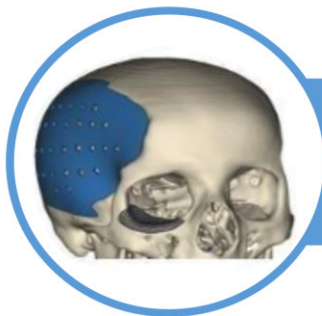




CONSTRUÇÃO DE UM ATLAS DE NEUROENDOSCOPIA VOLTADO AO ENSINO DA NEUROANATOMIA E NEUROCIRURGIA

Maria Eduarda de Oliveira Fernandes ¹, Silvio Sarmento Lessa², Walison Justiniano Pinto¹, Guilherme Isaias de Paula¹, Thelma Renata Parada Simão³, Rosângela Martins Araújo¹, Alexandre Cardoso⁴, Gerson Flavio Mendes de Lima⁴, Karina do Valle Marques¹



<https://doi.org/10.36557/2674-8169.2025v7n11p1974-1985>

Artigo recebido em 15 de Outubro e publicado em 25 de Novembro de 2025

ARTIGO ORIGINAL

RESUMO

Introdução: A alta complexidade das estruturas anatômicas na base do crânio e região ventricular, tornam o processo do aprendizado da neuroendoscopia um desafio para estudantes e residentes em formação. **Objetivo:** Desenvolver um atlas a partir de imagens cirúrgicas pela técnica de neuroendoscopia para melhor entendimento das estruturas anatomicas desta região. **Metodologia:** Imagens cirúrgicas adquiridas em pacientes adultos, de ambos os sexos, em um hospital universitário pelo Serviço de Neurocirurgia, foram selecionadas e cada estrutura anatômica foi delimitada e nomeada, constituindo um banco estruturado de imagens. O atlas interativo foi criado e está disponível em www.anatomiabrasil.com.br, permitindo incorporar menus, interatividade e realce das estruturas a partir de cliques ou toques com o mouse. **Resultados:** Este é o primeiro atlas interativo da base do crânio e regiões ventriculares aplicando a técnica cirurgica de neuroendoscopia para mapeamento das estruturas anatômicas, possibilitando visualizar relações espaciais e caminhos de acesso neuroendoscópico. **Conclusão:** O atlas interativo fornece uma referência para o conhecimento das estruturas anatômicas essenciais para procedimentos em

¹ Universidade Federal de Uberlândia, Curso de Medicina, Laboratório de Anatomia Funcional Aplicado à Clínica e à Cirurgia, Uberlândia, MG, Brasil. mariaedudafernandes@gmail.com

² Neurocirurgião integrante do Laboratório de Anatomia Funcional Aplicado à Clínica e à Cirurgia do Curso de Medicina da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil.

³ Universidade Paulista- UNIP, Anatomia Humana, São Paulo, SP, Brasil.

⁴ Universidade Federal de Uberlândia, Grupo de Realidade Virtual e Aumentada, Faculdade de Engenharia Elétrica, Uberlândia, MG, Brasil.

neuroendoscopia. Estudos futuros são necessários para avaliar a eficácia da aprendizagem utilizando esta ferramenta criada.

Palavras-chave: neuroendoscopia, anatomia, atlas , neurocirurgia, base de crânio

Development of a Neuroendoscopy Atlas for the Teaching of Neuroanatomy and Neurosurgery

ABSTRACT

Introduction: The high complexity of the anatomical structures in the skull base and ventricular region makes learning neuroendoscopy a challenge for students and residents in training. **Objective:** To develop an atlas based on surgical images obtained through the neuroendoscopy technique to improve the understanding of the anatomical structures in this region. **Methods:** Surgical images acquired from adult patients of both sexes at a university hospital by the Neurosurgery Service were selected, and each anatomical structure was outlined and labeled, forming a structured image database. The interactive atlas was created and is available at www.anatomiabrasil.com.br, allowing the incorporation of menus, interactivity, and highlighting of structures through mouse clicks or touches. **Results:** This is the first interactive atlas of the skull base and ventricular regions applying the neuroendoscopy surgical technique for mapping anatomical structures, enabling visualization of spatial relationships and neuroendoscopy access pathways. **Conclusion:** The interactive atlas provides a reference for understanding essential anatomical structures for neuroendoscopy procedures. Future studies are needed to evaluate the learning effectiveness of this newly developed tool.

