

# 内镜经鼻手术后脑脊液漏的分层重建策略

范凌志, 刘冉, 赵光勇, 李劭\*

滨州医学院附属医院神经外科, 山东 滨州

收稿日期: 2026年3月21日; 录用日期: 2026年4月16日; 发布日期: 2026年4月21日

## 摘要

脑脊液漏(Cerebrospinal fluid leak)是神经内镜经鼻手术后最受关注且最具临床影响的并发症之一, 其发生可增加脑膜炎、再次手术、住院时间延长及医疗成本上升等风险。随着经鼻颅底外科的适应证由鞍区逐渐扩展至鞍结节、鞍平面、前颅底和斜坡等更复杂区域, 单纯按修补材料罗列经验的综述框架, 已难以满足当前临床决策的需要。近年研究的关注点, 正由“选什么材料”转向“如何依据漏流量、缺损解剖及局部承压条件实施分层重建”。现有证据显示, 低流量漏多数可通过游离移植物联合多层覆盖获得可靠封闭, 关键在于精准修补并尽量减少不必要的供区损伤; 高流量漏则更强调以内层封闭、过渡层构建、血供瓣覆盖, 以及必要时辅以机械支撑和选择性脑脊液分流的标准化多层重建链条。与此同时, 水密硬脑膜闭合、聚乙醇酸类材料、羟基磷灰石辅助重建等新技术和新材料不断出现, 但其临床价值仍需放在具体适应证与证据等级中审慎评估。本文围绕低流量与高流量脑脊液漏的处理原则、不同解剖区域的重建差异、鼻中隔黏膜瓣和腰大池引流等核心争议, 以及新材料的真实临床定位展开综述。总体而言, 经鼻手术后脑脊液漏的最佳防治策略并不依赖单一材料, 而依赖基于漏流量、解剖区域和风险因素的个体化分层重建; 其中高流量漏应优先考虑标准化多层重建, 低流量漏则应避免不必要的过度修补。

## 关键词

神经内镜, 经鼻手术, 脑脊液漏, 颅底重建, 鼻中隔黏膜瓣, 高流量脑脊液漏, 水密硬脑膜闭合

# A Multilayer Reconstruction Strategy for Cerebrospinal Fluid Leak after Endoscopic Endonasal Surgery

Lingzhi Fan, Ran Liu, Guangyong Zhao, Meng Li\*

Department of Neurosurgery, Binzhou Medical University Hospital, Binzhou Shandong

Received: March 21, 2026; accepted: April 16, 2026; published: April 21, 2026

\*通讯作者。

文章引用: 范凌志, 刘冉, 赵光勇, 李劭. 内镜经鼻手术后脑脊液漏的分层重建策略[J]. 临床医学进展, 2026, 16(4): 4087-4094. DOI: 10.12677/acm.2026.1641676

## Abstract

Cerebrospinal fluid (CSF) leak is one of the most closely watched and clinically significant complications after endoscopic endonasal surgery. Its occurrence increases the risks of meningitis, reoperation, prolonged hospitalization, and higher medical costs. As the indications for endonasal skull base surgery have gradually expanded from the sellar region to more complex areas, including the tuberculum sellae, planum sphenoidale, anterior skull base, and clivus, conventional review frameworks that merely catalogue repair materials are no longer sufficient to meet current clinical decision-making needs. In recent years, the focus of research has shifted from “which material to choose” to “how to perform stratified multilayer reconstruction according to leak flow, defect anatomy, and local pressure-bearing conditions.” Available evidence indicates that most low-flow leaks can be reliably sealed with free grafts combined with multilayer coverage, with the key being precise repair while minimizing unnecessary donor-site morbidity. In contrast, high-flow leaks require greater emphasis on a standardized multilayer reconstruction sequence consisting of inner-layer closure, construction of an intermediate layer, coverage with a vascularized flap, and, when necessary, adjunctive mechanical support and selective cerebrospinal fluid diversion. Meanwhile, emerging techniques and materials, such as watertight dural closure, polyglycolic acid-based materials, and hydroxyapatite-assisted reconstruction, continue to evolve; however, their clinical value should still be interpreted cautiously in the context of specific indications and levels of evidence. This review focuses on the management principles for low-flow and high-flow CSF leaks, reconstructive differences across anatomical regions, major controversies surrounding the nasoseptal flap and lumbar drainage, and the actual clinical role of novel materials. Overall, the optimal strategy for the prevention and management of postoperative CSF leak after endonasal surgery does not depend on any single material, but rather on individualized, stratified reconstruction based on leak flow, anatomical region, and risk factors. Standardized multilayer reconstruction should be prioritized for high-flow leaks, whereas unnecessary over-reconstruction should be avoided for low-flow leaks.

