

神经外科复合手术专家共识(2026 版)

中国卒中学会复合介入神经外科分会

通信作者:曹勇,首都医科大学附属北京天坛医院神经外科学中心,北京 100070, Email:caoyong@bjtth.org;赵继宗,首都医科大学附属北京天坛医院神经外科学中心,北京 100070, Email:zhaojziantan@163.com;顾宇翔,复旦大学附属华山医院神经外科,上海 200040, Email:guyuxiang1972@aliyun.com;张鸿祺,首都医科大学宣武医院神经外科,北京 100053, Email:xwzhanghq@163.com

基金项目:研究型病房卓越临床研究计划(BRWEP2024W022040104)

DOI: 10.3760/cma.j.cn112050-20251021-00401

近年来,随着神经外科复合手术的逐步开展和临床实践经验的积累,其应用不再局限于神经血管疾病,而是扩展至神经肿瘤、外伤救治等领域,神经血管疾病复合手术逐渐演变为神经外科复合手术。《神经外科复合手术专家共识(2026 版)》是对 2017 年《神经血管疾病复合手术规范专家共识》^[1]的修订和补充,将纳入国内、外最新的神经外科复合手术临床证据,以指导临床实践,并引领未来神经外科复合手术的发展。

一、共识的制订方法

(一) 共识的应用目标人群和使用者

本共识主要适用于罹患复杂脑脊髓血管病(如脑脊髓动静脉畸形、颅内动脉瘤、症状性颈内动脉或椎动脉闭塞/狭窄)、颅内富血供肿瘤(如脑膜瘤、血管母细胞瘤等)以及因颅脑外伤或手术并发颈内动脉破裂等危重情况的患者。其使用者包括开展此类手术的神经外科和神经介入医生、负责术中监护的麻醉医生、参与围手术期管理与协作的护理人员等多个学科团队成员,旨在为上述专业人员处理复杂神经外科疾病的标准化临床实践提供参考。

(二) 共识制订流程

2025 年 3—10 月,由首都医科大学附属北京天坛医院曹勇教授发起,依托中国卒中学会复合介入神经外科分会,组织神经外科领域的专家成立共识编写委员会。共识制订初期,通过广泛收集国内外研究热点并经专家讨论确定了关于神经外科复合手术临床应用的多个关键问题。通过德尔菲法,根据问题的重要性等进行评分,确定若干核心问题并进行充分的调查研讨。基于现有研究证据,以“神经外科复合手术”“脑血管畸形”“脊髓血管畸形”“颅

内动脉瘤”“脑血管狭窄”“颅脑肿瘤”“颅脑外伤”“围手术期管理”“arteriovenous malformation”“intracranial aneurysm”“brain tumor embolization”“neurosurgical hybrid operation”等关键词作为检索词,在万方数据库、中国知网、PubMed、Web of Science、Scopus 等数据库中进行检索,运用循证医学的思路进行系统评价,获取高质量的证据。同时结合专家的临床工作经验,明确共识内容。本共识制订工作组由多学科专家组成,涵盖神经外科学、神经介入学、护理学、麻醉学等领域。从核心问题的提出到主要结论的明确均经过专家组充分的讨论决议。

二、复合手术概述

(一) 定义

神经外科复合手术是指在神经外科复合手术室,以一站式诊疗为目的,通过协同神经外科血管内治疗与开放手术(血管外治疗)两种干预方法治疗神经外科疾病的手术模式。其核心特征为针对疑难复杂神经外科疾病,在同一时间、地点进行两种干预性治疗相互补充的外科治疗^[2-4]。广义上,神经外科复合手术也可扩展为具有同一治疗目标、同期开展开放手术与血管内影像学检查的手术模式。神经外科显微手术联合单纯的中枢神经系统血管造影即属于此类。

(二) 特征和优势

神经外科复合手术具有“诊断-血管内治疗与显微神经外科手术联合治疗-验证”的一站式、闭环的特征,可提升复杂神经系统疾病的诊疗效果^[2]。

神经外科复合手术的核心价值在于“血管内、

外联合干预”的协同性。通过血管造影机与手术显微镜等设备的无缝衔接,可在同一空间内完成血管内治疗与开颅手术等跨领域操作及多学科团队的实时协作^[2]。

神经外科复合手术可快速切换血管内治疗与开放手术模式,同时满足无菌操作和辐射防护需求。麻醉监护系统则支持治疗模式转换中患者生命体征的全程监测。操作流程的标准化减少了患者转运风险和时间损耗,能够最大限度地提高手术安全性。

