

脑膜中动脉干预联合术式治疗慢性硬膜下血肿的研究进展

王星星¹, 孙宇坤¹, 崔智杰¹, 郝文炯^{2*}

¹延安大学延安医学院, 陕西 延安

²延安大学附属医院神经外科, 陕西 延安

收稿日期: 2026年4月22日; 录用日期: 2026年5月16日; 发布日期: 2026年5月26日

摘要

慢性硬膜下血肿(chronic subdural hematoma, CSDH)是神经外科中的常见疾病, 好发于老年人群, 随着人口老龄化程度增加, 以及抗凝与抗血小板药物的普及, 慢性硬膜下血肿的发病率逐年增高。CSDH起病隐匿、临床表现多样, 传统以钻孔引流术作为主要治疗手段, 但术后复发率较高, 对患者预后产生了极大的影响。近年来相关研究表明, 脑膜中动脉(middle meningeal artery, MMA)作为血肿外膜新生血管的主要供应血管, 其持续渗出是导致血肿扩大及术后复发的重要因素。以脑膜中动脉为干预目标的治疗方式逐渐成为研究重点, 主要包括脑膜中动脉栓塞术(middle meningeal artery embolization, EMMA)、钻孔引流联合脑膜中动脉离断术以及神经内镜手术联合脑膜中动脉离断术。本文围绕脑膜中动脉在慢性硬膜下血肿发生与进展中的作用、各类术式的操作要点、适用人群及临床疗效进行综述, 比较不同联合术式的特点与差异, 以及对当前治疗方案存在问题及未来研究方向进行总结, 为临床治疗提供理论依据。

关键词

慢性硬膜下血肿, 脑膜中动脉, 离断术, 钻孔引流术, 神经内镜

Research Progress of Middle Meningeal Artery Intervention Combined with Surgical Treatment for Chronic Subdural Hematoma

Xingxing Wang¹, Yukun Sun¹, Zhijie Cui¹, Wenjong Hao^{2*}

¹Yan'an Medical College of Yan'an University, Yan'an Shaanxi

²Department of Neurosurgery, Affiliated Hospital of Yan'an University, Yan'an Shaanxi

*通讯作者。

文章引用: 王星星, 孙宇坤, 崔智杰, 郝文炯. 脑膜中动脉干预联合术式治疗慢性硬膜下血肿的研究进展[J]. 临床医学进展, 2026, 16(5): 2505-2511. DOI: 10.12677/acm.2026.1652060

Abstract

Chronic subdural hematoma (CSDH) is a common disease in neurosurgery, which occurs in the elderly population. With the increase of population aging and the popularization of anticoagulant and antiplatelet drugs, the incidence of CSDH is increasing year by year. CSDH has insidious onset and diverse clinical manifestations. Traditionally, drilling and drainage is the main treatment method, but the recurrence rate is high, which has a great impact on the prognosis of patients. In recent years, relevant studies have shown that the middle meningeal artery (MMA), as the main supply vessel of neovascularization in the outer membrane of hematoma, whose continuous exudation is an important factor leading to hematoma enlargement and postoperative recurrence. The treatment methods with middle meningeal artery as the target of intervention have gradually become the focus of research, mainly including middle meningeal artery embolization (EMMA), drilling and drainage combined with middle meningeal artery disconnection, and neuroendoscopic surgery combined with middle meningeal artery disconnection. This article reviews the role of middle meningeal artery in the occurrence and progression of chronic subdural hematoma, the operation points, applicable population and clinical efficacy of various surgical procedures, compares the characteristics and differences of different combined surgical procedures, and summarizes the existing problems and future research directions of the current treatment plan, so as to provide theoretical basis for clinical treatment.

