

Anatomia microcirúrgica: abordagens cirúrgicas da junção craniocervical

Microsurgical anatomy: surgical approaches to the craniocervical junction

Nicole Custódio Porto Silva¹, Isabela Fidalski Borba Coelho², Marcos Vinicius Sousa Varão³, Kimberly Teixeira Barros⁴, Júlia Michelini Pedrinelli Santos⁵, Giovana Clausson Bitolo⁶, Gustavo Rassier Isolan⁷

RESUMO

Introdução: A junção craniocervical, localizada entre a base do crânio e as primeiras vértebras cervicais, é uma região anatômica e neurologicamente significativa. Devido à sua complexidade, lesões e malformações nessa área podem levar a complicações neurológicas graves, necessitando de intervenções cirúrgicas precisas. Os avanços nas técnicas cirúrgicas, como as abordagens endoscópica e microcirúrgica, ampliaram as opções de tratamento, possibilitando procedimentos mais seguros e menos invasivos.

Objetivo: Este estudo tem como objetivo revisar as abordagens cirúrgicas mais comuns da junção craniocervical, incluindo as técnicas suboccipital, transoral, transnasal, lateral distante e lateral extrema.

Método: Foi realizada uma revisão narrativa da literatura existente sobre técnicas cirúrgicas da junção craniocervical. A revisão incluiu análises de casos clínicos, resultados cirúrgicos e avanços tecnológicos, como o uso de endoscópios e monitorização neurofisiológica intraoperatória. Foram incluídos estudos comparativos e relatos de casos ilustrando as vantagens e limitações de cada abordagem cirúrgica.

Resultado: O planejamento pré-operatório detalhado é essencial para cirurgias bem-sucedidas na junção craniocervical. As avaliações radiológicas por meio de ressonância magnética e tomografia computadorizada permitem a análise tridimensional precisa das estruturas anatômicas. As técnicas microcirúrgicas, incluindo microscópios avançados e instrumentos especializados, melhoraram a segurança das disseções e a preservação de estruturas críticas, como as artérias vertebrais e os nervos cranianos. O monitoramento neurofisiológico intraoperatório tem se mostrado eficaz na proteção das funções neurológicas durante a cirurgia.

Conclusão: A cirurgia da junção craniocervical requer uma compreensão profunda da anatomia local e das estruturas neurovasculares. O uso de técnicas microcirúrgicas avançadas e abordagens minimamente invasivas, combinadas com um planejamento pré-operatório detalhado, é essencial para otimizar os resultados cirúrgicos e minimizar as complicações. Inovações tecnológicas, como monitorização intraoperatória e visualização endoscópica, têm contribuído para procedimentos mais seguros e eficazes nessa complexa região.

PALAVRAS-CHAVE: Cirurgia da junção craniocervical. Técnicas microcirúrgicas. Abordagens endoscópicas. Considerações neurovasculares. Técnicas minimamente invasivas.

Mensagem central

Este artigo revisa as principais abordagens cirúrgicas para lesões da junção craniocervical, destacando a complexidade anatômica da região e a importância de técnicas microcirúrgicas avançadas para o manejo seguro e eficaz. O foco é fornecer um guia abrangente para neurocirurgiões, integrando conhecimento anatômico e inovações tecnológicas para otimizar os resultados cirúrgicos e minimizar os riscos associados a diferentes patologias que afetam essa região crítica.

Perspectiva

Artigo multidisciplinar que combina conhecimentos avançados em neuroanatomia, técnicas microcirúrgicas e manejo neurovascular. A análise das diferentes abordagens cirúrgicas enfatiza a necessidade de um planejamento pré-operatório detalhado e a aplicação de técnicas menos invasivas sempre que possível, visando preservar a estabilidade craniocervical e reduzir as complicações neurológicas. A perspectiva é prática e orientada para o cirurgião, fornecendo uma visão crítica das opções disponíveis e suas indicações específicas com base na localização e no tipo de lesão.

ABSTRACT

Introduction: The craniocervical junction, located between the base of the skull and the first cervical vertebrae, is an anatomically and neurologically significant region. Due to its complexity, injuries and malformations in this area can lead to severe neurological complications, requiring precise surgical interventions. Advances in surgical techniques, such as endoscopic and microsurgical approaches, have expanded treatment options, enabling safer and less invasive procedures.

Objective: This study aims to review the most common surgical approaches to the craniocervical junction, including suboccipital, transoral, transnasal, far-lateral, and extreme-lateral techniques.

Method: A narrative review of the existing literature on craniocervical junction surgical techniques was conducted. The review included analyses of clinical cases, surgical outcomes, and technological advancements, such as the use of endoscopes and intraoperative neurophysiological monitoring. Comparative studies and case reports illustrating the advantages and limitations of each surgical approach were included.

