

O papel do forame clinocarotídeo na cirurgia de aneurismas da artéria oftálmica

The role of clinocarotid foramen in ophataltmic artery aneurysms surgery

Duarte Nuno Crispim Cândido¹, Jander Moreira Monteiro², Bernardo Barbosa³, Jose Nazareno Pearce de Oliveira Brito⁴, Ricardo Lopes de Araújo⁵, Timoteo Abrantes de Lacerda Almeida⁶

RESUMO

Introdução: O processo clinóide anterior pode apresentar variações anatômicas entre os indivíduos, até mesmo com alterações no mesmo indivíduo (entre os lados), principalmente relacionado à formação de ponte óssea entre ele e o processo clinóide médio e o processo clinóide posterior. O reconhecimento do forame o clinocarotídeo é importante no tratamento de aneurismas do segmento oftálmico da artéria carótida interna, uma vez que a necessidade de realizar a clinoidectomia anterior pode proceder-se com lesão inadvertida das estruturas vasculares.

Objetivo: Revisar a incidência do forame clinocarotídeo e ponte óssea interclinóide na literatura atual.

Métodos: Revisão integrativa colhendo informações existentes em plataformas virtuais através dos descritores "aneurisma cerebral, base do crânio, artéria carótida interna, osso esfenoide" e "brain aneurysm, skull base, internal carotid artery, sphenoid bone" com busca AND ou OR.

Resultado: Incluiu-se o total de 25 artigos que foram lidos e resumidos para esta revisão.

Conclusão: A presença de aneurismas na região paraclinóide/segmento oftálmico da artéria carótida interna tem maior incidência tanto do forame clinocarotídeo quanto da ponte óssea interclinóide.

PALAVRAS-CHAVE: Aneurisma cerebral. Base do crânio. Artéria carótida interna. Osso esfenoide.



Presença do forame clinocarotídeo pela ossificação (seta preta) entre os processos clinóide anterior e médio

Mensagem Central

O reconhecimento do forame o clinocarotídeo é importante no tratamento de aneurismas do segmento oftálmico da artéria carótida interna, uma vez que a necessidade de realizar a clinoidectomia anterior pode proceder-se com lesão inadvertida das estruturas vasculares. Assim, este artigo pretende revisar a incidência do forame clinocarotídeo e ponte óssea interclinóide descritos na literatura atual.

Perspectiva

O fator presumidamente inicial para a formação do aneurisma cerebral é a lesão do endotélio vascular, em relação direta com alterações da tensão de cisalhamento da parede. Este tema é objeto de estudo dos novos métodos de imagem. Acredita-se que com mais estudos, principalmente relacionados à análise de fluxo intra-arterial e da tensão de cisalhamento da parede, seria possível avaliar a relação com a formação dos aneurismas cerebrais.

ABSTRACT

Introduction: The anterior clinoid process may present anatomical variations between individuals, even with changes in the same individual (between sides), mainly related to the formation of a bone bridge between it and the middle clinoid process and the clinoid process later. Recognition of the clinocarotid foramen is important in the treatment of aneurysms of the ophthalmic segment of the internal carotid artery, since the need to perform anterior clinoidectomy may result in inadvertent injury to the vascular structures.

Objective: To review the incidence of clinocarotid foramen and interclinoid bone bridge in current literature.

Methods: Integrative review collecting existing information on virtual platforms using the descriptors "brain aneurysm, skull base, internal carotid artery, sphenoid bone" with AND or OR search.

Result: Twenty-five articles were found who met the objective, being read and summarized for this review.

Conclusion: The presence of aneurysms in the paraclinoid region/ophthalmic segment of the internal carotid artery has a higher incidence in both the clinocarotid foramen and the interclinoid bone bridge.

KEYWORDS: Brain aneurysm. Skull base. Internal carotid artery. Sphenoid bone.