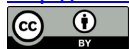
## Keywords

Neuroendoscopy, Endonasal Surgery, Cerebrospinal Fluid Leak, Skull Base Reconstruction, Nasoseptal Flap, High-Flow Cerebrospinal Fluid Leak, Watertight Dural Closure

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

神经内镜经鼻手术因入路直接、创伤相对较小，且对中线腹侧颅底病变具有良好适应性，已成为鞍区病变以及部分前颅底、鞍旁和斜坡病变的重要治疗方式。随着手术范围由常规经蝶不断向鞍结节、鞍平面、前颅底及斜坡拓展，硬膜切开范围随之增大，蛛网膜池甚至脑室被打开的机会也明显增加。正因如此，术后脑脊液漏始终是影响疗效和限制手术拓展的重要并发症之一[1]。系统综述显示，成人经蝶手术术后脑脊液漏总体发生率约为3.4%，而术中脑脊液漏、海绵窦侵犯及复杂硬膜缺损等因素均与术后再漏风险升高密切相关[1][2]。

术后脑脊液漏带来的问题远不止局部修补失败。除头痛、低颅压表现及再次手术风险外，它还会显著增加脑膜炎发生率，延长住院时间，并加重围手术期资源消耗[2]。回顾既往文献可见，经鼻颅底重建

的综述多按脂肪、筋膜、游离黏膜移植物、带蒂鼻中隔黏膜瓣及各类密封材料逐项展开；然而真正决定重建成败的，往往不是某一种材料本身，而是漏流量、缺损解剖特征、局部受力环境及围手术期管理是否彼此匹配[3]。因此，研究与实践的重心近年已逐步从“材料选择”转向“分层、区域化且证据导向的重建策略”[4]。

基于这一背景，本文以低流量漏和高流量漏为主线，结合鞍区、前颅底、斜坡区等不同解剖区域，对经鼻手术后脑脊液漏的分层重建策略、主要争议及新技术进展进行综述，力图为临床决策提供一个更具操作性的分析框架[4][5]。

## 2. 术后脑脊液漏的分层基础

目前低流量漏与高流量漏尚无全球统一定义，但多数研究均认可：低流量漏常表现为小范围蛛网膜破口所致的局部脑脊液渗漏，见于常规经蝶和局限性鞍区操作；高流量漏则多见于蛛网膜池或脑室开放、较大硬膜缺损以及扩展经鼻入路所致的持续性液流冲击[4]。漏流量并非单纯描述“液体多少”，其背后反映的是硬膜-蛛网膜缺损程度、颅内腔交通范围和术后重建面的承压水平，因此直接影响重建方式的选择[6]。

除漏流量外，缺损大小、边界是否清晰、局部骨性支撑条件、是否为再手术、是否合并肥胖或高颅压倾向，均会影响重建失败概率[2][7]。不同解剖区域的重建难度也存在明显差异。近期针对不同颅底区域的回顾性研究发现，斜坡区重建失败率明显高于鞍区和前颅底区域，并且重建失败又是脑膜炎发生的独立风险因素[2]。这提示低/高流量分型虽然重要，但仍需叠加解剖区域和个体风险进行综合判断。