Keywords

Chronic Subdural Hematoma, Middle Meningeal Artery, Disconnection, Drilling and Drainage, Neuroendoscopy

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

慢性硬膜下血肿是指颅内出血积聚于硬脑膜与蛛网膜之间，发病时间大于 3 周，并且形成有完整包膜的血肿，其多见于老年人，大部分都有轻微的头颅外伤史。其临床多表现为头痛、步态不稳、认知功能减退等非特异性症状，易与脑萎缩、老年性痴呆等混淆而误诊。然而随着时间推移，患者还可能出现其他症状，如恶心、呕吐、癫痫、昏迷等[1]。随着全球人口老龄化的增加，以及抗凝、抗血小板药物的广泛使用，CSDH 在全球范围内的发病率呈上升趋势[2]。对于有症状的 CSDH 患者，传统治疗以钻孔引流术为主，预后较好，然而还有约 5%~30% 的病例会出现复发，部分患者需接受二次甚至多次手术治疗，从而构成了重大的临床挑战[3]。

近年来，随着对该病的认识不断增加，以及医疗技术的快速发展，对于 CSDH 的治疗方式已从单一手术向“手术 + 药物 + 介入”的综合模式逐渐转变[4]。而且有研究表明，脑膜中动脉在慢性硬膜下血肿的发生、发展及复发过程中具有非常重要的作用，其中影像学研究也证实了这些血肿外膜新生血管的血供主要来源于 MMA 的分支[5]，血管异常渗出与反复出血是血肿持续增大及术后复发的核心机制。以脑膜中动脉为治疗靶点，通过栓塞或截断减少外膜血供，已成为治疗 CSDH 及降低复发率的重要思路。

本文针对 EMMA、钻孔引流术联合脑膜中动脉离断术、神经内镜手术联合脑膜中动脉离断术三种术式进行综述,系统阐述其作用机制、技术要点、临床疗效及现存问题,为临床 CSDH 患者合理选择治疗方案提供依据。

2. 脑膜中动脉与慢性硬膜下血肿的联系

CSDH 现已不再被视为单纯的静态血液积聚,而是被公认为一种代谢活跃的血管生成性疾病,其特征表现为持续性炎症、高纤溶状态及病理性新生血管形成[6]。MMA 是硬脑膜的主要供血动脉,其分支在硬脑膜表面分布广泛。有研究认为血肿外膜的新生血管主要由 MMA 供应,而新生血管会逐渐渗血,进而导致血肿不断扩大[7]。而且还有研究表明,CSDH 患者在进行 MMA 造影时,可以见到“棉絮状”染色,提示有新生血管的形成[5]。传统的钻孔引流术只能清除颅内已形成的血肿,而无法从根源上阻断血管的异常渗出,这也是术后复发率较高的重要原因。因此,通过干预 MMA,可明显减少血肿外膜血供,抑制血管渗出,从而达到理想的治疗效果及预后,为各类联合手术的创新及应用提供了重要的基础。

3. 脑膜中动脉栓塞术

EMMA 是近年来兴起的微创治疗,可使患者在避免颅骨创伤的前提下,阻断血肿的血供,进而防止血肿进一步扩大,解除颅内占位效应,从根本上治疗 CSDH [8]。该术式常规经股动脉进入,分别行健侧颈总(或颈内)动脉、健侧颈外动脉、椎动脉、患侧颈总(或颈内)动脉、患侧颈外动脉数字减影血管造影技术(Digital Subtraction Angiography, DSA),以明确 MMA 走行及供血范围,在引导下将导管送至目标分支,再使用合适的栓塞材料进行栓塞。还可以使用 CT 定位与解剖学定位来寻找 MMA 的分支。有研究表明,EMMA 相较于传统钻孔引流术治疗 CSDH 更具优势,其能更有效地降低血肿复发风险,同时还能减少患者的致残率、死亡率和严重不良事件的风险[9]。EMMA 还有助于降低 CSDH 治疗相关并发症的发生,尤其适用于复发的难治性 CSDH 或有晚期严重基础疾病的患者[10];无症状或症状较轻、中线偏移 < 5 mm、无需紧急减压的患者[11];无法停用抗血栓药物的病人[12]。然而对于存在危险侧支血管的 CSDH 患者,需谨慎使用脑膜中动脉栓塞术[13]。Shotar 等[14]发现,有些患者的 MMA 与眼动脉之间存在“危险吻合”,使用脑膜中动脉栓塞术有可能导致患者视力丧失。