¹ Santa Casa de Misericórdia, Maceió, AL, Brasil

² University of Miami, School of Medicine, FL, USA

³ Spall Therapeutics, Porto Alegre, RS, Brasil

⁴ Hospital de Base de Brasília, DF, Brasil

⁵ Neurosurgical Innovations and Training Center for Skull Base and Microneurosurgery, New York, NY, USA

⁶ Skull Base Surgical Lab, University of Miami School of Medicine, Miami, FL, USA

Conflito de interesse: Nenhum | Financiamento: Nenhum | Recebido em: 27/08/2023 | Aceito em: 03/12/2023 | Correspondência: gisalan@yahoo.com.br | Editor Associado: Thelma Larocca Skare[✉]

Como citar:

Cândido DNC, Monteiro JM, Barbosa B, Brito JNPO, de Araújo RL, Almeida TAL. O papel do forame clinocarotídeo na cirurgia de aneurismas da artéria oftálmica. BioSCIENCE. 2024;82(1):e005

INTRODUÇÃO

Aneurismas cerebrais correspondem à doença vascular encefálica grave e demandam expertise cirúrgica para seu tratamento. Podem se encontrar em diversas topografias das artérias intracranianas; porém, quando se localizam no segmento oftálmico/paraclinoide da artéria carótida interna (ACI) correspondem apenas entre 3-5% dessas lesões intracranianas.^{1,2} Ao se lidar com seu tratamento na região paraclinoide, o neurocirurgião necessita de vasto conhecimento anatômico, em especial da relação do processo clinoide anterior com o segmento oftálmico da ACI, visto que em grande maioria dos casos se faz necessária a remoção cirúrgica desse processo para que se consiga o tratamento ideal.¹⁻³ No entanto, existem algumas variações anatômicas, como a ossificação entre o processo clinoide anterior (PCA) e o processo clinoide médio, formando o forame clinocarotídeo, a ossificação entre o PCA e o processo clinoide posterior, formando a ponte óssea interclinoide. Estas ocorrências dificultam a abordagem cirúrgica e podem aumentar o risco de lesões inadvertidas na ACI durante sua exposição.^{4,5}

Embora alguns estudos tenham mostrado a incidência em populações distintas do forame clinocarotídeo, poucos mencionaram seu achado através da utilização das novas técnicas em exames de imagem. Também não se encontram na literatura trabalhos que correlacionem esta variação anatômica com aneurismas específicos do segmento oftálmico/paraclinoide da ACI. Existe a hipótese de que a ocorrência deste forame torna a ACI mais fixa e imóvel, responsável por mudanças do fluxo intra-arterial com maior turbilhonamento e consequente aumento na incidência destes aneurismas. Assim, espera-se encontrar maior incidência do forame clinocarotídeo e ponte óssea interclinoide em pacientes com aneurismas deste segmento arterial, quando comparado com os achados na população em geral.

O objetivo deste estudo foi revisar a presença da ponte óssea interclinoide em pacientes com aneurismas do segmento oftálmico/paraclinoide da ACI.

MÉTODOS

Revisão integrativa feita colhendo informações publicadas e existentes em plataformas virtuais (SciELO – Scientific Electronic Library Online, Pubmed, Scopus e Google Scholar). Iniciou-se pela busca de descritores por meio do MESH, definindo-se para eles os termos “aneurisma cerebral, base do crânio, artéria carótida interna, osso esfenóide” e “brain aneurysm, skull base, internal carotid artery, sphenoid bone” com busca AND ou OR. Incluiu-se total de 25 artigos que foram lidos e resumidos para esta revisão.

RESULTADO

A região parasselar é um corredor cirúrgico para os acessos à base do crânio. A complexidade anatômica desta região e estruturas ao redor conferem grande desafio para o tratamento de suas doenças, mesmo para neurocirurgiões mais experientes.^{6,7} PCA é estrutura chave por sua íntima relação com a ACI, seio cavernoso,

nervo óptico e canal óptico, fissura orbitária superior e seu conteúdo (nervo oculomotor, nervo troclear, divisão oftálmica do nervo trigêmeo e estruturas vasculares).