Result: Detailed preoperative planning is essential for successful surgeries at the craniocervical junction. Radiological assessments using magnetic resonance imaging and computed tomography allow for precise three-dimensional analysis of the anatomical structures. Microsurgical techniques, including advanced microscopes and specialized instruments, have improved the safety of dissections and the preservation of critical structures like the vertebral arteries and cranial nerves. Intraoperative neurophysiological monitoring has proven effective in protecting neurological functions during surgery.

Conclusion: Surgery of the craniocervical junction requires an in-depth understanding of the local anatomy and neurovascular structures. The use of advanced microsurgical techniques and minimally invasive approaches, combined with detailed preoperative planning, is essential to optimize surgical outcomes and minimize complications. Technological innovations, such as intraoperative monitoring and endoscopic visualization, have contributed to safer and more effective procedures in this complex region.

KEYWORDS: Craniocervical junction surgery. Microsurgical techniques. Endoscopic approaches. Neurovascular considerations. Minimally invasive techniques

¹Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil.

²Faculdade Evangélica Mackenzie do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

³Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil

⁴Universidade Municipal de São Caetano do Sul, São Caetano do Sul, São Paulo, Brasil

⁵Universidade de Rio Verde, Rio Verde, Goiás, Brasil

⁶Universidade Nove de Julho, São Bernardo do Campo, São Paulo, Brasil

⁷Centro Avançado de Neurologia e Neurocirurgia, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil; Cilla Tech Park, Guarapuava, Paraná, Brasil

Conflito de interesse: Nenhum | Financiamento: Nenhum | Recebido em: 18/08/2025 | Aceito em: 02/09/2025 | Data de publicação: 25/09/2025 | Correspondência: gisolan@yahoo.com.br | Editor Associado: Carmen Australia Paredes Marcondes Ribas

Como citar:

Silva NCP, Coelho IFB, Varão MVS, Barros KT, Santos JMP, Bitolo GC, Isolan GR. Anatomia microcirúrgica: abordagens cirúrgicas da junção craniocervical. BioSCIENCE. 2025;83:e00002

INTRODUÇÃO

A junção craniocervical, localizada entre a base do crânio e as primeiras vértebras cervicais, é uma região complexa de grande significado neurológico. Essa área anatômica é responsável pela articulação entre o crânio e a coluna, desempenhando um papel crucial na proteção do tronco encefálico e da medula espinhal superior, além de permitir movimentos vitais da cabeça e do pescoço. Devido à sua localização e complexidade, lesões e malformações nessa região podem levar a sérias complicações neurológicas, exigindo intervenções cirúrgicas precisas e bem planejadas.¹ (Figuras 1, 2, 3, 4 e 5)

Os avanços nas técnicas cirúrgicas, particularmente o desenvolvimento de abordagens endoscópicas e microcirúrgicas, expandiram as opções de tratamento para lesões da junção craniocervical, permitindo procedimentos mais seguros e menos invasivos. No entanto, a escolha da abordagem cirúrgica ideal depende de uma compreensão detalhada da anatomia local, da natureza da doença a ser tratada e dos riscos potenciais associados a cada técnica.²

Este artigo revisa as principais abordagens cirúrgicas

da junção craniocervical, destacando as indicações e vantagens de cada uma, bem como as principais considerações para o planejamento pré-operatório e a aplicação de técnicas microcirúrgicas avançadas. Ao integrar o conhecimento anatômico com as inovações tecnológicas, o objetivo é fornecer um guia abrangente para a realização de operações eficazes e seguras nesta região desafiadora.

MÉTODO

A metodologia adotada neste artigo inclui uma revisão narrativa da literatura existente sobre técnicas cirúrgicas para a junção craniocervical, com foco em estudos que discutem as abordagens suboccipital, transoral, transnasal, extremo-lateral e extremo-lateral. A revisão integra análises de casos clínicos, resultados cirúrgicos e avanços tecnológicos, como o uso de endoscópios e técnicas de monitorização intraoperatória. Foram incluídos estudos comparativos e relatos de casos ilustrando as vantagens e limitações de cada técnica, bem como a importância de um planejamento cirúrgico detalhado e multidisciplinar. Ao final, foram revisados 21 artigos.