EMMA 具有微创、住院时间短、局麻下可完成等优势,但是其局限性也不能忽视。首先,CSDH 的病因除了血管生成及血液渗透的因素之外,还有炎性刺激因素,如 TNF- α 、IL-6、VEGF、MMPs 等多种促炎因子的释放[15],如果只是把血管生成和血液供应的因素去除,血肿里的炎性介质还会刺激血肿继续发展,还有可能发生颅内血管闭塞等并发症,这也是一些病人在 EMMA 术后仍会复发的原因[16]。其次,EMMA 最主要的问题就是术后血肿消退的时间长,多为 5 个月左右[17],不能及时清除血肿、解决占位效应,以及尽快地解除患者的痛苦和改善临床症状。在医疗成本方面,与传统的钻孔引流术相比,EMMA 因需要高花费耗材与专用器械,医疗成本投入明显增加,因此对于患者来说该术式可能不是首要选择,同样在基层医疗系统普及也有困难。

4. 联合术式的策略和应用

4.1. 钻孔引流术联合脑膜中动脉离断术

Foppen 等[18]提出,无论患者年龄大小,钻孔引流术都是 CSDH 患者最常选择的外科手术方式。其通过颅骨钻孔,清除并引流硬膜下血肿,迅速减轻血肿的占位效应,降低颅内压,大多数患者预后都较好[19],但是术后复发仍然是非常重要的问题,不仅增加了二次手术风险,亦可进一步造成显著的神经功能缺失[20]。但随着医疗技术的进步以及对该疾病的深入了解,有研究人员认为,由于血管吻合的存在,EMMA 不可能将血管完全栓塞,因此通过钻孔将硬脑膜上的 MMA 切断是与 EMMA 具有相似效果的操

作[21]。钻孔引流术联合脑膜中动脉离断术则是一种新型的“血肿清除 + 预防复发”一体化术式。其在 DSA 定位后, 在 MMA 处钻孔, 切开硬膜同时切断、电凝 MMA, 然后缓慢引流血肿, 再反复冲洗至冲洗液清亮; 最后留置引流管, 按照硬脑膜、骨瓣、头皮的顺序逐一缝合及固定[22]。该术式治疗 CSDH 的机制建立在双重干预的策略基础上: 一方面, 经颅骨钻孔后将硬膜下腔的陈旧性积血清理掉, 以逐渐恢复脑组织供血, 解除颅内占位效应, 颅内压因此下降, 神经压迫感得到缓解[23], 还能够降低炎性介质的生成, 使脑部二次损伤风险下降; 另一方面, 切断脑膜中动脉供血, 可抑制新生血管的产生, 由此减少血肿处血供, 既可以去除血肿的血管生成因素, 还可以去除炎性刺激因素, 打破血肿再生的恶性循环[22]。也有其他研究具有相同的观点, 术中切断脑膜中动脉可以阻断血肿的血供, 消除这种反复出血、慢性渗漏的过程[5]。此外, 通过引流将血肿排出以及生理盐水反复冲洗血肿处, 更能有效地清除血肿和炎性刺激因子, 从而降低复发率。钻孔引流术联合脑膜中动脉离断术在手术难度及风险不变的情况下, 将两种致病因素都兼顾处理, 也会给患者带来更多的益处[22]。

MMA 是 CSDH 血肿包膜的主要供血来源, 术中离断 MMA 能够有效减少血肿的血供, 从而抑制血肿的复发, 减少并发症的发生。此外, 该联合术式利用暴露硬脑膜的骨孔来切断脑膜中动脉, 无需额外切开即可完成, 和传统的钻孔引流术一样相对容易操作, 安全性更高, 虽然手术时间略有延长, 但是为患者提供了更为微创的治疗方案选择, 还可以减少引流管留置和住院时间, 有助于减少复发率以及更好的神经功能改善[22]。尤其适用于血肿较厚、复发风险较高、长期使用抗凝药物的患者[24]。然而该术式是否成功与术前精准定位有着显著联系。与 EMMA 相同, 在脑膜中动脉定位方面, DSA 虽能够较高准确地定位 MMA, 但是在具体实施时存在定位偏差的可能性, CT 定位与解剖学定位也是如此。