三、复合手术实施流程

(一) 术前多学科讨论

复合手术前应进行充分的术前讨论,除常规评估适应证和禁忌证外,还应分析所有可选择的治疗方案,如单纯显微外科手术、血管内治疗、立体定向放射外科以及复合手术治疗等。复合手术可为具备以下特征的神经系统疾病患者带来收益(表 1)。

(二) 术中诊疗模式转换

1. 治疗模式切换

在神经外科复合手术中,血管内治疗与显微外科手术之间治疗模式的切换是关键环节。不同手术体位与血管内操作的相互协调如下。

仰卧位:常规行腹股沟区消毒铺巾、覆盖大无菌单后,经右侧股动脉行改良 Seldinger 穿刺,完成术前数字减影血管造影(DSA)检查或血管内治疗后进行外科手术操作。如需复查 DSA,先以无菌套覆盖术区以免污染 C 型臂,再于原无菌区域进行如下操作:以无菌套包裹导管系统,术者控制泥鳅导丝,助手推进导管至目标血管。造影检查完成后撤除导管系统,更换无菌单后继续进行外科手术。

侧卧位:首先于仰卧位行腹股沟区的消毒铺巾、覆盖大无菌单,于侧卧时下方下肢股动脉行改良 Seldinger 穿刺,穿刺后置入长度为 60 cm 的长鞘行术前造影或血管内治疗。造影后将导管撤出长鞘,

表 1 适用于神经外科复合手术的各类型疾病特点及手术方式

疾病类型	特点	手术方式
颅内动脉瘤	巨大颈内动脉动脉瘤,有占位效应 动脉瘤的瘤颈形态复杂,完全夹闭困难 拟行脑血管搭桥手术的动脉瘤	球囊辅助的动脉瘤夹闭术 动脉瘤夹闭塑形后残留动脉瘤栓塞 血管内闭塞载瘤动脉近心端,远端行搭桥手术
脑、脊髓动静脉畸形	病灶体积巨大,尤其是具有后循环动脉或深部主要供血动脉 病灶体积巨大且邻近功能区 有血管内栓塞需求,但供血动脉迂曲、纤细,存在浅表引流静脉 脊髓动静脉畸形	栓塞后循环供血动脉或深部供血动脉,联合显微外科切除术 栓塞临近脑功能区动静脉畸形,配合显微外科切除术 开颅直接穿刺引流静脉,经静脉栓塞动静脉畸形 常规行供血动脉辅助栓塞+显微外科手术,对于脊髓前动脉等手术不能到达的部位,采取血管内栓塞+显微外科手术
硬脊膜动静脉瘘或髓周动静脉瘘	病灶位于脊髓表面	DSA 或 X 线透视定位后行显微外科手术
血管狭窄与闭塞	颈内动脉长节段狭窄,累及高位颈内动脉 有较高的动脉粥样硬化斑块栓子脱落风险 需开通的颈动脉慢性闭塞 复杂椎动脉狭窄或椎动脉开口慢性闭塞	颈动脉内膜切除联合颈动脉支架置入术 经颈动脉逆血流重建术 颈动脉内膜切除联合血管内开通术 椎动脉开口内膜切除联合椎动脉支架置入术,或椎动脉转位联合椎动脉支架置入术
颅内肿瘤	富血供肿瘤,存在术野深部供血	供血动脉栓塞辅助肿瘤切除术或球囊临时阻断辅助肿瘤切除术
颅脑外伤	颅脑贯通伤	脑血管造影+球囊近端阻断+异物取出
其他	开颅手术中颈内动脉损伤	覆膜支架置入+显微外科手术;球囊闭塞试验后闭塞责任血管+显微外科手术

注:DSA 为数字减影血管造影

以无菌贴膜固定股动脉鞘。撤除无菌单后进行体位摆放,使下方下肢伸直,上方下肢屈曲,下垫软枕,再次将腹股沟区消毒后铺巾、覆盖大无菌单,然后进行外科手术操作。若需复查造影,经长鞘导入导管操作。存在困难弓型或主动脉弓变异者可保留导管于颈外或锁骨下动脉,予以肝素盐水持续加压滴注,将导管系统(包括导管、导丝及部分管路)包裹于无菌套内,以备复查时使用。

俯卧位:针对后颅窝或脊髓病变,部分患者需在仰卧位进行股动脉穿刺并固定长鞘(同侧卧位),局部以敷料包扎,以塑料无菌套包裹鞘管后改为俯卧位。头部以头架固定,鞘管置于背侧并固定。标记切口后进行开颅或脊髓手术。病变切除后可经鞘管导入导管进行 DSA 复查,残留病灶若可切除则继续实施显微外科手术,若不适合行手术切除,则经鞘管送入导引导管及微导管,完成血管内治疗。