图1所强调的并不是“发现漏口后继续叠加材料”，而是先完成漏流量、缺损范围、解剖区域和个体风险的系统判断，再据此导向低流量漏的减量化修补或高流量漏的标准化多层重建[4][5]。换言之，经鼻术后脑脊液漏的处理首先是决策问题，其次才是材料问题。

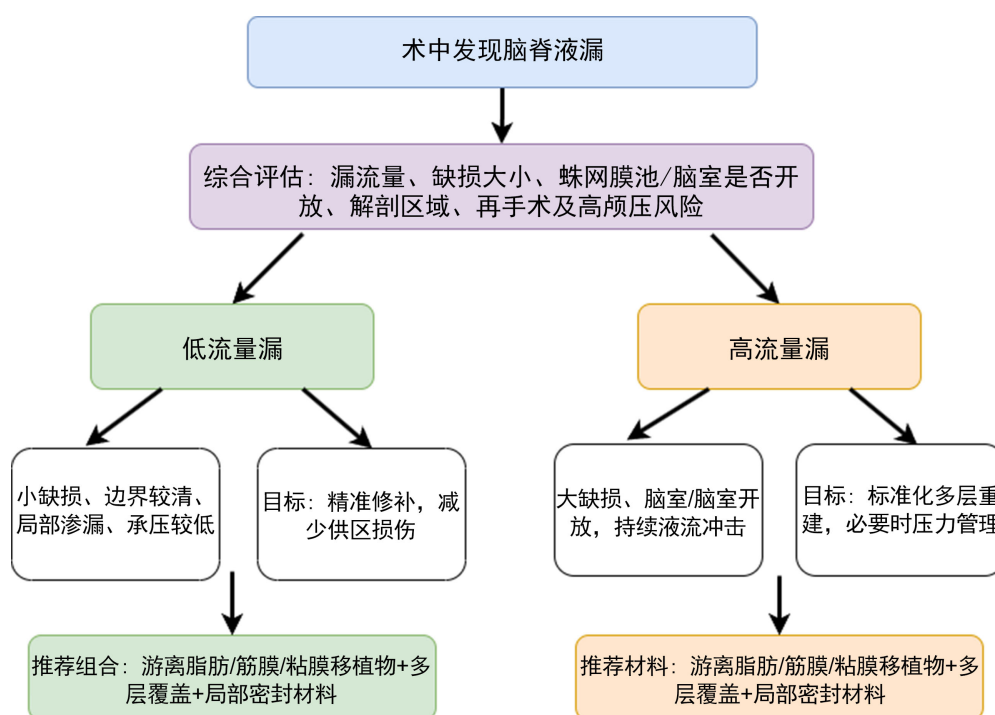


Figure 1. Decision pathway for stratified reconstruction after postoperative CSF leak

图1. 术后脑脊液漏分层重建决策路径图

### 3. 低流量漏：精准、减量化重建

对低流量漏而言，重建目标并不是把修补做得越复杂越好，而是在保证封闭可靠的前提下，尽量减少供区损伤和不必要的附加操作。游离脂肪、筋膜、游离鼻中隔黏膜移植、鼻甲移植以及适度使用的生物胶或人工硬膜材料，均可作为常见选择[2][8]。这类病例往往缺损边界相对明确，局部液体冲击有限，因此以内层填塞或覆盖为基础、辅以外层加固的多层修补，通常已能取得较稳定的封闭效果[4]。

近年来，低流量漏是否需要常规采用带蒂鼻中隔黏膜瓣，逐渐成为讨论焦点。部分研究认为，在低流量漏中常规使用血供瓣，可能扩大鼻腔供区创伤并增加术后鼻腔不适，而在多层覆盖已经可靠的前提下，其额外获益并不充分[9]。2025年的相关研究进一步提示，在部分经鼻硬膜内病变手术中，若能通过更可靠的水密硬脑膜闭合建立内层屏障，某些病例或可不必常规使用鼻中隔黏膜瓣，从而更大程度保留鼻腔功能[3]。