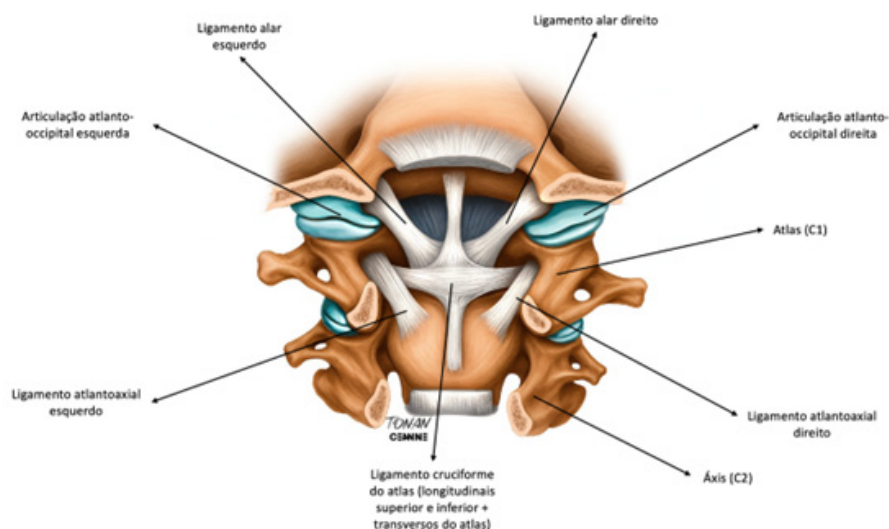


Figura 1 — Ilustração dos ligamentos da junção craniocervical (imagem protegida por direitos autorais. Tonan/CEANNE)

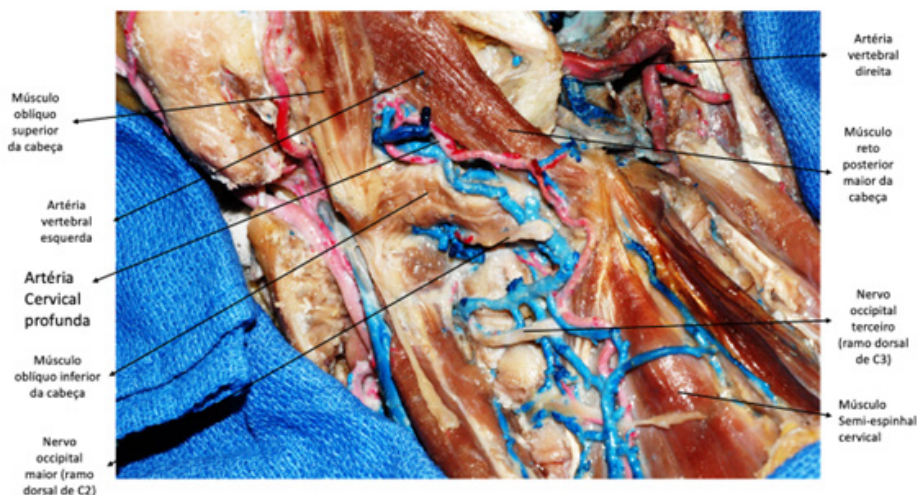


Figura 2 — Nas camadas mais profundas da região cervical posterior existe um rico plano venoso profundo (veias injetadas em azul), que é mais abundante no triângulo suboccipital formados pelos músculos obliques superior e inferior e pelo músculo reto posterior maior da cabeça