A retirada do PCA, através do procedimento de clinoidectomia anterior extra-dural com a finalidade de tratamento de aneurismas paraclinoide/carótido-oftálmicos foi primeiramente descrita por Dolenc, em 1985. Este procedimento redefiniu o armamento do neurocirurgião não só para o tratamento de doenças vasculares, mas aprimorou a possibilidade de remoção completa de lesões tumorais com extensão ao canal óptico e seio cavernoso.

PCA é proeminência óssea que se origina da extensão medial e posterior da asa menor do osso esfenoidal, fixando-se nesta através de 3 pontos, a saber, anterolateral que se continua na asa menor do esfenóide, anteromedial em extensão ao planum sphenoidale e correspondendo ao teto do canal óptico, e fixação posterior - também chamada de pilar óptico - que compõe a parede inferolateral do canal óptico e o separa da fissura orbitária superior.⁸ Esta estrutura pode apresentar algumas variações anatômicas, como a pneumatização do processo clinoide anterior e outras menos frequentes, como o forame clinocarotídeo (em relação com o processo clinoide médio) e a ponte óssea interclinoide (em relação com o processo clinoide posterior).^{5,6,8,9-18}

O forame clinocarotídeo consiste na ossificação do ligamento carotidoclinoide que se estende do lado medial e ponta do processo clinoide anterior e fixa-se na ponta do processo clinoide médio, criando um canal ósseo ao redor da ACI no ponto onde ela sai do seio cavernoso no nível do anel dural distal da ACI (Figura 1).^{5-8,13}

Esta situação torna muito difícil e arriscada a remoção desse processo clinoide anterior com possibilidade de lesão vascular na ACI. A ponte óssea interclinoide é relacionada à ossificação do ligamento interclinoide entre o processo clinoide anterior e o clinoide posterior, como componente do triângulo oculomotor na parte posterior do teto do seio cavernoso.^{5,7,8,13}

Para a realização da remoção da clinoide anterior, procedimento descrito como clinoidectomia anterior, deve-se inicialmente realizar craniotomia frontotemporal (pterional)⁹. Após, a duramater é separada do teto da órbita medialmente e da fissura orbital superior lateralmente. Através de drilagem cuidadosa, parte do teto da órbita e crista do esfenóide é removido retrogradamente até a clinoide anterior e entrada do forame óptico; dessa forma, é removida a fixação anterolateral da clinoide anterior. Com drill de alta rotação, a fixação anteromedial da clinoide ao teto do canal óptico é removida sob irrigação contínua para evitar lesão ao nervo óptico. Então segue-se para a drilagem da parte mais central em direção ao pilar óptico, que corresponde à sua fixação mais posterior e que separa o canal óptico da fissura orbitária superior, local de íntimo contato com a ACI ao emergir do seio cavernoso.^{3,8}