Keywords: neuroendoscopy, anatomy, atlas, neurosurgery, skull base

Instituição afiliada

Universidade Federal de Uberlândia, Curso de Medicina, Laboratório de Anatomia Funcional Aplicado à Clínica e à Cirurgia, Uberlândia, MG, Brasil.

Universidade Paulista- UNIP, Anatomia Humana, São Paulo, SP, Brasil.

Universidade Federal de Uberlândia, Grupo de Realidade Virtual e Aumentada, Faculdade de Engenharia Elétrica, Uberlândia, MG, Brasil.

Autor correspondente: Karina do Valle Marques, Karina@ufu.br

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



INTRODUÇÃO

A região da base do crânio é anatomicamente complexa com grande desafios de abordagens de estruturas anatômicas por neurocirurgiões e otorrinolaringologistas devido à proximidade com importantes estruturas, como o cérebro, os nervos cranianos, as órbitas e artérias carótidas, entre outras. Além disso, a base do crânio esta sujeita a lesões intracranianas de difícil acesso como o tronco encefálico^{1,2}. A compreensão das estruturas do viscerocrânio e da base do crânio bem como suas variações anatômicas é de grande importância para a prática segura de neurocirurgias. Vários estudos tem descrito a anatomia detalhada destas regiões aplicada a técnica da neuroendoscopia e são bem detalhadas na literatura científica^{3,4,5, 6,7,8}.

Nas últimas três décadas, o endoscópio consolidou-se como ferramenta essencial na neurocirurgia, impulsionado pelo rápido avanço tecnológico que aprimorou significativamente a qualidade dos instrumentos e ampliou seu papel na especialidade. As abordagens transnasais interdisciplinares revolucionaram a cirurgia da base do crânio, porém ainda persiste o desafio de transpor a anatomia complexa apresentada em 2D nos livros para sua compreensão tridimensional durante a prática neuroendoscópica. A formação do neurocirurgião exige, assim, não apenas domínio teórico, mas também treinamento especializado em anatomia radiológica e microcirúrgica, tradicionalmente realizado em laboratórios de dissecação e consolidado no ambiente cirúrgico real. Esse treinamento pode incluir observação de cirurgias, dissecação cadavérica, uso de modelos animais, modelos sintéticos como impressão 3D, simuladores virtuais e modelos híbridos⁹.

É pela sociedade Brasileira de Cirurgia que ocorra em treinamento em laboratórios de habilidades neurocirúrgicas, com aprendizado básico e avançado, os quais devem estar presentes em todos os hospitais de ensino e escolas médicas. As habilidades podem ser transferidas de modelos de simulação ou realidade virtual (RV) para cadáveres e, finalmente, para cirurgias em humanos vivos. O aprendizado em etapas (primeiro com um modelo simples para aprender a técnica endoscópica básica, depois com um modelo animal e, por fim, com cadáveres) é o método de aprendizado indicado para o treinamento em microneurocirurgia. Embora a maioria das pesquisas

indique que cirurgias em humanos vivos e a prática em modelos animais e cadáveres sejam os modelos de treinamento mais utilizados, atualmente, a RV poderá se tornar um método de aprendizado auxiliar no futuro¹⁰. Simulações de realidade mista (simuladores realistas e virtuais) combinados para treinamento cirúrgico de neuroendoscopia foram desenvolvidas para proporcionar mais conhecimentos com dados 3D e aprimorando significativamente o aprendizado de anatomia cirúrgica e estratégias operatórias. A combinação de ferramentas virtuais e realísticas pode melhorar com segurança a curva de aprendizado cirúrgico¹¹.

Nesse contexto, podemos dizer que os recursos digitais interativos tornam-se fortes aliados atuando como ferramentas auxiliares de ensino proporcionando experiências complementares ao treinamento em cadáver. O presente projeto se justifica pela necessidade crescente de tecnologias que aproximem o estudante de medicina e o residente da realidade a cirurgia em neuroendoscopia, oferecendo uma ferramenta didática acessível e capaz de apoiar o desenvolvimento de competências essenciais para a neurocirurgia e neuroanatomia, sem substituir o ensino no cadáver, mas complementando, o treinamento tradicional em laboratório e em centro cirúrgico.