血管内栓塞或造影检查完成后,DSA 设备需沿预设轨道或机械臂移至手术室一侧或顶部,以免干扰显微外科手术。若术后需再次行血管内操作,应撤离显微镜以便 C 型臂重新进入。设备切换应高效进行,尽量减少手术中断,保障流程连贯。

2. 无菌管控

在介入与开放手术转换的设备切换过程中,需要重新布置无菌区域,C 型臂的增强器必须使用无菌套,确保显微外科手术的无菌环境,避免球管跨越无菌区。造影检查时头颈部手术区需覆盖无菌单。如涉及体位调整,也需重新铺单。复合手术的操作细节需不断积累以优化流程,例如安装头架时应尽量收拢力臂,开颅铺单时将大无菌单与洞巾在头端拢起固定,以便 C 型臂旋转和移动。

3. 团队沟通

神经外科复合手术需多学科协作,术前各团队之间应充分沟通,明确各阶段操作、设备进出顺序及应急预案。术中进行实时交流,共享手术情况、设备状态以及患者的生命体征等信息。设备切换前主刀医生应提前告知技师和护士,技师负责设备调整,护士重建无菌区域。若术中发生设备故障或颅内出血,主刀医生应迅速应对,由技师修复设备,麻醉医生确保患者的生命体征稳定。

(三) 术中抗凝、抗栓治疗

1. 术中抗凝治疗

神经外科复合手术中肝素主要用于实施血管内治疗和术中留置导管时,通常将 500 IU 肝素加入 500 ml 生理盐水中,并以 40 IU/h 的速率持续加压

滴注。当术中出血量较少时,上述剂量肝素对患者凝血功能的影响并不显著;当术中出血量较多时,视术中止血情况在必要时撤出留置的导管,以减少对凝血功能的进一步影响。

颈动脉狭窄患者接受内膜切除联合支架置入术,或颈动脉闭塞患者接受血管内开通等手术时,可根据血管内治疗的需要行全身肝素化。其后进行显微外科操作关闭切口时,可根据切口止血难度,必要时使用鱼精蛋白以中和残余肝素^[5]。

2. 抗血小板治疗

血管内支架置入术前需要进行标准的双联抗血小板治疗。当动脉瘤手术中需使用支架辅助动脉瘤栓塞或覆膜支架置入等手术方式进行补救性治疗时,可于术中经静脉给予血小板膜糖蛋白 II b/III a 受体阻滞剂作为临时的抗血小板治疗方案,并在术后明确无活动性出血后予以规范的双联抗血小板治疗。静脉途径给予的血小板膜糖蛋白 II b/III a 受体阻滞剂需与口服抗血小板药物桥接替换^[6-8]。

(四) 其他药物应用

神经外科复合手术可酌情使用抗生素控制感染。颅内肿瘤或脑血管畸形患者通常在术前和术后予以抗癫痫发作药物,以预防或控制癫痫发作。术后通常给予镇静镇痛药物以缓解疼痛,降低氧耗,促进术后恢复^[9]。术中应用脱水药物(如甘露醇)以降低颅内压^[10]。在颅内肿瘤切除或脑血管疾病手术后,为减轻脑水肿也可应用脱水类药物。

推荐意见:(1)明确复合手术的适应证和禁忌证,制定个体化复合手术方案。(2)规范血管造影机与显微镜的切换流程,确保无菌、高效衔接。(3)落实多学科协作,提前明确操作顺序和分工。(4)术中动态调整抗栓策略,兼顾出血控制与血栓预防。

四、围手术期护理

护理人员需在术前进行详细的患者评估和准备,检查手术室内所有设备的运行状态。根据手术类型,准备相应的显微外科手术器械、导管导丝、栓塞材料、无菌单等,确保手术过程中器械和耗材的充足供应。同时护理团队还要对患者进行肩髌膝踝等部位的压疮评估,做好防压防褥疮措施。

术中护理的重点在无菌操作和感染控制。介入与显微外科手术切换时需重新布置无菌区域,并保障设备运行正常及手术连贯性。术中如发生大出血或设备故障,护理人员应迅速应对,协助止血或设备更换^[11]。复合手术需多学科配合,护理团队应明确

分工,并熟悉手术室应急预案,以保障手术的安全性和效率^[12]。

推荐意见:(1)术前评估充分,检查设备功能,做到准备充分。(2)术中严格无菌管理,监测患者的生命体征,协同操作。(3)做好应急准备,快速处置术中突发出血或设备问题。