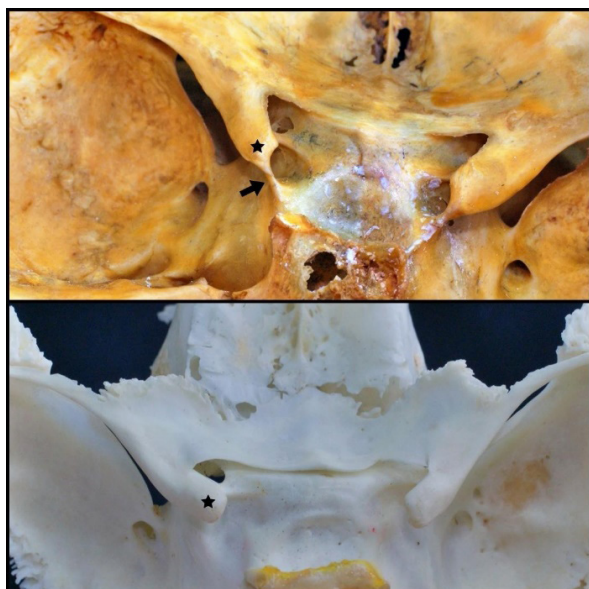
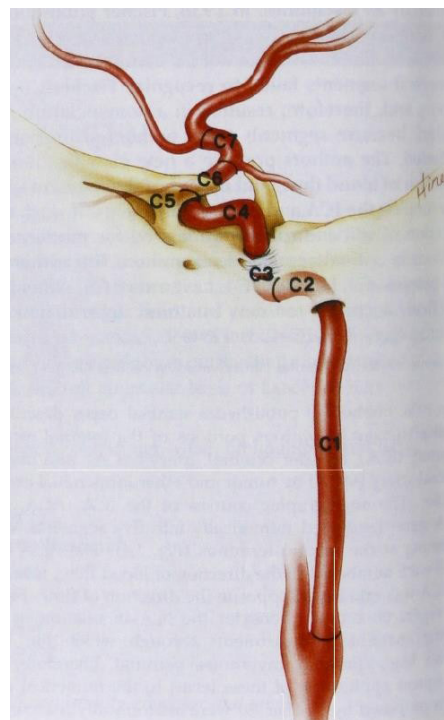


FIGURA 1 — Foto superior: espécime anômico demonstrando a presena do forame clinocarotídeo devido à ossificação (seta preta) entre os processos clinóide anterior e clinóide médio. Foto inferior: peça anômica sem a variante do forame clinocarotídeo

Várias classificações foram propostas para os segmentos da ACI.^{2,8} Bouthillier et al.¹⁹, classificou-a em escala numérica, dividindo-a em 5 segmentos e iniciando-se na terminação carotídea intracraniana (onde ela se divide em artéria cerebral anterior e artéria cerebral média). Embora a artéria cerebral média e a artéria cerebral anterior tenham sido numeradas de acordo com a direção do fluxo, a ACI estava na direção oposta (antifluxo). Para evitar confusão, prefere-se utilizar a classificação de Fischer modificada, proposta por Bouthillier et al.¹⁹, pois apresenta propósito clinicoanômico mais preciso.

Nesta classificação a ACI é dividida nos seguintes 7 segmentos: 1) cervical (C1), desde a bifurcação da artéria até sua entrada no canal carotídeo do osso petroso, logo na frente do forame jugular; 2) petrosa (C2), da entrada no canal carotídeo até a borda posterior do forame lacerum, dividida em porções vertical, curva posterior (alça posterior da ACI) e horizontal; 3) lacerum (C3), desde o final do canal carotídeo, terminando na margem superior do ligamento petrolingual, lacerum, contendo a curva lateral da ACI conforme ela sobe em direção ao seio cavernoso; 4) cavernoso (C4), do ligamento petrolingual (margem superior) ao anel dural proximal abaixo do processo clinóide anterior com porção vertical, curva posterior (curva medial da ACI), horizontal e curva anterior (curva anterior da ACI); 5) clinóide (C5), do anel dural proximal ao anel dural distal, fazendo parte da curva anterior da ACI; 6) oftálmico (C6), iniciando na ACI intradural, começando no anel dural distal e terminando proximal à artéria comunicante posterior (AComP), sendo este segmento relacionado às artérias hipofisária superior (originando-se da face medial da ACI) e oftálmica (originando-se predominantemente na face anterossuperior da ACI; 7) comunicante (C7), começando na origem da artéria comunicante posterior e terminando na bifurcação da ACI, em artéria cerebral média e artéria cerebral anterior, que inclui o AComP e a artéria coroideia anterior (AChA).