4.2. 神经内镜手术联合脑膜中动脉离断术

神经内镜因具有可视化的特点, 如今在外科手术中得到了越来越多的重视[25], 其不仅可以充分打开血肿分隔并完全清除血肿, 还能有效地清除较厚的血肿包膜及血凝块, 提高冲洗与引流效率, 较传统手术治疗更具有优势[26], 尤其适用于复发性、含分隔或机化血肿的患者[27]。神经内镜手术联合脑膜中动脉离断术可以有效的清除血肿, 切断出血来源, 避免再次出血以及复发, 这样能够减少术后并发症的发生, 还能为术后神经功能的恢复提供更有利的环境[28]。该术式以内镜为主要观察手段, 解剖学定位脑膜中动脉后, 切开头皮暴露颅骨后, 制备一枚骨孔, 然后扩大为骨窗, 切开硬脑膜, 针刺血肿包膜释放压力, 数分钟后切除骨窗范围内所有血肿包膜, 随后置入神经内镜逐步探查血肿区域, 充分清理血肿, 之后定位蝶谷嵴, 充分电凝血肿周围的血肿外膜和硬脑膜, 并在清晰的视野下寻找脑膜中动脉, 电凝及截断其主干或分支, 最后反复冲洗、放置引流管、严密缝合硬脑膜、固定骨瓣、逐层缝合头皮[29]。与之相比, 单纯的神经内镜血肿清除术存在缺陷, 难以同时实现以上目标, 其虽可以在小骨窗开颅的前提下直视血肿并在血肿腔内操作, 彻底清除有分隔、高密度或机化的血肿, 但可能无法清除所有的异常血管, 仍不能解决血肿复发的问题[23]。

神经内镜手术联合脑膜中动脉离断术可以充分发挥各自的优势, 从而改善局部微循环以及受到占位效应的脑部区域血液供应, 阻止血肿复发及血管生成, 这对于提高 CSDH 患者的治疗效果、促进神经功能恢复以及降低血肿复发率具有重要的意义。该术式虽需要小骨窗开颅, 创口较钻孔引流术扩大, 但仍是微创手术。与钻孔引流术联合脑膜中动脉离断术相同, 在 MMA 定位至具体实施时存在定位偏差的可能性。

5. 各种术式的综合比较

5.1. 疗效及复发率

EMMA 复发率低, 但减少血肿血流供应以及清除颅内占位效应效果有限, 是因为硬脑膜存在着非常

丰富的血管沟通[30]，因此想要将脑膜上的血管完全阻断，是不符合实际的。所以有研究表明[30]，脑膜中动脉栓塞是特异性降低硬膜的血供，而非彻底阻断其血供。钻孔引流术联合脑膜中动脉离断术以及神经内镜手术联合脑膜中动脉离断术也具有较低的复发率，而且这两种术式对于颅内压力的减退迅速，能够快速解除颅内占位效应。通过系统性回顾发现，联合术式治疗的复发率低于单独的血肿清除术[31]。在一项研究中[24]，钻孔引流联合术式治疗组的复发率和术后住院天数分别为 2.27%、 7.19 ± 2.03 天，远低于单纯钻孔组的 8.33%、 8.18 ± 2.32 天；另一项研究表明[29]，神经内镜联合术式治疗组的复发率为 3.1%，远低于单纯内镜组的 22%。因此相对于常规的血肿清除术，这两种联合术式都有着更好的临床疗效。

5.2. 术中情况及医疗成本

EMMA 技术要求最高，神经内镜手术联合脑膜中动脉离断术居中，钻孔引流术联合脑膜中动脉离断术技术要求相对较低。但是在创伤方面，EMMA 创伤最小，钻孔引流术联合脑膜中动脉离断术次之，神经内镜手术联合脑膜中动脉离断术创伤略大。EMMA 的手术时间为 30.6 ± 14.5 分钟，远短于传统手术[32]。而对于手术成本而言，血肿引流术联合脑膜中动脉离断术只是增加了术中操作，并无其他成本耗材，相比之下 EMMA 成本为四到五万人民币，相比常规治疗成本增加了一倍[9]。

5.3. 临床适应群体

EMMA 适用于复发的难治性 CSDH 或有晚期严重基础疾病的患者[10]；无症状或症状较轻、中线偏移 < 5 mm、无需紧急减压的患者[11]；无法停用抗血栓药物的病人[12]。钻孔引流术联合脑膜中动脉离断术适用于血肿较厚、复发风险较高的患者[24]。而神经内镜手术联合脑膜中动脉离断术适用于复发性、含分隔或机化血肿的患者[27]。

