempo (12 meses)<sup>64</sup>.

Os estudos envolvendo essa temática variam bastante nos seguintes aspectos: o tempo em que os testes são aferidos; o uso de testes específicos; o uso de grupos-controle; o período de seguimento pós-operatório; o número de pacientes incluídos, e a severidade das estenoses operadas<sup>1</sup>.

## ■ CONCLUSÃO

A partir da literatura levantada, ficou claro que as estenoses carotídeas estão relacionadas com o declínio cognitivo ao longo do tempo. No que se refere ao impacto da revascularização carotídea sobre a FC, ainda há muita controvérsia. As microembolizações e as alterações hemodinâmicas – que ocorrem durante as intervenções carotídeas – concorreriam para a piora do desempenho dos pacientes revascularizados nos testes cognitivos. No entanto, essa tendência não foi consenso entre os estudos mais atuais. Há estudos bem conduzidos que confirmam a queda no desempenho cognitivo, mas muitos mostram estabilidade e até melhora deste desempenho.

Comparando-se a endarterectomia com a angioplastia carotídea, a maioria dos estudos não demonstrou distinção entre as duas técnicas quanto ao desfecho cognitivo geral. São necessários mais estudos buscando o impacto da revascularização carotídea sobre os vários domínios da cognição.

## ■ REFERÊNCIAS

- Lal BK. Cognitive function after carotid artery revascularization. *Vasc Endovasc Surg.* 2007;41(1):5-13. PMID:1727237. <http://dx.doi.org/10.1177/1538574406297253>
- Fisher C. Senile dementia - a new explanation of its causation. *Arch Neurol.* 1951;65:1-7.
- Carrea R, Molins M, Murphy G. Surgery of spontaneous thrombosis of internal carotid in the neck; carotid-carotid anastomosis; case report and analysis of the literature on surgical cases. *Medicina (B. Aires).* 1955;15:20-9.
- DeBakey ME. Successful carotid endarterectomy for cerebrovascular insufficiency. Nineteen-year follow-up. *JAMA.* 1975;233:1083-5. PMID:1174155. <http://dx.doi.org/10.1001/jama.1975.03260100053020>
- Eastcott HH, Pickering GW, Rob CG. Reconstruction of internal carotid artery in a patient with intermittent attacks of hemiplegia. *Lancet.* 1954;267:994-6. [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(54\)90544-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(54)90544-9)
- Feliziani FT, Polidori MC, De Rango P, et al. Cognitive performance in elderly patients undergoing carotid endarterectomy or carotid artery stenting: a twelve-month follow-up study. *Cerebrovasc Dis.* 2010;30:244-51. PMID:20664257. <http://dx.doi.org/10.1159/000319066>
- Seshadri S, Beiser A, Kelly-Hayes M, et al. The lifetime risk of stroke: estimates from the Framingham study. *Stroke.* 2006;37:345-50. PMID:16397184. <http://dx.doi.org/10.1161/01.STR.0000199613.38911.b2>
- Hachinski V. The 2005 Thomas Willis lecture: stroke and vascular cognitive impairment - a transdisciplinary, translational and transactional approach. *Stroke.* 2007;38:1396. PMID:17347469. <http://dx.doi.org/10.1161/01.STR.0000260101.08944.e9>
- Desmond DW, Moroney JT, Sano M, Stern Y. Incidence of dementia after ischemic stroke: results of a longitudinal study. *Stroke.* 2002;33:2254-60. PMID:12215596. <http://dx.doi.org/10.1161/01.STR.0000028235.91778.95>
- Rao SM, Leo GJ, Ellington L, Nauertz T, Bernardin L, Unverzagt F. Cognitive dysfunction in multiple sclerosis. II. Impact on employment and social functioning. *Neurology.* 1991;41:692-6. PMID:1823781. <http://dx.doi.org/10.1212/WNL.41.5.692>
- Chaytor N, Schmitter-Edgecombe M. The ecological validity of neuropsychological tests: a review of the literature on everyday cognitive skills. *Neuropsychol Rev.* 2003;13:181-97. PMID:15000225. <http://dx.doi.org/10.1023/B:NERV.0000009483.91468.fb>
- Hachinski V, Iadecola C, Petersen RC, et al. National Institute of Neurological Disorders and Stroke-Canadian Stroke Network vascular cognitive impairment harmonization standards. *Stroke.* 2006;37:2220-41. PMID:16917086. <http://dx.doi.org/10.1161/01.STR.0000237236.88823.47>
- Rasmussen LS. Postoperative cognitive dysfunction: incidence and prevention. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol.* 2006;20:315-30. PMID:16850780. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bpa.2005.10.011>
- Vermeer SE, Prins ND, Den Heijer T, Hofman A, Koudstaal PJ, Breteler MMB. Silent brain infarcts and the risk of dementia and cognitive decline. *N Engl J Med.* 2003;348:1215-22. PMID:12660385. <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa022066>
- Mosley TH Jr, Knopman DS, Catellier DJ, et al. Cerebral MRI findings and cognitive functioning: the Atherosclerosis Risk in Communities Study. *Neurology.* 2005;64:2056-62. PMID:15985571. <http://dx.doi.org/10.1212/01.WNL.0000165985.97397.88>
- Longstreth WT Jr, Bernick C, Manolio TA, Bryan N, Jungreis CA, Price TR. Lacunar infarcts defined by magnetic resonance imaging of 3660 elderly people: the Cardiovascular Health Study. *Arch Neurol.* 1998;55:1217-25. <http://dx.doi.org/10.1001/archneur.55.9.1217>
- Capoccia L, Sbarigia E, Rizzo A, Mansour W, Speziale F. Silent stroke and cognitive decline in asymptomatic carotid stenosis revascularization. *Vascular.* 2012;20(4):181-7. PMID:22734086. <http://dx.doi.org/10.1258/vasc.2011.0a0342>
- Braekken SK, Russell D, Brucher R, Abdelnoor M, Svennevig JL. Cerebral microembolic signals during cardiopulmonary bypass surgery. Frequency, time of occurrence, and association with patient and surgical characteristics. *Stroke.* 1997;28:1988-92. PMID:9341708. <http://dx.doi.org/10.1161/01.STR.28.10.1988>
- Braekken SK, Endresen K, Russell D, Brucher R, Kjekshus J. Influence of guidewire and catheter type on the frequency of cerebral microembolic signals during left heart catheterization. *Am J Cardiol.* 1998;82:632-7. [http://dx.doi.org/10.1016/S0002-9149\(98\)00407-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0002-9149(98)00407-X)