METODOLOGIA

Nesta pesquisa adotamos a amostragem por conveniência com tamanho definido por temporalidade, de 2017 a 2019, em adultos de ambos os sexos que deram entrada no Hospital de Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia (HC-UFU) e foram submetidos a tratamento cirúrgico de endoscopia da base do crânio e região ventricular no Serviço de Neurocirurgia do HC-UFU. As cirurgias foram filmadas com autorização dos pacientes, e posteriormente as imagens que constituíram o atlas de neuroendoscopia foram realizadas a partir de 25 fotos reais durante a neurocirurgia, as imagens tratadas, coloridas e demarcadas no Photoshop CS6 (Adobe System). Após a demarcação das estruturas anatômicas o atlas foi gerado com o software Unity3D onde foi realizado a combinação de ações de coloração das estruturas, com o clique na estrutura anatômica escolhida. O atlas está disponível no site www.anatomiabrasil.com.br. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética e pesquisa sob parecer de nº 2.197.027, CAAE: 69933717.5.0000.5152.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente estudo realizamos a criação de um atlas interativo a partir de imagens de cirurgia por neuroendoscopia para ensino da neuroanatomia e treinamento cirúrgico. As etapas de criação do atlas estão esquematizadas na figura 1. O acesso ao aplicativo pode ser realizado via celular ou computador, desde que tenha acesso a internet.

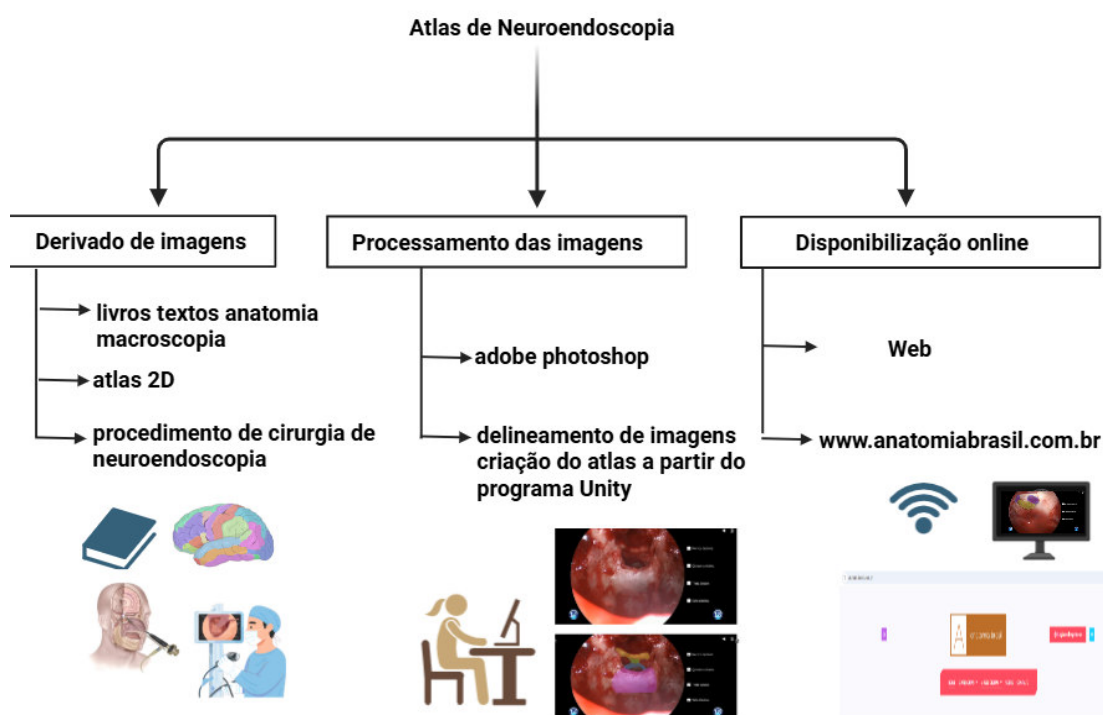


Figura 1 – Esquema representativo da aquisição, do processamento e da disponibilização de imagens. Esquema criado com Biorender.com

As imagens que compoem o atlas foram obtidas a partir de registros reais de neurocirurgias endoscópicas. Posteriormente, estas imagens foram processadas e delimitadas via Photoshop CS6 (Adobe Systems), onde cada estrutura anatômica foi delimitada em cores específicas e devidamente nomeadas, resultando em um banco de imagens anatômicas. Já o aplicativo Unity, foi utilizado para o desenvolvimento de um circuito de integração entre as imagens delimitadas por cores e os botões interativos, permitindo assim que cada área anatômica ao ser clicada no menu ao lado,

fosse selecionada na imagem cirúrgica. Assim, ao clicar com o mouse (ou tocar na tela), o usuário pode habilitar ou ocultar a estrutura desejada, visualizar camadas específicas e explorar progressivamente os componentes anatômicos. Esse processo resultou em um sistema interativo, ainda que baseado em imagens estáticas, simulando uma navegação segmentada típica de atlas digitais mais avançados.