6. 现存问题与未来展望

对于是否需要联合术式、最佳手术时机、术式适应症等问题仍缺乏高级别的指南推荐；而且这种术式依赖术者经验和技能，对术者的专业知识及操作要求更高，缺乏统一标准；EMMA 虽为微创但医疗成本较高；血肿清除术联合脑膜中动脉离断术直观、成本小、易于推广，但仍需要进一步研究其术中操作和安全性；手术方式的选择还缺少标准(如在术前栓塞还是术中阻断，完全阻断还是特异性阻断)；术前目标血管的定位还需更进一步的精确；现有的研究多为单中心、小样本回顾性研究，还应开展多中心、大样本随机对照研究。

以 MMA 为干预靶点的栓塞术、钻孔引流术联合脑膜中动脉离断术、神经内镜手术联合脑膜中动脉离断术均能有效治疗慢性硬膜下血肿，并显著降低术后复发率，现已成为现代神经外科治疗慢性硬膜下血肿的重要发展方向。EMMA 虽为微创，但是患者需要的是尽快解除疾病的痛苦，消除临床症状，所以血肿引流术联合脑膜中动脉离断术可能才是最有利于病人的治疗方法。未来还应开展多中心、大样本随机对照研究，明确各类术式的最佳适应症；建立标准化操作流程与参考指南；构建基于年龄、血肿类型、具有基础疾病等情况建立个体化、规范化的治疗体系；推动各项技术普及，使更多基层患者受益，使 CSDH 的诊疗更加个体化、精准化与微创化，为患者带来更好的长期预后。

7. 结论

综上所述，血管生成及反复渗出是慢性硬膜下血肿发生、进展与复发的关键病理机制。以 MMA 为靶向的干预措施可以阻断血肿再形成，显著降低术后复发率，已成为未来提升慢性硬膜下血肿治疗效果的重要方向。EMMA、钻孔引流联合脑膜中动脉离断术、神经内镜联合脑膜中动脉离断术三种术式各具优势与适用场景，临床应根据患者年龄、血肿分型、基础疾病等情况进行个体化、精准化选择。目前该

领域仍存在适应证不统一、操作规范缺乏、缺少更多临床证据等问题，未来还需开展多中心、大样本随机对照研究，推动联合术式的发展；还应聚焦于建立基于影像组学或生物标记物的预测模型，以精准筛选最适合接受特定 MMA 干预的患者群体，为慢性硬膜下血肿患者提供更加安全、高效、经济的治疗方式。