因此，低流量漏最常见的失败原因，往往不是“材料放得不够多”，而是覆盖范围不足、边缘贴附欠佳或局部支撑不稳。真正值得强调的，是“精准、减量化重建”的思路：既要避免因过度修补带来的额外损伤，也要防止因判断过于保守而导致术后再漏[4]。

### 4. 高流量漏：标准化多层重建

高流量漏则代表了经鼻颅底重建中最具挑战性的场景之一，常见于鞍上区、前颅底以及部分斜坡区病变切除后。与低流量漏相比，这类漏口更容易在持续液流冲击下出现内层封闭失效、重建层间移位及局部受力失衡；若仅依赖单层游离材料，往往难以获得稳定结果[4][6]。基于此，目前更被认可的处理路径，是构建“内层封闭-过渡层构建-外层血供覆盖-必要时机械支撑及压力管理”的标准化多层重建线路[8][10]。

带蒂鼻中隔黏膜瓣因血供稳定、覆盖范围大且取材便捷，至今仍是高流量漏重建的核心技术之一[8]。在鞍上区、前颅底及较大骨硬膜缺损病例中，它与筋膜、脂肪及人工材料联合应用，能够明显提高表面封闭的稳定性。Frontiers in Surgery 2025年的研究也指出，游离黏膜瓣足以满足多数低流量漏的修补需求，但面对高流量漏时，单纯游离材料通常难以承担持续液流冲击，标准化多层重建联合鼻中隔黏膜瓣更具临床价值[10]。

近年的另一个值得关注的变化，是重建思路由单纯强化外层覆盖，逐步前移到强化内层封闭。硬膜缝合和水密硬脑膜闭合的价值，就在于先于外层重建建立更可靠的深面屏障，从源头削弱脑脊液持续冲击对重建层的破坏[3]。Neurosurgical Focus 2025年的研究表明，在扩展经鼻手术中应用水密硬脑膜闭合，有助于降低术后脑脊液漏发生率，并为减少鼻中隔黏膜瓣的常规使用提供了新的依据[3]。此外，2025年关于硬膜缝合的报道也提示，对于高流量漏，缝合技术可能成为减少术后再漏的重要强化环节[11]。

### 5. 不同解剖区域的区域化重建思路

鞍区病变多表现为局限性缺损和低流量漏，若术中漏口范围较小且边界明确，游离移植联合多层覆盖通常即可获得稳定结局[1][4]。相比之下，鞍结节、鞍平面及前颅底病变更容易打开蛛网膜池，形成高流量漏，因此对覆盖面积、重建层数以及血供瓣稳定性的要求也更高[2][12]。至于斜坡区，由于位置更深、局部缺乏理想支撑、脑脊液压力作用方式更复杂，其重建失败风险明显高于前述区域，已被多项研究视为经鼻颅底重建中最具挑战性的部位之一[2]。

所谓区域化重建，并不意味着简单地给不同区域贴上标签，而是提示我们不能把所有高流量漏都理解为同一种疾病过程。以前颅底缺损为例，重点更多在于大范围表面覆盖和边缘密封；而斜坡区则更依赖深面支撑及层间稳定。若属于再手术病例，还需额外考虑供区条件受损和瘢痕牵拉等问题[2][7]。因此，

将漏流量分型与解剖区域分型叠加考量，是提升综述深度和临床可用性的关键[4]。

## 6. 核心争议与证据分层

第一，低流量漏是否应常规使用鼻中隔黏膜瓣。现有证据总体更支持个体化使用，而非常规使用。对于缺损较小、边界明确且局部承压有限的低流量漏，多数病例通过游离移植物联合多层覆盖即可完成修补；若一律升级至血供瓣重建，反而可能构成过度治疗[9]。当然，再手术、局部条件差或合并高血压倾向时，仍应根据具体情况适度提升重建强度[2] [7]。

第二，腰大池引流是否应常规使用。Zwagerman N. T.等的随机对照研究提示，在高风险经鼻颅底缺损中，围手术期腰大池引流可显著降低术后脑脊液漏率[5]；但近年的系列研究也提醒我们，随着标准化多层重建不断成熟，腰引流并不适合作为所有病例的常规配置，其潜在的过度引流、感染及延长卧床等问题同样需要重视[10]。因此，更合理的策略是在高流量漏、大缺损、肥胖或颅压偏高等高风险患者中选择性使用，而不是普遍常规使用。