Fonte: Bouthillier et al.¹⁹

FIGURA 2 — Segmentos da artéria carótida interna como descritos por Bouthillier et al.¹⁹

A incidência do forame clinocarotídeo foi definida por alguns autores em diferentes populações e com variações dentro delas. É referida em cerca de 16,6% na população japonesa,⁷ 35,67% na turca,¹³ 27% na brasileira⁴ e 34,8% na caucasiana americana.⁵

Em 1935, Keyes⁵ classificou esta variação anômica em 3 tipos: 1) completo, quando 1 ponte óssea (ou forame) encontra-se presente; 2) contato, quando o forame está aparentemente formado, mas em inspeção cuidadosa existe linha de separação ou sutura; 3) incompleto, mesmo tendo espícula óssea proeminente apresenta espaço na parte posterior do forame entre ambas clinóides.

Nas abordagens cirúrgicas deve-se ter especial atenção para os 2 primeiros tipos, uma vez que estão diretamente relacionados com riscos elevados devido ao processo clinóide anterior com a ponta fixa, envolvendo toda ACI e limitando a mobilização durante a clinóidectomia anterior.

Nos procedimentos de neurocirurgia vascular, o PCA apresenta grande impacto em cirurgia quando, principalmente relacionado à localização específica nos aneurismas paraclinóides (também classificados como do segmento oftálmico da artéria carótida interna), visto que estão em contato direto com esse processo.^{3,16,20}

Utilizando a classificação de Bouthillier et al.¹⁹ para melhor entender os aneurismas paraclinóides (segmento oftálmico da ACI), eles estão relacionados aos segmentos C4 (clinóide) e C5 (oftálmico).^{21,22}

Na perspectiva cirúrgica, pode-se dividi-los em 6 grupos, de acordo com as características anômicas dos aneurismas em: clinóides, do cavum carotídeo, da artéria hipofisária superior, oftálmicos, ventrais e dorsais.^{2,21,23}

Aneurismas clinoides

Situa-se no segmento C5, entre os anéis durais proximal e distal, logo abaixo do processo clinóide anterior e projetando-se superolateralmente a partir da ACI, proximalmente a artéria oftálmica.

Aneurismas do cavum carotídeo

Situam-se na transição do segmento C5 para C6, projetando-se medialmente a partir da ACI, na região do cavum carotídeo, porém mais proximais que aneurisma da artéria hipofisária superior.

Aneurismas da artéria hipofisária superior

Projetam-se inferomedialmente a partir da ACI em estreita relação com a sela túrcica.

Aneurismas de artéria oftálmica

Surgem em estreita relação com a artéria oftálmica, projetando-se superior/superomedialmente da ACI em contato com o nervo óptico.

Aneurismas das ventrais

Emergem da ACI inferiormente, porém proximais à AcomP.

Aneurismas das dorsais

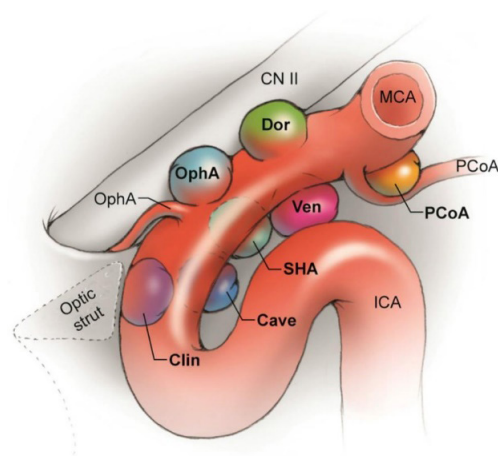
Surgem na parede dorsal da ACI, no segmento C6, a poucos milímetros de distância da origem da artéria oftálmica (não relacionado a ela).