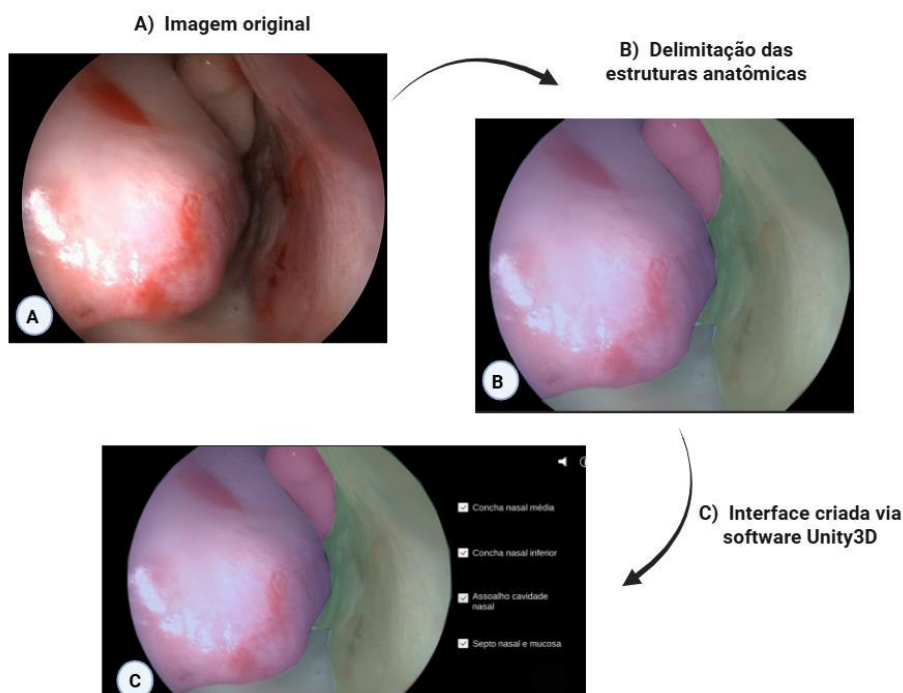


Figura 2 – Esquema representativo da aquisição, do processamento e da delimitação das imagens via acesso nasal demonstrando concha nasal média, concha nasal inferior, assoalho da cavidade nasal, septo nasal e mucosa nasal. Em **A** representação da imagens original, em **B** as estruturas anatômicas foram delimitadas com cores, e em **C** foi realizada a interface de agrupamento das estruturas com as cores, mostrando que ao clicar em cada estrutura, a região anatômica é realçada.

A partir das imagens neuroendoscópicas obtidas como exemplo a figura 3, é possível ver a imagem real e posteriormente ao clicar na estrutura há a demonstração das principais estruturas marcadas. A demarcação das estruturas anatômicas possibilitou a identificação precisa de elementos essenciais para a orientação endoscópica, incluindo concha nasal média e inferior, septo nasal, assoalho da cavidade nasal, plano esfenoidal, nervos ópticos, carótidas, recesso carótido-óptico, tubérculo da sela, sela túrcica, plano clival, septo infraesfenoidal, proeminência da carótida, dura-máter, quiasma óptico, ventrículos laterais, forame de Monro e plexo coróide.

A organização dessas estruturas permitiu a construção de um percurso visual contínuo, desde a cavidade nasal até as regiões profundas da base do crânio e ventricular. O atlas desenvolvido respondeu adequadamente aos comandos de seleção e ofereceu clareza na identificação anatômica, facilitando a navegação pedagógica pelas regiões de maior relevância neurocirúrgica.