参考文献

- [1] Yang, W. and Huang, J. (2017) Chronic Subdural Hematoma: Epidemiology and Natural History. *Neurosurgery Clinics of North America*, **28**, 205-210. <https://doi.org/10.1016/j.nec.2016.11.002>
- [2] Ironside, N., Nguyen, C., Do, Q., Ugiliweneza, B., Chen, C., Sieg, E.P., et al. (2021) Middle Meningeal Artery Embolization for Chronic Subdural Hematoma: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of NeuroInterventional Surgery*, **13**, 951-957. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2021-017352>
- [3] Lodewijkx, R., Foppen, M., Slot, K.M., Vandertop, W.P. and Verbaan, D. (2023) Recurrent Chronic Subdural Hematoma after Burr-Hole Surgery and Postoperative Drainage: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Operative Neurosurgery*, **25**, 216-241. <https://doi.org/10.1227/ons.0000000000000794>
- [4] Shakir, M., Irshad, H.A., Alidina, Z., Shaikh, T., Ashfaq, D., Ali, Z., et al. (2024) Middle Meningeal Artery Embolization Alone versus Combined with Conventional Surgery in the Management of Chronic Subdural Hematoma: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, **246**, Article ID: 108580. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2024.108580>
- [5] Link, T.W., Rapoport, B.I., Paine, S.M., Kamel, H. and Knopman, J. (2018) Middle Meningeal Artery Embolization for Chronic Subdural Hematoma: Endovascular Technique and Radiographic Findings. *Interventional Neuroradiology*, **24**, 455-462. <https://doi.org/10.1177/1591019918769336>
- [6] Weigel, R., Schilling, L. and Krauss, J.K. (2022) The Pathophysiology of Chronic Subdural Hematoma Revisited: Emphasis on Aging Processes as Key Factor. *GeroScience*, **44**, 1353-1371. <https://doi.org/10.1007/s11357-022-00570-y>
- [7] Shapiro, M., Walker, M., Carroll, K.T., Levitt, M.R., Raz, E., Nossek, E., et al. (2021) Neuroanatomy of Cranial Dural Vessels: Implications for Subdural Hematoma Embolization. *Journal of NeuroInterventional Surgery*, **13**, 471-477. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2020-016798>
- [8] Kan, P., Maragos, G.A., Srivatsan, A., Srinivasan, V., Johnson, J., Burkhardt, J., et al. (2021) Middle Meningeal Artery Embolization for Chronic Subdural Hematoma: A Multi-Center Experience of 154 Consecutive Embolizations. *Neurosurgery*, **88**, 268-277. <https://doi.org/10.1093/neuros/nyaa379>
- [9] Liu, J., Ni, W., Zuo, Q., Yang, H., Peng, Y., Lin, Z., et al. (2024) Middle Meningeal Artery Embolization for Nonacute Subdural Hematoma. *New England Journal of Medicine*, **391**, 1901-1912. <https://doi.org/10.1056/nejmoa2401201>
- [10] Mandai, S., Sakurai, M. and Matsumoto, Y. (2000) Middle Meningeal Artery Embolization for Refractory Chronic Subdural Hematoma. *Journal of Neurosurgery*, **93**, 686-688. <https://doi.org/10.3171/jns.2000.93.4.0686>
- [11] Reith, W. and Garner, M. (2022) Embolisation der A. meningea media bei chronischen subduralen Hämatomen. *Die Radiologie*, **62**, 641-647. <https://doi.org/10.1007/s00117-022-01038-y>
- [12] Onyinzo, C., Berlis, A., Abel, M., Kudernatsch, M. and Maurer, C.J. (2022) Efficacy and Mid-Term Outcome of Middle Meningeal Artery Embolization with or without Burr Hole Evacuation for Chronic Subdural Hematoma Compared with Burr Hole Evacuation Alone. *Journal of NeuroInterventional Surgery*, **14**, 297-300. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2021-017450>
- [13] Uno, M. (2023) Chronic Subdural Hematoma-Evolution of Etiology and Surgical Treatment. *Neurologia medico-chirurgica*, **63**, 1-8. <https://doi.org/10.2176/jns-nmc.2022-0207>
- [14] Shotar, E., Premat, K., Lenck, S., Degos, V., Marijon, P., Pouvelle, A., et al. (2022) Angiographic Anatomy of the Middle Meningeal Artery in Relation to Chronic Subdural Hematoma Embolization. *Clinical Neuroradiology*, **32**, 57-67. <https://doi.org/10.1007/s00062-021-00996-5>
- [15] Feghali, J., Yang, W. and Huang, J. (2020) Updates in Chronic Subdural Hematoma: Epidemiology, Etiology, Pathogenesis, Treatment, and Outcome. *World Neurosurgery*, **141**, 339-345. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.06.140>
- [16] Sila, D., Casnati, F.L., Vojtková, M., Kirsch, P., Rath, S. and Charvát, F. (2023) Middle Meningeal Artery Embolization versus Surgery in Patients with Chronic Subdural Hematoma—No More Fence Sitting? *Neurology International*, **15**, 1480-1488. <https://doi.org/10.3390/neurolint15040096>
- [17] Liu, Z., Wang, Y., Tang, T., Zhang, Y., Sun, Y., Kuang, X., et al. (2023) Time and Influencing Factors to Chronic Subdural Hematoma Resolution after Middle Meningeal Artery Embolization. *World Neurosurgery*, **179**, e6-e14.