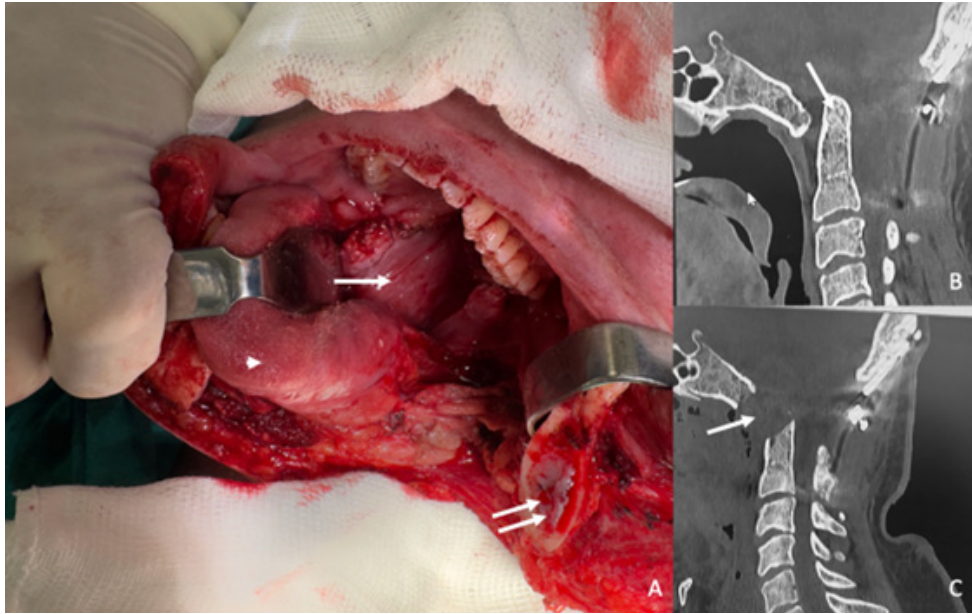


Figura 3 — Paciente de 32 anos, sexo masculino, com síndrome de Chiari tipo 1 e invaginação previamente submetido à estabilização occipito-cervical e descompressão de fossa posterior devido a Chiari. Como ainda mantinha déficits motores importantes e insuficiência respiratória, foi optado realizar odontoidectomia e clivectomia do clivus inferior. Pelo fato da impressão basilar ser importante (dificuldade de ângulo com abordagem endoscópica pura) e pelo fato do paciente ter abertura bucal insuficiente para acesso trans-oral puro, foi realizado acesso cirúrgico transoral com mandibulectomia para expor adequadamente o campo cirúrgico, principalmente devido a necessidade de angulação suficiente para drillagem do clivus inferior antes de se ressecar o processo odontóide invaginado. O uso de neuronavegador foi crucial nas etapas cirúrgicas e o paciente evoluiu com recuperação dos déficits e saída do respirador. A. imagem intraoperatória da abordagem transoral com mandibulectomia (seta dupla), fornecendo amplo campo de visão para a faringe posterior (seta), após deslocamento lateral da língua (ponta de seta). B. Tomografia sagital pré-operatória mostrando invaginação do processo odontóide (seta). C. Tomografia pós-operatória mostrando remoção do processo odontóide e do clivus inferior (seta).

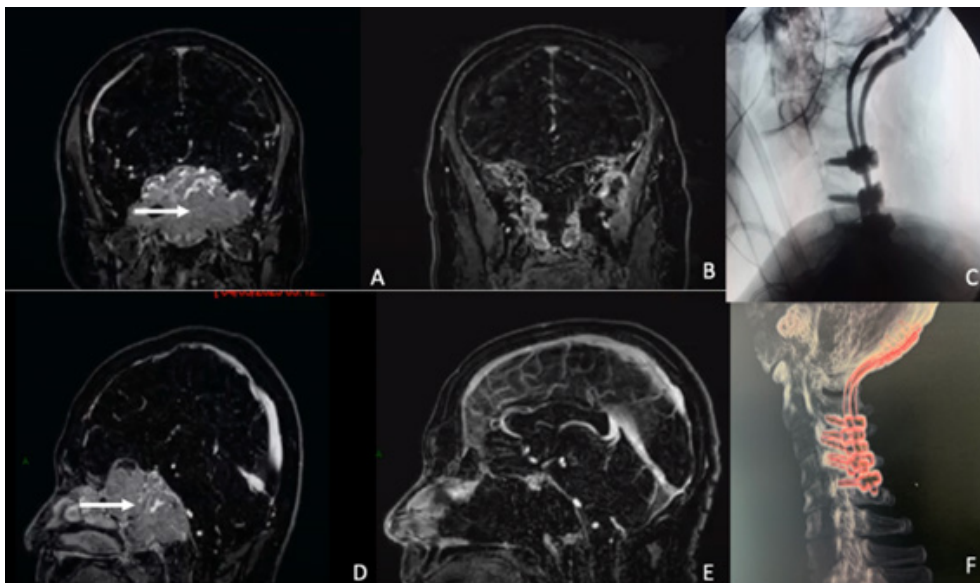


Figura 4 — Caso ilustrativo de paciente do sexo masculino cuja queixa principal era que o mesmo quando olhava inferiormente apresentava dor cervical e “ tinha que segurar sua cabeça para a mesma não cair para frente ”. Exames de imagem revelavam um tumor extradural de grande volume afetando o clivus, a fossa anterior, a fossa pterigopalatina e a fossa infratemporal bilateralmente, bem como o ápice petroso e os seios cavernosos bilateralmente. Além da dor cervical de início recente, paciente relatava disfagia e rouquidão devido à paralisia das cordas vocais diagnosticada durante a laringoscopia. A investigação da junção craniocervical (JCV) revelou instabilidade devido à erosão do côndilo occipital. Paciente foi submetido no mesmo tempo cirúrgico a fixação occipitocervical posterior e após o modificado o decúbito e realizada abordagem endonasal endoscópica estendida para remoção do componente tumoral na linha média. Paciente recuperou todos os déficits prévios um mês após a cirurgia. Embora a avaliação endocrinológica estivesse normal no pré-operatório, a prolactina sérica apresentou resultado elevado no ‘pos-operatório’ revelando trata-se de “efeito gancho”(hook effect). Paciente segue tratamento com cabergolida. A e B. RM coronal T1 com gadolínio pré e pós-operatória, respectivamente, evidenciando ressecção tumoral do componente da linha média. C. RX intraoperatório após fixação occipitocervical. D e E. RM sagital T1 com gadolínio pré e pós-operatória, respectivamente, evidenciando ressecção tumoral do componente da linha média(seta). F. Tomografia pós-operatória com reconstrução evidenciando estabilidade da junção crânio-cervical devido a artrodeose occipitocervical