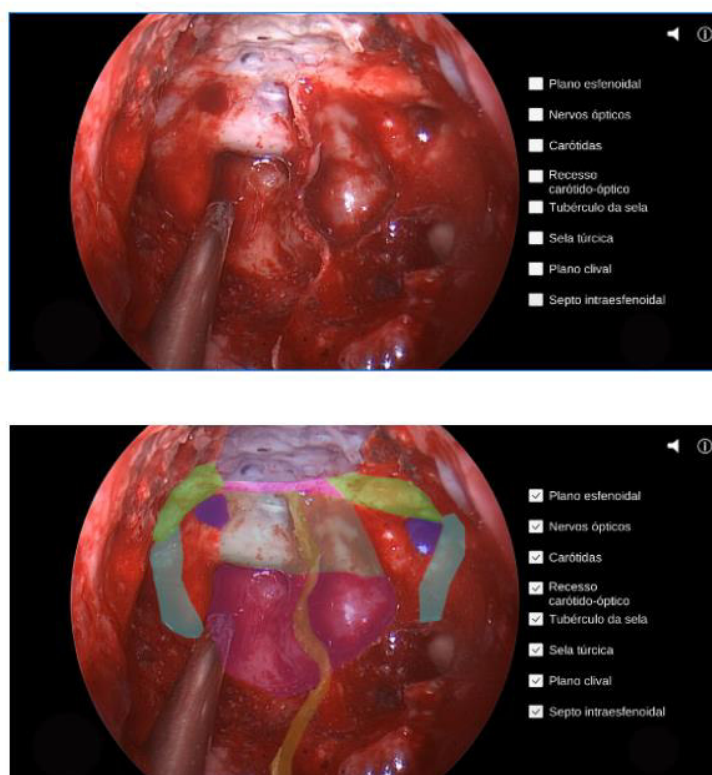


Figura 3 – Esquema representativo da aquisição, do processamento e da disponibilização de imagens via acesso cirúrgico por neuroendoscopia na base do crânio. Após aquisição das imagens estas foram delimitadas via Adobe Photoshop e assim foi gerada a demarcação das estruturas, plano esfenoidal, nervos ópticos, carótidas, recesso carótido-optico, tubérculo da sela, sela túrcica, plano clival, septo infraesfenoidal.

DISCUSSÃO

Neste estudo, um atlas de neuroendoscopia da base do crânio e região ventricular foi criado. Estudos prévios descreveram as regiões de acesso com a técnica de neuroendoscopia¹², porém não encontramos atlas interativos de neuroendoscopia na literatura consultada. Verificamos que há vários trabalhos científicos demonstrando os procedimentos cirúrgicos via realização de neuroendoscopia¹³⁻¹⁵.

Os achados deste estudo evidenciam que um atlas neuroendoscópico

interativo, ainda que estático, pode funcionar como uma ferramenta educacional auxiliar para o ensino da anatomia cirúrgica da base do crânio e dos ventrículos. A possibilidade de integrar, um circuito funcional entre cores e estruturas anatômicas, tornando cada elemento selecionável, favorece um aprendizado ativo e direcionado, especialmente em contextos de restrição de tempo operatório para residentes. A representação clara de marcos críticos — como o recesso carótido-óptico, a sela túrcica, o plano clival e o forame de Monro — contribui para a compreensão espacial dos trajetos endoscópicos, aspecto essencial para reduzir erros de navegação e aprimorar a familiaridade anatômica. A experiência qualitativa com o atlas confirma que sua estrutura é capaz de localizar e destacar com precisão as estruturas anatômicas, ampliando o potencial para uso em rotinas de ensino, treino pré-operatório e revisão anatômica.

Importante destacar que, embora apresente benefícios educacionais relevantes, o atlas não substitui o treinamento prático em cadáveres, que permanece imprescindível para o desenvolvimento de habilidades táteis, tridimensionais e operatórias necessárias ao domínio completo da neuroendoscopia e neurocirurgia. Assim, o atlas se posiciona como um complemento seguro, acessível e de alto valor pedagógico, porém é mais indicado com uma ferramenta auxiliar de ensino.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O atlas neuroendoscópico interativo desenvolvido neste estudo demonstrou capacidade eficiente de identificar e destacar estruturas anatômicas essenciais da base do crânio e do sistema ventricular, oferecendo uma ferramenta de apoio ao ensino da neuroanatomia e neurocirurgia. A interface do atlas confirma a aplicabilidade do uso de descrições anatômicas dentro de um ambiente interativo estático, potencializando a aprendizagem e favorecendo a autonomia do estudante. Embora não substitua o treinamento real em cadáveres, o atlas se apresenta como recurso valioso para programas de formação em neurocirurgia aplicado a neuroendoscopia e ao ensino da neuroanatomia da base de crânio, auxiliando no aprimoramento das habilidades anatômicas e contribuindo para uma preparação mais segura e eficaz de futuros neurocirurgiões.