20. Braekken SK, Reinvang I, Russell D, Brucher R, Svennevig JL. Association between intraoperative cerebral microembolic signals and postoperative neuropsychological deficit: comparison between patients with cardiac valve replacement and patients with coronary artery bypass grafting. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1998;65:573-6. PMID:9771790. <http://dx.doi.org/10.1136/jnnp.65.4.573>
21. Sylivris S, Levi C, Matalanis G, et al. Pattern and significance of cerebral microemboli during coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg*. 1998;66:1674-8. [http://dx.doi.org/10.1016/S0003-4975\(98\)00891-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0003-4975(98)00891-1)
22. Laza C, Popescu BO, Popa M, et al. Microemboli detection in patients with carotid artery stenting--a potential marker for future cognitive impairment? *J Neurol Sci*. 2013;326(1-2):96-9. PMID:23403326. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jns.2013.01.025>
23. Crawley F, Stygall J, Lunn S, Harrison M, Brown MM, Newman S. Comparison of microembolism detected by transcranial Doppler and neuropsychological sequelae of carotid surgery and percutaneous transluminal angioplasty. *Stroke*. 2000;31:1329-34. PMID:10835452. <http://dx.doi.org/10.1161/01.STR.31.6.1329>
24. Jordan WD Jr, Voellinger DC, Doblar DD, Plyushcheva NP, Fisher WS, McDowell HA. Microemboli detected by transcranial Doppler monitoring in patients during carotid angioplasty versus carotid endarterectomy. *Cardiovasc Surg*. 1999;7:33-8. [http://dx.doi.org/10.1016/S0967-2109\(98\)00097-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0967-2109(98)00097-0)
25. Wolf O, Heider P, Heinz M, et al. Microembolic signals detected by transcranial doppler sonography during carotid endarterectomy and correlation with serial diffusionweighted imaging. *Stroke*. 2004;35:e373-5. PMID:15388901. <http://dx.doi.org/10.1161/01.STR.0000143184.69343.ec>
26. Ghogawala Z, Westerveld M, Amin-Hanjani S. Cognitive outcomes after carotid revascularization: the role of cerebral emboli and hypoperfusion. *Neurosurg*. 2008;385-95. PMID:18382316.
27. Ringelstein EB, Droste DW, Babikian VL, et al. Consensus on microembolus detection by TCD. International Consensus Group on Microembolus Detection. *Stroke*. 1998;29:725-9. PMID:9506619. <http://dx.doi.org/10.1161/01.STR.29.3.725>
28. Gaunt ME, Smith JL, Bell PR, Martin PJ, Naylor AR. Microembolism and hemodynamic changes in the brain during carotid endarterectomy. *Stroke*. 1994;25:2504-5. PMID:7974598. <http://dx.doi.org/10.1161/01.STR.25.12.2504>
29. Chen CI, Iguchi Y, Garami Z, et al. Analysis of emboli during carotid stenting with distal protection device. *Cerebrovasc Dis*. 2006;21:223-8. PMID:16446534. <http://dx.doi.org/10.1159/000091218>
30. Gupta N, Corriere MA, Dodson TF, et al. The incidence of microemboli to the brain is less with endarterectomy than percutaneous revascularization with distal filters or flow reversal. *J Vasc Surg*. 2011;53:316-22. PMID:21129899. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvs.2010.08.063>
31. Capoccia L, Speziale F, Gazzetti M, et al. Comparative study on carotid revascularization (endarterectomy vs stenting) using markers of cellular brain injury, neuropsychometric tests, and diffusion-weighted magnetic resonance imaging. *J Vasc Surg*. 2010;51:584-92. PMID:20045614. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvs.2009.10.079>
32. Roh HG, Byun HS, Ryoo JW, et al. Prospective analysis of cerebral infarction after carotid endarterectomy and carotid artery stent placement by using diffusion-weighted imaging. *Am J Neuroradiol*. 2005;26:376-84. PMID:15709140.