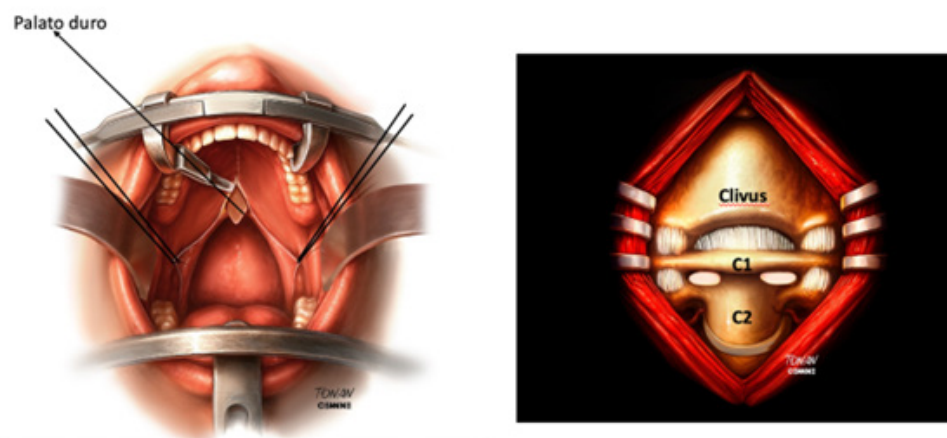


Figura 5 — A abordagem transoral é uma opção para lesões expansivas da junção craniocervical, preferencialmente extradural, como cordomas. A. Ilustração da abordagem transoral. B. ilustração das estruturas comumente alcançadas com essa abordagem. (Imagem protegida por direitos autorais. Tonan/CEANNE)

DISCUSSÃO

A via suboccipital é a via preferencial para acesso à porção posterior da junção craniocervical, permitindo o tratamento de lesões como malformações de Chiari, cistos aracnóides e algumas neoplasias. Essa técnica fornece uma visão ampla das estruturas do cerebelo, tronco encefálico e fossa posterior. De acordo com Baird et al.¹ A exposição cirúrgica por via suboccipital oferece uma linha direta para o tratamento de lesões localizadas no lado dorsal, sendo altamente eficaz na remoção de massas comprimindo a medula espinhal e o tronco encefálico. A principal vantagem dessa abordagem é a preservação da estabilidade craniocervical, pois o acesso é feito através da abertura do osso occipital sem a necessidade de mobilização ou retirada das vértebras.

As abordagens transoral e transnasal são técnicas minimamente invasivas utilizadas principalmente para acessar lesões anteriores e centrais da junção craniocervical, como compressões ventrais causadas por tumores ou anomalias ósseas. Visocchi et al.² destacam que essas vias são preferidas porque evitam a necessidade de grandes incisões externas e fornecem uma linha direta para a base do crânio, reduzindo a manipulação do tecido. A abordagem transoral, por exemplo, permite acesso direto ao arco anterior do atlas e ao corpo do eixo, enquanto a transnasal pode ser escolhida para lesões mais altas envolvendo a base do crânio. O uso do endoscópio em ambas as técnicas aumentou a segurança e eficácia dos procedimentos, permitindo melhor visualização das estruturas anatômicas durante a cirurgia.

As abordagens far-lateral e extremo-lateral são indicadas para lesões laterais e anterolaterais da junção craniocervical. Essas técnicas permitem o acesso a áreas não facilmente alcançadas por vias mais convencionais, proporcionando uma visão oblíqua do forame magno e da transição craniocervical. Visocchi et al.² mencionam que essas abordagens são particularmente úteis para lesões envolvendo o forame jugular, nervos cranianos inferiores e artérias vertebrais. A abordagem supralateral, por exemplo, oferece a vantagem de evitar a manipulação direta da medula espinhal, permitindo o

acesso a lesões anteriores e laterais, como meningiomas ou lesões metastáticas.

Planejamento pré-operatório

O planejamento pré-operatório detalhado é essencial para o sucesso das operações na junção craniocervical. A avaliação radiológica minuciosa é fundamental para mapear as estruturas anatômicas envolvidas e identificar as características da lesão. O uso combinado de ressonância magnética (RM) e tomografia computadorizada (TC) permite análise tridimensional precisa, o que é crucial para o planejamento cirúrgico. Baird et al.¹ e outros³⁻⁵ enfatizam que a RM é particularmente útil para visualizar estruturas neurais e lesões intradurais, enquanto a TC é essencial para avaliar as características ósseas e planejar a ressecção de estruturas como o arco anterior do atlas ou o processo odontóide.