- <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2023.03.050>
- [18] Foppen, M., Yah, K., Slot, K.M., van Schie, P., Verbaan, D. and Vandertop, W.P. (2025) Unilateral or Bilateral Drainage for Patients with Bilateral Chronic Subdural Hematoma: A Systematic Review and Retrospective Cohort Study. *Neurosurgical Review*, **48**, Article No. 403. <https://doi.org/10.1007/s10143-025-03530-0>
- [19] Al-Salihi, M.M., Al-Jebur, M.S., Al-Salihi, Y., Saha, R., Hammadi, F., Al Hajali, A., *et al.* (2023) Comparison of Burr-Hole Craniostomy versus Twist-Drill Craniostomy Operations for Patients with Chronic Subdural Hematoma: A Systematic Review and Network Meta-analysis. *World Neurosurgery*, **176**, 229-236.e7. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2023.05.022>
- [20] Mishra, R., Deora, H., Florez-Perdomo, W.A., Moscote-Salazar, L.R., Garcia-Ballestas, E., Rahman, M.M., *et al.* (2022) Clinical and Radiological Characteristics for Recurrence of Chronic Subdural Hematoma: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Neurology International*, **14**, 683-695. <https://doi.org/10.3390/neurolint14030057>
- [21] Haldrup, M., Munyemana, P., Ma'aya, A., Jensen, T.S.R. and Fugleholm, K. (2021) Surgical Occlusion of Middle Meningeal Artery in Treatment of Chronic Subdural Haematoma: Anatomical and Technical Considerations. *Acta Neurochirurgica*, **163**, 1075-1081. <https://doi.org/10.1007/s00701-021-04754-x>
- [22] Schmolling, Á.H., Pérez-García, C., Trejo, C., López-Frías, A., Jaroengarmsamer, T., Rosati, S., *et al.* (2024) Middle Meningeal Artery Embolization for Management of Chronic Subdural Hematoma. *RadioGraphics*, **44**, e230158. <https://doi.org/10.1148/rg.230158>
- [23] Rodriguez, B., Morgan, I., Young, T., Vlastos, J., Williams, T., Hrabarchuk, E.I., *et al.* (2023) Surgical Techniques for Evacuation of Chronic Subdural Hematoma: A Mini-Review. *Frontiers in Neurology*, **14**, Article 1086645. <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1086645>
- [24] 孙涛. 基于慢性硬膜下血肿发病机制的改良手术探索及相关基础研究[D]: [博士学位论文]. 合肥: 安徽医科大学, 2025.
- [25] Guo, S., Gao, W., Cheng, W., Liang, C. and Wu, A. (2020) Endoscope-Assisted Surgery vs. Burr-Hole Craniostomy for the Treatment of Chronic Subdural Hematoma: A Systemic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Neurology*, **11**, Article 540911. <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.540911>
- [26] Matsumoto, H., Hanayama, H., Okada, T., Sakurai, Y., Minami, H., Masuda, A., *et al.* (2018) Which Surgical Procedure Is Effective for Refractory Chronic Subdural Hematoma? Analysis of Our Surgical Procedures and Literature Review. *Journal of Clinical Neuroscience*, **49**, 40-47. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2017.11.009>
- [27] Hubbard, Z.S., Al Kasab, S., Porto, G.B. and Spiotta, A. (2021) Chronic Subdural Hematoma Recurrence Due to Contralateral Neovascularization Following Middle Meningeal Artery Embolization. *Interventional Neuroradiology*, **28**, 639-643. <https://doi.org/10.1177/15910199211065197>
- [28] 刘振生, 曹德茂, 孙勇, 等. 脑膜中动脉栓塞与传统方法治疗慢性硬膜下血肿疗效的倾向性评分匹配对比研究[J]. 中华放射学杂志, 2022, 56(6): 661-666.
- [29] 徐菲菲, 邵琳, 马晓樾, 等. 神经内镜辅助下硬脑膜中动脉阻断并血肿清除术治疗分隔型慢性硬膜下血肿的技术方法及疗效分析[J]. 中国临床解剖学杂志, 2024, 42(6): 680-685.
- [30] Ma, L., Hoz, S.S., Doheim, M.F., Fadhil, A., Sultany, A., Al-Bayati, A.R., *et al.* (2024) Nonopacification of Frontal and Parietal Branches after Middle Meningeal Artery Embolization: A Radiographic Benchmark. *World Neurosurgery*, **192**, e513-e522. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2024.10.013>
- [31] Omura, Y. and Ishiguro, T. (2023) Middle Meningeal Artery Embolization for Chronic Subdural Hematoma: A Systematic Review. *Frontiers in Neurology*, **14**, Article 1259647. <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1259647>
- [32] Orselik, A., Senol, Y.C., Bilgin, C., Kobeissi, H., Arul, S., Cloft, H., *et al.* (2023) Middle Meningeal Artery Embolization without Surgical Evacuation for Chronic Subdural Hematoma: A Single-Center Experience of 209 Cases. *Frontiers in Neurology*, **14**, Article 1222131. <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1222131>