Enquanto esses 3 últimos podem ser vistos intradurais, os aneurismas do cavum e clinoides, por terem extensão do espaço extradural ao espaço subaracnoide, só conseguem ser visualizados após a remoção completa do PCA.^{2,3,23,24}

Ao ser removido o processo clinóide anterior, espaço triangular é encontrado entre dos 2 anéis durais (proximal e distal) que envolvem a ACI, chamado de triângulo clinóide, local onde também identifica-se o então chamado “cavum carotídeo”, na parte medial e anterior do genu da ACI, entre ela e o sulco carotídeo (na parede lateral do corpo do osso esfenoide), onde o anel dural distal é mais frouxo ou incompletamente fixado como foi descrito por Kobayashi et al.²⁴.

Se conseguir-se definir o exato ponto onde a lesão tem extensão intradural, consegue-se prever se o paciente estará em risco de hemorragia subaracnoide e, dessa forma, oferece-se opção cirúrgica como tratamento.^{21,24} Esses aneurismas, relacionados com o segmento oftálmico/paraclinóide, só estarão acessíveis ao tratamento cirúrgico caso clinóidectomia anterior seja realizada de forma segura, razão esta do porquê que cada caso deve ser avaliado meticulosamente com imagens pré-operatórias para que não se tenha risco de lesão inadvertida ao se manipular forame clinocarotídeo.

Aneurismas cerebrais do segmento oftálmico da ACI são lesões pouco frequentes, apresentando incidência de cerca de 3-5% dentre todos os aneurismas cerebrais.^{1,2} que a incidência do forame clinocarotídeo varia de 6,27% a 34,8% na população em geral.^{4,7,13,23}



Fonte: Lawton²

FIGURA 3 — Imagem demonstrando os subtipos de aneurismas paraclinóides: ICA=ACI; MCA=artéria cerebral média; CN II=segundo nervo craniano; Clin=subtipo de aneurismas clinóide; Cave=subtipo de aneurismas cavum carotídeo; SHA= subtipo de aneurismas da artéria hipofisária superior; OphA=subtipo de aneurismas da artéria oftálmica; Ven=subtipo de aneurismas ventrais; Dor= subtipo de aneurismas dorsais.

A maioria dos estudos relacionados com esta variação anatômica ainda não conseguiu definir se ela é alteração congênita ou adquirida, ou ainda se pode ter alguma relação com aumento da incidência de lesões vasculares, como os aneurismas cerebrais nessa região, visto que tais estudos foram realizados em espécimes de crânios secos ou através de achados em exames de imagem.^{4,7,13,23}

Na população turca, Erturk et al.¹³, relatam alta incidência de forame clinocarotídeo (35,67%) em amostra de 171 crânios (secos e de cadáveres), correspondendo a 342 lados. No entanto, os subtipos completos e de contato eram 4,09% e 4,68% de sua série. A ponte óssea interclinóide foi encontrada em cerca de 8,4% dos espécimes.

Azeredo et al.⁴ estudaram, em 1989, 270 crânios de adultos, de ambos os sexos, e identificaram a presença do forame clinocarotídeo em cerca de 6,27% e ponte óssea interclinóide em 2,22% dos espécimes; porém, não diferenciaram entre os 3 subtipos, como descritos por Keyes, em 1935.

Já os resultados de Ota et al.⁷, mostraram maior prevalência de traves ósseas da base do crânio circundando a ACI, sendo cerca de 16,6% (12/72) casos de forame clinocarotídeo e 2,8% (2/72) casos de ponte óssea interclinóide. Esses autores encontraram tais achados na investigação de pacientes com aneurismas paraclinóides, porém não subclassificaram nem determinaram exatamente que subtipos de aneurismas eram eles. Isso pode levar ao viés de seleção uma vez que acaba englobando aneurismas na porção intracavernosa (C4) da ACI, visto que estas lesões ficam totalmente extradurais. A classificação de aneurismas “paraclinóides” é um pouco confusa na literatura e compreende um grupo muito abrangente de lesões. Dessa forma, os autores desta revisão adotam classificação mais anatômica e que se relacione diretamente com o processo clinóide anterior, utilizando os segmentos C5 (clinóide) e C6 (oftálmico) para definir bem esse segmento paraclinóide