O posicionamento do paciente é aspecto crítico do planejamento pré-operatório, pois influencia diretamente a exposição cirúrgica e a segurança intraoperatória. Diferentes posições, como supino, prono ou semi-sentado, são escolhidas com base na abordagem cirúrgica selecionada. De acordo com Visocchi et al.², a posição semi-sentada, por exemplo, é frequentemente usada em abordagens suboccipitais porque permite que a gravidade retraia as estruturas cerebrais, facilitando o acesso à fossa posterior. No entanto, essa posição também apresenta riscos, como embolia gasosa, que requer monitoramento rigoroso durante a operação.^{4,5}

Técnicas microcirúrgicas

A aplicação de técnicas microcirúrgicas é essencial para a manipulação precisa das estruturas anatômicas na junção craniocervical. O uso de microscópios cirúrgicos avançados aumenta a ampliação e a iluminação do campo operatório, permitindo que os neurocirurgiões realizem disseções precisas com segurança. Guang-Lie L⁴ destaca que o desenvolvimento de instrumentos microcirúrgicos específicos, como pinças finas, tesouras delicadas e dispositivos de sucção de alta precisão, revolucionaram as técnicas cirúrgicas, minimizando o

risco de lesão de estruturas nervosas e vasculares.

A preservação de estruturas críticas, como nervos cranianos, artérias vertebrais e medula espinhal, é prioridade durante a operação na junção craniocervical. Técnicas de dissecação delicadas e meticulosas são empregadas para evitar danos a essas estruturas vitais. Guang-Lie L⁴ descreve a importância de seguir planos anatômicos naturais e usar abordagens minimamente invasivas para reduzir o trauma cirúrgico. Além disso, o uso de monitorização neurofisiológica intraoperatória, como potenciais evocados e eletromiografia, tem se mostrado eficaz na proteção das funções neurológicas durante a operação.⁶

Considerações neurovasculares

A junção craniocervical é região anatômica complexa que integra estruturas ósseas, ligamentares, neurais e vasculares, exigindo alta precisão no manejo neurocirúrgico. A junção craniovertebral é considerada cirurgicamente desafiadora devido às suas características anatômicas. Nesse contexto, a complexidade neurovascular da região anatômica é consideração importante durante o planejamento cirúrgico.⁷

As artérias vertebrais, originárias das artérias subclávias, sobem ao longo da coluna cervical, curvando-se em torno das vértebras C1 e C2 antes de entrar no crânio, onde se unem para formar a artéria basilar. Esta artéria é fundamental para o suprimento sanguíneo para a fossa posterior e tronco encefálico, desempenhando papel crucial na vascularização dessas estruturas. O segmento extracraniano das artérias vertebrais (V3) é de interesse cirúrgico devido à sua proximidade com a articulação atlantoaxial, e o conhecimento detalhado dessa trajetória é essencial para evitar lesões durante as abordagens cirúrgicas. O segmento intracraniano (V4), por sua vez, torna as artérias vertebrais vulneráveis, necessitando de cuidados durante as manipulações cirúrgicas para evitar danos aos ramos perfurantes que irrigam o tronco encefálico.⁸

A junção craniovertebral também contém ligamentos cruciais para a estabilidade: o ligamento longitudinal anterior, que se torna a membrana atlanto-occipital anterior, e a membrana tectória, uma extensão do ligamento longitudinal posterior. Os ligamentos alares estabilizam a junção conectando o processo odontoide aos côndilos occipitais e ao atlas, enquanto o ligamento transversal mantém o odontoide contra o arco anterior do atlas.⁸

A exposição das artérias vertebrais requer técnicas microcirúrgicas e dissecação cuidadosa para minimizar o risco de trauma e hemorragia intraoperatória. O controle do fluxo sanguíneo usando cliques temporários deve ser realizado com extrema cautela para evitar danos aos ramos perfurantes. A oclusão temporária dessas artérias pode induzir repercussões hemodinâmicas significativas, especialmente em pacientes com circulação colateral comprometida. Nesses casos, o Doppler intraoperatório torna-se ferramenta valiosa para monitorar o fluxo residual e avaliar os efeitos hemodinâmicos durante a operação.⁹

Técnicas para minimizar o risco de hemorragias intraoperatórias

Na microcirurgia da junção craniocervical, as hemorragias operatórias são prioridade crítica. A adoção de abordagem multidisciplinar, que inclui planejamento radiológico pré-operatório detalhado e monitoramento intraoperatório avançado, é essencial para minimizar esses riscos e otimizar os resultados cirúrgicos.¹⁰