33. Rapp JH, Wakil L, Sawhney R, et al. Subclinical embolization after carotid artery stenting: new lesions on diffusion-weighted magnetic resonance imaging occur postprocedure. *J Vasc Surg*. 2007;45:867-74. PMID:17376643. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvs.2006.12.058>
34. Hauth EA, Jansen C, Drescher R, et al. MR and clinical follow-up of diffusion-weighted cerebral lesions after carotid artery stenting. *Am J Neuroradiol*. 2005;26:2336-4. PMID:16219842.
35. Fearn SJ, Pole R, Wesnes K, Faragher EB, Hooper TL, McCollum CN. Cerebral injury during cardiopulmonary bypass: Emboli impair memory. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2001;121:1150-60. PMID:11385383. <http://dx.doi.org/10.1067/mtc.2001.114099>
36. Sasoh M, Ogasawara K, Kuroda K, et al. Effects of EC-IC bypass surgery on cognitive impairment in patients with hemodynamic cerebral ischemia. *Surg Neurol*. 2003;59:455-60; discussion 460-453.
37. Younkin D, Hungerbuhler JP, O'Connor M, et al. Superficial temporal-middle cerebral artery anastomosis: effects on vascular, neurologic, and neuropsychological functions. *Neurology*. 1985;35:462-9. PMID:3982632. <http://dx.doi.org/10.1212/WNL.35.4.462>
38. Marshall RS, Lazar RM, Pile-Spellman J, et al. Recovery of brain function during induced cerebral hypoperfusion. *Brain*. 2001;124:1208-17. PMID:11353736. <http://dx.doi.org/10.1093/brain/124.6.1208>
39. Borroni B, Tiberio G, Bonardelli S, et al. Is mild vascular cognitive impairment reversible? Evidence from a study on the effect of carotid endarterectomy. *Neurol Res*. 2004;26:594-7. PMID:15265280. <http://dx.doi.org/10.1179/016164104225016245>
40. Costin M, Rampersad A, Solomon RA, Connolly ES, Heyer EJ. Cerebral injury predicted by transcranial Doppler ultrasonography but not electroencephalography during carotid endarterectomy. *J Neurosurg Anesthesiol*. 2002;14:287-92. PMID:12357085 PMID:PMC2435244. <http://dx.doi.org/10.1097/00008506-200210000-00003>
41. Heyer EJ, Adams DC, Solomon RA, et al. Neuropsychometric changes in patients after carotid endarterectomy. *Stroke*. 1998;29:1110-5. PMID:9626280 PMID:PMC2435204. <http://dx.doi.org/10.1161/01.STR.29.6.1110>
42. Ogasawara K, Inoue T, Kobayashi M, et al. Cognitive impairment associated with intraoperative and postoperative hypoperfusion without neurologic deficits in a patient undergoing carotid endarterectomy. *Surg Neurol*. 2006;65:577-81. PMID:16720178. <http://dx.doi.org/10.1016/j.surneu.2005.07.011>
43. Lund C, Hol PK, Lundblad R, et al. Comparison of cerebral embolization during off-pump and on-pump coronary artery bypass surgery. *Ann Thorac Surg*. 2003;76:765-70; discussion 770. [http://dx.doi.org/10.1016/S0003-4975\(03\)00679-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0003-4975(03)00679-9)
44. Sundt TM, Sharbrough FW, Piepgras DG, Kearns TP, Messick JM, O'Fallon WM. Correlation of cerebral blood flow and electroencephalographic changes during carotid endarterectomy: With results of surgery and hemodynamics of cerebral ischemia. *Mayo Clin Proc*. 1981;56:533-43. PMID:7266064.
45. Halsey JH. Risks and benefits of shunting in carotid endarterectomy. The International Transcranial Doppler Collaborators. *Stroke*. 1992;23:1583-7. <http://dx.doi.org/10.1161/01.STR.23.11.1583>
46. Lawrence PF, Alves JC, Jicha D, Bhirangi K, Dobrin PB. Incidence, timing, and causes of cerebral ischemia during carotid endarterectomy with regional anesthesia. *J Vasc Surg*. 1998;27:329-37. [http://dx.doi.org/10.1016/S0741-5214\(98\)70363-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0741-5214(98)70363-5)
47. Calderon-Arnulphi M, Alaraj A, Amin-Hanjani S, et al. Detection of cerebral ischemia in neurovascular surgery using quantitative frequency-domain near-infrared spectroscopy. *J Neurosurg*.