第三，水密硬脑膜闭合能否减少对外层重建的依赖。当前证据支持其作为复杂缺损和高流量漏中的重要强化环节，但尚不足以替代所有外层重建技术[3] [11]。一方面，这项技术对术者经验和操作条件要求较高；另一方面，不同解剖区域之间的可实施性差异也很明显。未来仍需更多直接比较研究，才能进一步明确其在不同场景中的真实定位[4]。

从实践层面看，硬膜缝合/水密硬脑膜闭合的技术难点并不均一。鞍区尤其是局限性鞍底缺损因操作通道相对较直、缝合边缘较规则、与关键血管神经距离相对较远，通常是开展该技术的较理想场景；而鞍旁、海绵窦旁及斜坡区则因工作距离更长、器械活动空间受限、缝合角度更陡，且邻近颈内动脉、脑神经及重要穿支结构，缝合时更易受到器械碰撞、视野切换和组织张力不均的影响，因此常被视为实施难度最高的区域[13]-[17]。学习曲线也不应仅理解为“达到能缝合”的时间，而应包括双鼻孔四手配合、针持器操控、内镜下深部打结或免打结替代技术、以及在出血和脑脊液持续冲击下维持视野稳定的综合能力。系统综述显示，经鼻内镜经蝶/颅底手术总体学习曲线较陡，而涉及扩展入路和重建技巧时，对团队经验的依赖更为明显[13]。

与非缝合的水密化策略相比，缝合技术的优势在于可直接恢复深面硬膜连续性、减少移植物移位，并为外层重建提供更稳定的受力基础；其不足则是操作时间延长、器械条件要求更高，且在深窄通道或边缘不规则缺损中并非总能顺利完成[3] [14] [15]。相较之下，密封剂或生物胶使用简便、学习门槛较低，更适合作为辅助层而非替代性闭合手段。值得注意的是，前瞻性研究并未证实在标准重建基础上常规加用密封剂可以进一步降低术后脑脊液漏率，因此“非缝合水密化”更多应被理解为辅助手段，而非可普遍替代缝合的等效方案[18]。

## 7. 新材料、新技术与未来方向

聚乙醇酸(PGA)类材料因可塑性较好，且便于与筋膜或硬膜缝合联合使用，近年来逐渐被应用于过渡层构建或表面贴附强化[19]。不过，它的价值并不在于替代传统重建技术，而在于特定场景下优化多层重建界面。与此类似，羟基磷灰石辅助重建在近年的系统综述与Meta分析中表现出降低术后脑脊液漏及相关并发症的潜力，但现有证据主要仍来自回顾性研究，且病例异质性较大，其适应证边界尚待进一步厘清[20]。

从研究设计层面看，当前这一领域至少还存在三方面不足：其一，低流量漏与高流量漏的定义尚未完全统一，导致不同研究之间难以直接比较；其二，多数证据仍来自单中心回顾性研究，且结局指标并不一致；其三，不同解剖区域常被合并分析，从而掩盖了斜坡区等高难度区域的特殊性[4] [6]。未来研究