REFERÊNCIAS

1. Jackler RK (2009) Atlas of skull base surgery and neurotology, 2nd edn. Thieme, New York,
2. Nowinski, Wieslaw L.; Thaug, Thant S. L. . (2018). *A 3D stereotactic atlas of the adult human skull base. Brain Informatics*, 5(2), doi:10.1186/s40708-018-0082
3. Rohde V, Gilsbach JM. Anomalies and variants of the endoscopic anatomy for third ventriculostomy. *Minim Invasive Neurosurg* 2000;43:111-7
4. Aydin S, Yilmazlar S, Aker S, Korfali E. Anatomy of the floor of the third ventricle in relation to endoscopic ventriculostomy. *Clin Anat* 2009;22:916-24. (PDF) *Anatomic variations of the floor of the third ventricle: Surgical implications for endoscopic third ventriculostomy.*
5. Sughrue ME, Chiou J, Burks JD, Bonney PA, Teo C. Anatomic variations of the floor of the third ventricle: An endoscopic study. *World Neurosurg* 2016;90:211-27
6. Luzzi S, Maestro MD, Elia A, Vincitorio F, Perna GD, Zenga F, et al. Morphometric and radiomorphometric study of the correlation between the foramen magnum region and the anterior and posterolateral approaches to ventral intradural lesions. *Turk Neurosurg* 2019;29:875-86
7. Giotta Lucifero A, Baldoncini M, Bruno N, Tartaglia N, Ambrosi A, Marseglia GL, et al. Microsurgical neurovascular anatomy of the brain: The anterior circulation (Part I). *Acta Biomed* 2021
8. Abdala-Vargas NJ, Cifuentes-Lobelo HA, Ordonez-Rubiano E, Patiño-Gomez JG, Villalonga JF, Lucifero AG, et al. Anatomic variations of the floor of the third ventricle: Surgical implications for endoscopic third ventriculostomy. *Surg Neurol Int* 2022;13:218
9. Yadav YR, Bajaj J, Parihar V, Ratre S, Pateriya A. Practical aspects of neuroendoscopic techniques and complication avoidance: a systematic review. *Turk Neurosurg* 2018;28(03):329–340.
10. Hedao K, Sinha M, Chauhan BPS, Bajaj J, Ratre S, Swamy MN, Parihar V, Shakya J, Sharma M, Patidar J, Yadav YR. Neuroendoscopy Training. *Asian J*

- Neurosurg. 2024 Oct 10;20(1):1-9. doi: 10.1055/s-0044-1791713. PMID: 40041584; PMCID: PMC11875708.
11. Coelho G, Figueiredo EG, Rabelo NN, et al. Development and evaluation of pediatric mixed-reality model for neuroendoscopic surgical training. *World Neurosurg* 2020;139:e189–e202
 12. Zhang, Y., Kang, D., Jiang, C. *et al.* Anatomy and surgery of pure neuroendoscopic infratentorial supracerebellar approach for resection of pineal region tumor. *Chin Neurosurg JI* 4, 18 (2018). <https://doi.org/10.1186/s41016-018-0127-6>
 13. Vazquez A, Liu JK, Eloy JA. Endoscopic endonasal surgery of the sphenoid sinus: extended approaches. *Oper Tech Otolaryngol Head Neck Surg.* 2014;25:174–9
 14. N. M. Matasyoh, R. Schmidt, R. A. Zeineldin, U. Spetzger and F. Mathis-Ullrich, "Interactive Surgical Training in Neuroendoscopy: Real-Time Anatomical Feature Localization Using Natural Language Expressions," in *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 71, no. 10, pp. 2991-2999, Oct. 2024, doi: 10.1109/TBME.2024.3405814.
 15. Marco Antonio Garfias-Rodriguez¹, Victor Ramzes Chavez-Herrera², Juan Pablo Ichazo-Castellano¹, Erick Zepeda², David Gallardo-Ceja³, Agustín Dorantes-Argandar⁴. Anatomy of the medial wall of the orbit undergoing an endoscopic endonasal approach: An inferomedial and superomedial approach. 10-Jan-2025;16:13