- 2007;106:283-90. PMID:17410713. <http://dx.doi.org/10.3171/jns.2007.106.2.283>
48. White PF. Use of cerebral monitoring during anaesthesia. Effect on recovery profile. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol.* 2006;20:181-9. PMID:16634424. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bpa.2005.08.001>
49. Mendelsohn FO, Weissman NJ, Lederman RJ, et al. Acute hemodynamic changes during carotid artery stenting. *Am J Cardiol.* 1998;82:1077-81. [http://dx.doi.org/10.1016/S0002-9149\(98\)00562-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0002-9149(98)00562-1)
50. Trocciola SM, Chaer RA, Lin SC, et al. Analysis of parameters associated with hypotension requiring vasopressor support after carotid angioplasty and stenting. *J Vasc Surg.* 2006;43:714. PMID:16616226. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvs.2005.12.008>
51. Gupta R, Abou-Chebl A, Bajzer CT, Schumacher HC, Yadav JS. Rate, predictors, and consequences of hemodynamic depression after carotid artery stenting. *J Am Coll Cardiol.* 2006;47:1538-43. PMID:16630988. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jacc.2005.08.079>
52. Park B, Shapiro D, Dahn M, Arici M. Carotid artery angioplasty with stenting and postprocedure hypotension. *Am J Surg.* 2005;190:691-5. PMID:16226941. <http://dx.doi.org/10.1016/j.amjsurg.2005.07.004>
53. Connolly ES, Winfree CJ, Rampersad A, et al. Serum S100B protein levels are correlated with subclinical neurocognitive declines after carotid endarterectomy. *Neurosurg.* 2001;49:1076-83.
54. Lunn S, Crawley F, Harrison MJ, Brown MM, Newman SP. Impact of carotid endarterectomy upon cognitive functioning. A systematic review of the literature. *Cerebrovasc Dis.* 1999;9:74-81. PMID:9973649. <http://dx.doi.org/10.1159/000015901>
55. Irvine CD, Gardner FV, Davies AH, Lamont PM. Cognitive testing in patients undergoing carotid endarterectomy. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 1998;15:195-204. [http://dx.doi.org/10.1016/S1078-5884\(98\)80176-7](http://dx.doi.org/10.1016/S1078-5884(98)80176-7)
56. Heyer EJ, Sharma R, Rampersad A, et al. A controlled prospective study of neuropsychological dysfunction following carotid endarterectomy. *Arch Neurol.* 2002;59:217-22. PMID:11843692 PMID:PMC2435245. <http://dx.doi.org/10.1001/archneur.59.2.217>
57. Hobson RW 2nd. Update on the Carotid Revascularization Endarterectomy versus Stent Trial (CREST) protocol. *J Am Coll Surg.* 2002;194(1 suppl):S9-14. [http://dx.doi.org/10.1016/S1072-7515\(01\)01078-X](http://dx.doi.org/10.1016/S1072-7515(01)01078-X)
58. Xu G, Liu X, Meyer JS, Yin Q, Zhang R. Cognitive performance after carotid angioplasty and stenting with brain protection devices. *Neurol Res.* 2007;29:251-5. PMID:17178010. <http://dx.doi.org/10.1179/016164107X159216>
59. No authors listed. Endovascular versus surgical treatment in patients with carotid stenosis in the Carotid and Vertebral Artery Transluminal Angioplasty Study (CAVATAS): a randomised trial. *Lancet.* 2001;357:1729-37. [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(00\)04893-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(00)04893-5)
60. Grunwald I, Suppurian T, Struffert T, Falkai P, Krick C, Politi M. Cognitive Changes after Carotid Artery Stenting. *Neuroradiology.* 2006;48:319-23. PMID:16703361. <http://dx.doi.org/10.1007/s00234-006-0064-5>
61. Mlekusch W, Mlekusch I, Haumer M, Kopp CW, Lehrner J, Ahmadi R et al. Improvement of neurocognitive function after protected carotid artery stenting. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2008;71(1):114-9. PMID:18098213. <http://dx.doi.org/10.1002/ccd.21407>
62. Gaudet JG, Meyers PM, McKinsey JF, et al. Incidence of moderate to severe cognitive dysfunction in patients treated with carotid artery stenting. *Neurosurgery.* 2009;65(2):325-9; discussion 329-30. PMID:19625912 PMID:PMC2716040. <http://dx.doi.org/10.1227/01.NEU.0000349920.69637.78>
63. Lal BK, Younes M, Cruz G, Kapadia I, Jamil Z, Pappas PJ. Cognitive changes after surgery vs stenting for carotid artery stenosis. *J Vasc Surg.* 2011;54(3):691-8. PMID:21700413. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvs.2011.03.253>
64. Takaiwa A, Hayashi N, Kuwayama N, Akioka N, Kubo M, Endo S. Changes in cognitive function during the 1-year period following endarterectomy and stenting of patients with high-grade carotid artery stenosis. *Acta Neurochir.* 2009;151:1593-1600. PMID:19533017. <http://dx.doi.org/10.1007/s00701-009-0420-4>
65. Zhou W, Hitchner E, Gillis K, et al. Prospective neurocognitive evaluation of patients undergoing carotid interventions. *J Vasc Surg.* 2012;56(6):1571-8. PMID:22889720 PMID:PMC3508143. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvs.2012.05.092>
66. Altinbas A, van Zandvoort MJ, van den Berg E, et al. Cognition after carotid endarterectomy or stenting: a randomized comparison. *Neurology.* 2011;77(11):1084-90. PMID:21880992. <http://dx.doi.org/10.1212/WNL.0b013e31822e55b9>
67. Witt K, Börsch K, Daniels C, et al. Neuropsychological consequences of endarterectomy and endovascular angioplasty with stent placement for treatment of symptomatic carotid stenosis: a prospective randomised study. *J Neurol.* 2007;254(11):1524-32. PMID:17657403. <http://dx.doi.org/10.1007/s00415-007-0576-x>