应更多聚焦于区域化算法、前瞻性比较以及不同技术组合的证据分层，而不应只停留在新材料不断叠加的层面[3] [20]。不同临床条件下的优先策略见表 1。

在综合现有研究时，还应充分警惕显著异质性的影响。首先，纳入患者人群差异较大：既有常规鞍区垂体腺瘤，也包括鞍上脑膜瘤、颅咽管瘤、斜坡脊索瘤及再手术病例，不同病种对应的硬膜缺损形态、脑池开放程度和局部承压条件并不相同[4] [7] [12] [16] [17]。其次，手术与重建技术差异显著，包括是否采用双鼻孔四手技术、是否保留骨瓣、是否常规应用鼻中隔黏膜瓣、腰大池引流、硬膜缝合、PGA 或 HA 辅助，以及术者所处学习曲线阶段等[6] [13]-[15] [18]。再次，结局定义并不统一：部分研究以术后鼻漏为唯一终点，部分则将脑膜炎、再次手术、影像学气颅或随访期间迟发漏一并纳入；“高流量漏”的界定也存在是否必须合并脑池/脑室开放、缺损大小阈值如何设定等差别[4] [6] [21]。因此，若将不同解剖区域、不同病种与不同技术路径的结果笼统合并，可能掩盖特定区域尤其是斜坡区、鞍旁区在受力环境和修补失败机制上的特殊性[2] [16] [17]。从临床研究解读角度，更稳妥的做法是将证据尽量按解剖区域、漏流量和重建层级进行分层讨论，而非直接把“总体漏率降低”外推为所有场景的普适结论[21]。

**Table 1.** Indications, advantages, limitations and evidence strength of major reconstruction techniques by leak type and anatomical region

**表 1.** 不同漏型、解剖区域与主要重建技术的适应证、优势、局限与证据强度

漏型	区域/场景	优先技术	主要优势	主要局限	证据强度
低流量漏	鞍区、局限性小缺损	游离脂肪/筋膜/黏膜移植 + 多层覆盖	操作简洁，供区损伤较小，便于精准修补	对边界不清或高颅压病例可能不足	中等
低流量漏	再手术或局部瘢痕明显	游离移植 + 选择性升级外层重建	兼顾封闭需要与局部条件差的特点	依赖术者经验，缺少统一算法	有限 - 中等
高流量漏	鞍上区/前颅底大缺损	内层封闭 + 过渡层 + 带蒂鼻中隔黏膜瓣	抗持续液体冲击能力较强，是当前主流方案	需供区准备，鼻腔相关并发症需关注	较强
高流量漏	斜坡区或深在复杂缺损	强化多层重建 + 血供瓣 + 必要时机械支撑/压力管理	突出结构稳定性和区域化策略	区域差异大，失败率仍较高	中等
高流量漏	肥胖/颅压偏高/大范围硬膜缺损	标准化多层重建 + 选择性腰大池引流	可在高风险人群中降低张力并增强稳定性	不宜常规化，存在引流相关风险	中等
复杂漏/探索性技术	部分硬膜内病变或希望减少外层依赖	水密硬脑膜闭合 ± PGA 类材料/HA 辅助	强化内层屏障，有望减少外层重建负担	技术要求高，长期结局仍待明确	有限 - 中等

## 8. 结论

经鼻手术后脑脊液漏的最佳防治策略，并不建立在某一种材料“万能适用”的假设之上，而取决于漏流量、解剖区域及风险因素基础上的个体化分层重建[4] [6]。对低流量漏而言，重点在于精准、减量化修补，避免不必要的过度治疗；对高流量漏而言，则应以内层封闭、过渡层构建、血供瓣覆盖及必要的压力管理共同组成标准化多层重建链条[3] [8] [10]。未来研究仍需进一步统一漏型定义和结局指标，强化区域化算法研究，并通过前瞻性比较明确新材料、新技术的真实临床定位[20]。

## 致 谢

感谢山东省医药卫生科技发展计划(202304040679)对本文写作的资助。感谢李勳教授、刘冉医师、赵光勇医师在选题设计、文章构思和写作修改过程中给予的指导与帮助。感谢相关资料、文献、图片及研究思路原作者提供的重要学术支持，对文中引用或参考的研究成果谨致谢意。对于给予转载、改编或引