A tomografia computadorizada é o método de escolha para a avaliação inicial do trauma, permitindo a visualização detalhada das fraturas ósseas e das subluxações ou luxações occipital-C1. No entanto, apresenta limitações na avaliação de lesões de tecidos moles e dos principais ligamentos estabilizadores da junção craniocervical. Nesses casos, a ressonância magnética da coluna cervical se destaca como ferramenta essencial, permitindo a avaliação direta da medula espinhal e dos ligamentos, o que é crucial para o manejo de lesões complexas.¹¹

Durante o procedimento cirúrgico, o controle vascular temporário, por meio da aplicação de cliques nas artérias vertebrais ou em seus ramos principais, pode ser necessário para reduzir o fluxo sanguíneo proximal e distal durante a dissecação ou ressecção da lesão. No entanto, a decisão de aplicar cliques temporários deve ser tomada com cautela, levando em consideração a anatomia individual e a presença de circulação colateral suficiente. A ultrassonografia Doppler intraoperatória tem se mostrado eficaz para monitorar o fluxo e detectar possíveis complicações, como estenose ou oclusões dos vasos.¹²⁻¹⁴

O uso de agentes hemostáticos como cola de fibrina, celulose oxidada e esponjas hemostáticas tem sido fundamental no controle do sangramento durante a microcirurgia na região da junção craniocervical. No entanto, é necessário cuidado ao aplicar esses agentes próximos a estruturas vitais, pois aderências acidentais ou compressão excessiva podem resultar em lesões iatrogênicas. A importância de alcançar a hemostasia durante a operação não pode ser exagerada. A falha no controle efetivo do sangramento pode prejudicar a visualização do campo cirúrgico e aumentar o risco de complicações neurológicas. Além de técnicas microcirúrgicas meticulosas, ferramentas avançadas como pinças bipolares, que permitem a coagulação segura perto das estruturas nervosas, são essenciais para o manejo bem-sucedido das complicações vasculares durante a operação.¹⁵⁻¹⁷

A identificação precoce e o manejo rápido das lesões vasculares são cruciais para minimizar o risco de déficits neurológicos graves. Nas situações em que ocorre lesão vascular, medidas imediatas devem ser tomadas para controlar a hemorragia por meio do uso de instrumentos e técnicas hemostáticas específicas, como coagulação bipolar e aplicação de agentes hemostáticos. Diante de lesões vasculares complexas, pode ser necessária a reconstrução vascular com suturas ou enxertos. Nessas situações, o sucesso do procedimento depende da experiência e habilidade cirúrgica do neurocirurgião, bem como da disponibilidade de instrumentos e materiais vasculares apropriados.¹⁸⁻²¹

CONCLUSÃO

O tratamento cirúrgico das doenças da junção craniocervical requer compreensão profunda da anatomia e das complexas estruturas neurovasculares envolvidas. O uso de técnicas microcirúrgicas avançadas, associadas à adoção de abordagens minimamente invasivas e planejamento pré-operatório preciso, é essencial para otimizar os resultados cirúrgicos e minimizar os riscos de complicações. A integração de avanços tecnológicos, como monitorização neurofisiológica intraoperatória e visualização endoscópica, tem contribuído para operações mais seguras e eficazes, permitindo o manejo preciso das lesões nessa região anatomicamente complexa.

Contribuição dos autores

Nicole Custódio Porto Silva: Conceitualização, Investigação
Isabela Fidalski Borba Coelho: Análise formal, Metodologia
Marcos Vinicius Sousa Varão: Validação, Escrita – revisão e edição
Kimberly Teixeira Barros: Curadoria de dados, Escrita – rascunho original
Júlia Michelini Pedrinelli Santos: Validação, Escrita – revisão e edição
Giovana Clausson Bitolo: Análise formal, Metodologia
Gustavo Rassier Isolan: Administração do projeto