Diversos trabalhos vêm surgindo com foco na identificação dos fatores relacionados com a gênese, expansão e risco de ruptura dos aneurismas cerebrais. Notadamente houve grande evolução com os avanços na imagiologia com modelos de fluxo 3D de fluidos, conhecido como “dinâmica computacional de fluidos”. Os diversos parâmetros que vêm sendo estudados avaliam a relação de fatores estressantes hemodinâmicos com a patogênese dos aneurismas cerebrais, como a tensão de cisalhamento da parede (do inglês “Wall Shear Stress” - WSS).²⁵

O fator presumidamente inicial para a formação do aneurisma cerebral é a lesão do endotélio vascular, que já demonstra relação direta com alterações dessa tensão de cisalhamento da parede (WSS), objeto de estudo dos novos métodos de imagem. Acredita-se que mais estudos, principalmente relacionados à análise de fluxo intra-arterial e da tensão de cisalhamento da parede (WSS) em pacientes com estas variações seriam necessários para que se avalie a relação com a formação dos aneurismas cerebrais nesta região.

CONCLUSÃO

A presença de aneurismas na região paraclinóide/segmento oftálmico da ACI tem maior incidência tanto do forame clinocarotídeo quanto da ponte óssea interclinoide.

Contribuição dos autores

Conceituação: Duarte Nuno Crispim Cândido

Metodologia: Duarte Nuno Crispim Cândido

Redação (esboço original): Todos os autores

Redação (revisão e edição): Todos os autores

REFERÊNCIAS

1. Yasargil MG. Microneurosurgery. New York: Thieme; 1984. v.4.
2. Lawton MT. Seven aneurysms: tenets and techniques for clipping. New York: Thieme; 2010.
3. Dolenc VV. A combined epi- and subdural direct approach to carotid-ophthalmic artery aneurysms. J Neurosurg. 1985;62:667-72. Doi: 10.3171/jns.1985.62.5.0667
4. Azeredo RA, Liberti EA, Watanabe IS. Variação Anatômica do Processo Clinoide do Osso Esfenoide Humano. Arq Cent Estud Curso Odontol. 1989;25-6.
5. Keyes JEL. Observations on four thousand optic foramina in human skulls of known origin. Arch Ophthalmol. 1935;13(4):538-68.
6. Ota T, Mizutani T. Microscopic anterior clinoidectomy with micro-rougeurs for a superior projection paraclinoid internal carotid artery aneurysm: a technical note. Br J Neurosurg. 2013;27(4):540-2. Doi: 10.3109/02688697.2013.771145
7. Ota N, Tanikawa R, Miyazaki T, Miyata S, Oda J, Noda K, et al. Surgical microanatomy of the anterior clinoid process for paraclinoid aneurysm surgery and efficient modification of extradural anterior clinoidectomy. World Neurosurgery. 2015;83(4):635-43. Doi: 10.1016/j.wneu.2014.12.014
8. Rhoton-Jr. AL. The cavernous sinus, the cavernous venous plexus and the carotid collar. Neurosurgery. 2002;51 (Supplement 1):375-410.
9. Burulday V, Muluk NB, Akgul MH, Kaya A, Ogden M. Presence and types of anterior clinoid process pneumatization, evaluated by multidetector computerized tomography. Clin Invest Med. 2016;38(3):E105-E110. Doi: 10.25011/cim.v39i3.26799
10. Cheng Y, Wang C, Yang F, Duan Y, Siwen Z, Wang J. Anterior clinoid process and the surrounding structures. The Journal of Craniofacial Surgery. 2013;24(6):2098-102. Doi: 10.1097/SCS.0b013e31829ae3af