用授权的相关单位、作者和平台，一并表示诚挚感谢。

## 基金项目

山东省医药卫生科技发展计划(202304040679)。

## 参考文献

- [1] Slot, E.M.H., Sabaoglu, R., Voormolen, E.H.J., Hoving, E.W. and van Doormaal, T.P.C. (2022) Cerebrospinal Fluid Leak after Transsphenoidal Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Neurological Surgery Part B: Skull Base*, **83**, e501-e513. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1733918>
- [2] Wei, W., Yan, B., Zhang, Q., Qi, Y., Ren, Q., Wang, L., et al. (2024) Endoscopic Endonasal Reconstruction of Intraoperative Cerebrospinal Fluid Leak in Different Skull Base Regions: Outcomes, Meningitis, and Risk Factors. *World Neurosurgery*, **189**, e736-e744. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2024.06.158>
- [3] Parmar, H., Hasegawa, H., Shinya, Y., Umekawa, M., Nishijima, H., Kondo, K., et al. (2025) Contribution of Watertight Dural Closure to Prevention of Postoperative Cerebrospinal Fluid Leakage in Endoscopic Transnasal Surgery for Intracranial Lesions. *Neurosurgical Focus*, **58**, E5. <https://doi.org/10.3171/2024.11.focus24701>
- [4] Emengen, A., Gokbel, A., Yilmaz, E., Uzuner, A., Balci, S., Witters, L., et al. (2025) Tailored Reconstruction of Low-And High-Flow Cerebrospinal Fluid Leaks: A Single-Center, 1-Year Analysis Following 656 Endoscopic Endonasal Surgeries. *World Neurosurgery*, **203**, Article ID: 124459. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2025.124459>
- [5] Zwagerman, N.T., Wang, E.W., Shin, S.S., Chang, Y., Fernandez-Miranda, J.C., Snyderman, C.H., et al. (2019) Does Lumbar Drainage Reduce Postoperative Cerebrospinal Fluid Leak after Endoscopic Endonasal Skull Base Surgery? A Prospective, Randomized Controlled Trial. *Journal of Neurosurgery*, **131**, 1172-1178. <https://doi.org/10.3171/2018.4.jns172447>
- [6] Khaleghi, M., Shahid, A.H., Suggala, S., Dyess, G., Hummel, U.N., Chason, D.N., et al. (2025) Modified Graded Skull Base Reconstruction for Intraoperative CSF Leak Repair in Endoscopic Endonasal Surgeries: A Single-Surgeon Experience in Initial Years of Practice and Nuances in the Early Learning Curve. *Neurosurgical Focus*, **58**, E6. <https://doi.org/10.3171/2024.11.focus24733>
- [7] Fraser, S., Gardner, P.A., Koutourousiou, M., Kubik, M., Fernandez-Miranda, J.C., Snyderman, C.H., et al. (2018) Risk Factors Associated with Postoperative Cerebrospinal Fluid Leak after Endoscopic Endonasal Skull Base Surgery. *Journal of Neurosurgery*, **128**, 1066-1071. <https://doi.org/10.3171/2016.12.jns1694>
- [8] Zhang, H., Li, D., Liu, Z., Chen, B., Limchoopornwikul, P., Wang, Y., et al. (2025) Repair of High-Flow Cerebrospinal Fluid Leak by Combined Artificial Dura Plug and Free Mucosal Flap in 15 Cases. *Frontiers in Surgery*, **12**, Article 1422524. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2025.1422524>
- [9] Reyes Medina, B., Linsler, S., Saffour, S., Sitoci-Ficici, K.H. and Oertel, J. (2025) Dural Repair after Intraoperative CSF Leakage in Endoscopic Endonasal Skull Base Surgery without Pedicled Nasoseptal Flap: Is It a Safe Surgical Technique? *Neurosurgical Review*, **48**, Article No. 671. <https://doi.org/10.1007/s10143-025-03831-4>
- [10] Zhang, C., Yang, Z. and Liu, P. (2023) Strategy of Skull Base Reconstruction after Endoscopic Transnasal Pituitary Adenoma Resection. *Frontiers in Surgery*, **10**, Article 1130660. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2023.1130660>
- [11] Guan, H., Song, Q., Li, S. and Wang, X. (2025) Dural Suturing for the Resolution of High-Flow Cerebrospinal Fluid Leakage after Extended Endoscopic Endonasal Approach Surgery. *Neurosurgical Review*, **48**, Article No. 277. <https://doi.org/10.1007/s10143-025-03395-3>
- [12] Dolci, R., Encinas, W., Monteiro, A., Kozechen Rickli, J., de Souza, J., Todeschini, A., et al. (2020) Closure of Skull Base Defects after Endonasal Endoscopic Resection of Planum Sphenoidale and Tuberculum Sellae Meningiomas. *Asian Journal of Neurosurgery*, **15**, 653-659. [https://doi.org/10.4103/ajns.ajns\\_62\\_20](https://doi.org/10.4103/ajns.ajns_62_20)
- [13] Alomari, A., Alsarraj, M. and Alqarni, S. (2024) The Learning Curve in Endoscopic Transsphenoidal Skull-Base Surgery: A Systematic Review. *BMC Surgery*, **24**, Article No. 135. <https://doi.org/10.1186/s12893-024-02418-y>
- [14] Gardner, P., Kassam, A., Snyderman, C., Mintz, A., Carrau, R. and Moossy, J.J. (2008) Endoscopic Endonasal Suturing of Dural Reconstruction Grafts: A Novel Application of the U-Clip Technology. *Journal of Neurosurgery*, **108**, 395-400. <https://doi.org/10.3171/jns/2008/108/2/0395>
- [15] Liu, Z., Zhao, L., Wang, Y., Dai, K., Lu, A. and Zhao, P. (2022) Application of Dural Suturing in the Endoscopic Endonasal Approach to the Sellar Region. *Frontiers in Surgery*, **9**, Article 944663. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2022.944663>
- [16] Xu, Y., Mohyeldin, A., Lee, C.K., Nunez, M.A., Mao, Y., Cohen-Gadol, A.A., et al. (2024) Endoscopic Endonasal Approach to the Ventral Petroclival Fissure: Anatomical Findings and Surgical Techniques. *Journal of Neurological Surgery Part B: Skull Base*, **85**, 420-430. <https://doi.org/10.1055/a-2088-3086>