REFERÊNCIAS

- Baird C, Conway J, Sciubba D, Prevedello D, Quiñones-Hinojosa A, Kassam A. Radiographic and anatomic basis of endoscopic anterior craniocervical decompression: a comparison of endonasal, transoral, and transcervical approaches. *Oper Neurosurg*. 2009;65(suppl 6):158–64. <https://doi.org/10.1227/01.neu.0000345641.97181.ed>
- Visocchi M, Iacopino D, Signorelli F, Olivi A, Maugeri R. Walk the line. The surgical highways to the craniocervical junction in endoscopic approaches: a historical perspective. *World Neurosurg*. 2018;110:544–57. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2017.06.125>
- Pillai P, Baig M, Karas C, Ammirati M. Endoscopic image-guided transoral approach to the craniocervical junction: an anatomic study comparing surgical exposure and surgical freedom obtained with the endoscope and the operating microscope. *Oper Neurosurg*. 2009;64:437–42. <https://doi.org/10.1227/01.neu.0000334050.45750.c9>
- Guang-lie L. Stereoscopic microsurgical applied anatomical study of craniocervical junction of adult. *Prog Anat Sci*. 2011;17(1):44–7.
- Ding Z, Yu C, Tian D, Li Y, Yu C. Microsurgical anatomy of craniocervical junction region. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi*. 2002;40(6):427–9.
- Manzo M, D'Urso Pl. Craniocervical junction arachnoid cyst. *Surg Neurol Int*. 2020;11:34. https://doi.org/10.25259/sni_609_2019
- Mancarella C, Delfini R, Landi A. Chiari malformations. *Acta Neurochir Suppl*. 2019;125:89–95. https://doi.org/10.1007/978-3-319-62515-7_13
- Fiani B, Jarrah R, Shields J, Durrani S, Panico N, Mualem W, et al. A comprehensive overview of pediatric neoplasms at the craniocervical junction: meningiomas, schwannomas, and chordomas. *Cureus*. 2022;14(11):e31083. <https://doi.org/10.7759/cureus.31083>
- Fiester P, Rao D, Soule E, Orallo P, Rahmathulla G. Anatomic, functional, and radiographic review of the ligaments of the craniocervical junction. *J Craniovertebr Junction Spine*. 2021;12(1):4–9. https://doi.org/10.4103/jcvjs.JCVJS_209_20
- Charbonneau L, Watanabe K, Chaalala C, Bojanowski MW, Lavigne P, Labidi M. Anatomy of the craniocervical junction: a review. *Neurochirurgie*. 2024;70(3):101511. <https://doi.org/10.1016/j.neuchi.2023.101511>
- Misra BK. Access to craniocervical junction: comparison between transoral and extraoral transcervical approach. *World Neurosurg*. 2010;74(1):113–4. <http://doi.org/10.1016/j.wneu.2010.06.005>
- Debernardi A, D'Aliberti G, Talamonti G, Villa F, Piparo M, Collice M. The craniocervical junction area and the role of the ligaments and membranes. *Neurosurgery*. 2015;76 Suppl. <https://doi.org/10.1227/neu.0b013e3182011262>
- Lopez AJ, Scheer JK, Leibl KE, Smith ZA, Dlouhy BJ, Dahdaleh NS. Anatomy and biomechanics of the craniocervical junction. *Neurosurg Focus*. 2015;38(4):e2. <https://doi.org/10.3171/2015.1.focus14807>
- Kshetry VR, Thorp BD, Shriver MF, Zanation AM, Woodard TD, Sindwani R, et al. Endoscopic approaches to the craniocervical junction. *Otolaryngol Clin North Am*. 2016;49(1):213–26. <https://doi.org/10.1016/j.otc.2015.08.003>
- Raybaud C. Anatomy and development of the craniocervical junction. *Neurol Sci*. 2011;32(Suppl 3):S267–70. <https://doi.org/10.1007/s10072-011-0693-2>
- Martin MD, Bruner HJ, Maiman DJ. Anatomic and biomechanical considerations of the craniocervical junction. *Neurosurgery*. 2010;66(3 Suppl):2–6. <https://doi.org/10.1227/01.neu.0000365830.10052.87>
- Smoker WR. Craniocervical junction: normal anatomy, craniometry, and congenital anomalies. *Radiographics*. 1994;14(2):255–77. <https://doi.org/10.1148/radiographics.14.2.8190952>
- Tessitore E, Mastantuoni C, Cabriolo I, Schonauer C. Novelty for increased safety in craniocervical surgery: a review. *Acta Neurochir (Wien)*. 2023;165(10):3027–38. <https://doi.org/10.1007/s00701-023-05769-2>
- Sen RD, Martinez V, Eaton J, Holdefer RN, Ellenbogen RG. Intraoperative neuromonitoring for pediatric Chiari decompression: when is it useful? *Neurosurg Focus*. 2023;54(3):E9. <https://doi.org/10.3171/2022.12.focus22632>
- Krishnakumar M, Ramesh V, Goyal A, Srinivas D. Utility of motor evoked potential in identification and treatment of suboptimal positioning in pediatric craniocervical junction abnormalities: a case report. *A A Pract*. 2020;14(12):e01323. <https://doi.org/10.1213/xxa.0000000000001323>
- Sahin MC, Ipek EM, Zinnuroglu M, Borcek AO. How did intraoperative neuromonitorization prevent tetraplegia? *Childs Nerv Syst*. 2023;39(5):1323–8. <https://doi.org/10.1007/s00381-022-05748-5>