11. Dagtekin A, Avci E, Uzansel D, Kurtoglu Z, Kara E, Uluc K, et al. Microsurgical anatomy and variations of the anterior clinoid process. Turk Neurosurg. 2014;24(4):484-93. Doi: 10.5137/1019-5149.JTN.8738-13.1
12. Das S, Sure R, Kapur V. Ossification of carotoclinoid ligament and its clinical importance in skull-based surgery. São Paulo Med J. 2007;125(6):351-3. Doi: 10.1590/S1516-31802007000600009
13. Erturk M, Kayalioglu G, Govsa F. Anatomy of the clinoid region with special emphasis on the carotoclinoid foramen and interclinoid osseous bridge in a recent Turkish population. Neurosurg Rev. 2004;27:22-6. Doi: 10.1007/s10143-003-0265-x
14. Gibelli D, Cellina M, Gibelli S, Oliva AG, Termine G, Sforza C. Anatomical variations of sphenoid sinuses pneumatization: a CT scan study on a Northern Italian population. Radiol Med. 2017;122(8):575-80. Doi: 10.1007/s11547-017-0759-1
15. Ozdogmus O, Saka E, Tulay C, Gurdal E, Uzun I, Cavdar S. The anatomy of the carotico-clinoid foramen and its relation with the internal carotid artery. Surg Radiol Anat. 2003;25:241-6. Doi: 10.1007/s00276-003-0111-4
16. Paraskevas G, Nitsa Z, Koutsoufianiotis K. Bilateral Osseous Interclinoid Bridges associated with Foramina of Vesalius: a case report. J Clin Diagn Res. 2015;9(7):AD03-AD04. Doi: 10.7860/JCDR/2015/13747.6167
17. Spektor S, Dotan S, Mizrahi CJ. Safety of drilling for clinoidectomy and optic canal unroofing in anterior skull base surgery. Acta Neurochir. 2013;155:1017-24. Doi: 10.1007/s00701-013-1704-2
18. Szmuda T, Sloniewski P, Baczkalska A, Cabala M, Czapski B, Gorczynski A, et al. The pneumatization of anterior clinoid process is not associated with any predictors that might be recognized preoperatively. Folia Morphol. 2013;72(2):100-6. Doi: 10.5603/fm.2013.0017
19. Bouthillier A, van Loveren HR, Keller JT. Segments of the internal carotid artery: a new classification. Neurosurgery. 1996;38(3):425-33. Doi: 10.1097/00006123-199603000-00001
20. Peris-Celda M, Kucukyuruk B, Monroy-Sosa A, Funaki T, Valentine R, et al. The recesses of the sellar wall of the sphenoid sinus and their intracranial relationships. Neurosurgery. 2013;73(2):117-31. Doi: 10.1227/NEU.0000000000000184
21. Gonzalez LF, Walker MT, Zabramski JM, Partovi S, Wallace RC, Spetzler RF. Distinction between paraclinoid and cavernous sinus aneurysms with computed tomographic angiography. Neurosurgery. 2003;52(5):1131-9.
22. Ozturan O, Yenigun A, Degirmenci N, Aksoy F, Veyseller B. Co-existence of the Onodi cell with the variation of perisphenoidal structures. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2013;270:2057-63. Doi: 10.1007/s00405-012-2325-8
23. Kamide T, Burkhart J, Tabani H, Safaee M, Lawton MT. Microsurgical Clipping Techniques and Outcomes for Paraclinoid Internal Carotid Artery Aneurysms. Oper Neurosurg (Hagerstown). 2020;18(2):183-92. Doi: 10.1093/ons/npz157
24. Kobayashi S, Kyoshima K, Gibo H, Hegde SA, Takemae T, Sugita K. Carotid Cave Aneurysms of the Internal Carotid Artery. J Neurosurg. 1989;70:216-21. Doi: 10.3171/jns.1989.70.2.0216
25. Soldozy S, Norat P, Elsarrag M, Chatrath A, Costello JS, Sokolowski JD, et al. The biophysical role of hemodynamics in the pathogenesis of cerebral aneurysm formation and rupture. Neurosurg Focus. 2019;47(1):E11. Doi: 10.3171/2019.4.FOCUS19232