#### Correspondência

Germano da Paz Oliveira  
Rua José Olímpio de Melo, 3426, apto. 102 – Ilhotas  
CEP 64014-063 – Teresina (PI), Brasil  
Fone: +55 (86) 9982-0901  
E-mail: germanooliveira@hotmail.com

#### Informações sobre os autores

GPO é Cirurgião Vascular, Mestre em Ciências pela Faculdade de Ciências Médicas (FCM), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).  
ATG é Professora Livre-Docente da Disciplina de Moléstias Vasculares Periféricas do Departamento de Cirurgia da Faculdade de Ciências Médicas (FCM), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).  
IBB é Graduando de Medicina, Universidade Federal do Piauí (UFPI).  
JMTL é Graduando de Medicina, Universidade Federal do Piauí (UFPI).  
SCB é Graduando de Medicina, Centro Universitário UniNovafapi.  
FC é Professor Titular do Departamento de Neurologia da Faculdade de Ciências Médicas (FCM), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

#### Contribuições dos autores

Concepção e desenho do estudo: GPO, ATG, FC  
Análise e interpretação dos dados: GPO, ATG, IBB, JMTL, SCB, FC  
Coleta de dados: GPO, ATG, IBB, JMTL, SCB, FC  
Redação do artigo: GPO, ATG, IBB, JMTL, SCB, FC  
Revisão crítica do texto: GPO, ATG e FC  
Aprovação final do artigo\*: GPO, ATG, IBB, JMTL, SCB, FC  
Análise estatística: GPO  
Responsabilidade geral do estudo: GPO, ATG, FC  
Informações sobre financiamento: Não houve.

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