- [17] Yano, S., Hide, T., Shinojima, N., Hasegawa, Y., Kawano, T. and Kuratsu, J. (2014) Endoscopic Endonasal Skull Base Approach for Parasellar Lesions: Initial Experiences, Results, Efficacy, and Complications. *Surgical Neurology International*, **5**, Article 51. <https://doi.org/10.4103/2152-7806.130901>
- [18] McDowell, M.M., Jacobs, R.C., Valappil, B., Abou-Al-Shaar, H., Zenonos, G.A., Wang, E.W., *et al.* (2022) Dural Sealants Do Not Reduce Postoperative Cerebrospinal Fluid Leak after Endoscopic Endonasal Skull Base Surgery. *Journal of Neurological Surgery Part B: Skull Base*, **83**, 589-593. <https://doi.org/10.1055/s-0042-1743558>
- [19] Kong, D., Kim, Y.H., Hong, S.D., Ryu, G., Kim, J.H., Hong, C., *et al.* (2025) Multicenter Study on 2-Year Outcomes of Dual Application of Hydroxyapatite Cranioplasty and a Nasoseptal Flap Following Endoscopic Endonasal Surgery for Tuberculum Sellae Meningiomas or Craniopharyngiomas. *Neurosurgical Focus*, **58**, E2. <https://doi.org/10.3171/2024.11.focus24624>
- [20] Shin, D. and Yee, G. (2024) Skull Base Reconstruction Using Hydroxyapatite and Nasoseptal Flap versus Nasoseptal Flap Alone: Meta-Analysis and Systematic Review. *Scientific Reports*, **14**, Article No. 28433. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-79956-1>
- [21] Cai, X., Yang, J., Zhu, J., Tang, C., Cong, Z., Liu, Y., *et al.* (2022) Reconstruction Strategies for Intraoperative CSF Leak in Endoscopic Endonasal Skull Base Surgery: Systematic Review and Meta-Analysis. *British Journal of Neurosurgery*, **36**, 436-446. <https://doi.org/10.1080/02688697.2020.1849548>