五、复合手术的临床应用场景

(一)复杂脑和脊髓血管病的复合手术治疗

1. 脑脊髓动静脉畸形

(1)术前造影-手术切除-复查造影模式:脑脊髓动静脉畸形的显微切除联合术前、术中造影评估是复合手术的最基本构成要素,可用于所有的脑脊髓动静脉畸形复合手术^[13-14]。虽然单纯手术切除在现有治疗方式中的完全切除率最高,但血管造影随访中仍可能检测到残留病灶。采用这一模式时,术中应充分评估动静脉畸形的切除程度,及时发现残留病灶^[14-16]。

(2)术前栓塞供血动脉-手术切除模式:在颅内动静脉畸形的治疗中,术前栓塞后进行外科切除的分期手术方案由来已久,尤其是高级别动静脉畸形,能够有效降低手术风险和难度^[17-20]。目前复合手术利用血管内治疗的优势辅助显微外科手术,可实现功能区保护、深部血管控制和高流量供血动脉控制。①功能区动静脉畸形原位血管内栓塞辅助显微切除模式:这一模式的核心在于靶向栓塞近功能区和传导束侧的畸形血管团,栓塞后可保留已完全栓塞的畸形血管团,从而在显微切除过程中获得更多切除界面和功能结构的安全距离^[19,21]。②血管内栓塞深部供血动脉辅助显微切除模式:动静脉畸形深部供血动脉在显微外科手术中难以显露,会增加术中出血风险,导致不良预后。在复合手术中,首先栓塞深部供血动脉,如后循环供血动脉,可有效减少出血、缩短手术时长^[22-23]。③球囊辅助控制高流量供血动脉辅助显微切除模式:高流量动静脉畸形的手术风险高^[24-25],采用血管内操作控制高流量供血动脉时,单用液体栓塞剂或弹簧圈会因供血动脉血流量高、流速快使其被冲入静脉系统。应用球囊系统能暂时封闭供血动脉,其后快速切除畸形血管团。使用球囊阻断时需关注动脉主干阻断时长及血管壁强度,因高流量而扩张的血管在球囊压迫下有破裂风险。

(3)高流量动静脉畸形出血-栓塞-清除血肿模式:对于急性出血性颅内动静脉畸形,可在复合手

术室一站式完成 DSA 确诊及多模态评估,快速制定个体化手术方案^[25]。对于可通过血管内治疗达到完全栓塞的患者,可以选择完全栓塞畸形血管团后,开颅单纯清除血肿^[21,26-27]。

(4)髓周动静脉瘘通常发生在脊髓表面,可通过显微外科手术或血管内栓塞术进行治疗。相比之下,脊髓内动静脉畸形病灶位于脊髓内部,难以通过外科手术或血管内技术进行治疗。可在复合手术室并借助吲哚菁绿血管造影和术中血管造影确认病变的位置和结构,通过术中 DSA 检查可能能够发现吲哚菁绿血管造影中不可见的残留,有助于完全切除病变^[28-29]。

推荐意见:(1)优先对位于功能区、由深部动脉供血以及有高流量特征等的高风险动静脉畸形行复合手术治疗,以保护脑功能、提高手术安全性。(2)术中复查 DSA 有助于确保畸形血管团无残留。(3)对于急性出血性动静脉畸形,可完全栓塞畸形血管团后再清除血肿。

2. 颅内动脉瘤

(1)显微夹闭联合血管内栓塞模式:血管内治疗可作为显微夹闭的补充,即通过显微夹闭完成对动脉瘤的大部夹闭,瘤颈塑形,残余部分则采用血管内栓塞的方法处理^[26-28]。但因术中无法常规使用支架,多适用于可单纯血管内栓塞的动脉瘤,必要时可采用临时球囊或支架辅助^[30-32]。

(2)球囊临时阻断辅助的动脉瘤夹闭模式:对于近心端显露困难、需临时阻断的颅内动脉瘤,术中可采用球囊临时阻断血流辅助瘤体的夹闭。球囊可置于载瘤动脉近端或跨瘤颈放置,以减少瘤内血流和张力,提升动脉瘤夹闭的安全性^[33-34]。

(3)动脉瘤孤立及血运重建模式:这一模式适用于行动脉瘤孤立及血运重建的颅内动脉瘤。载瘤动脉近心端深在,且毗邻重要神经及血管结构时,如以动脉瘤夹阻断载瘤动脉近心端可能导致不必要的损伤,此时可先行显微外科手术重建远端血运,确认吻合血管通畅后经血管内闭塞近心端载瘤动脉。闭塞多应用弹簧圈,必要时辅以支架固定。应注意控制血管内栓塞范围,避免闭塞重要分支^[35-37]。

推荐意见:(1)复杂颅内动脉瘤可采取复合手术策略治疗,兼顾开颅手术夹闭与血管内治疗的优势。(2)动脉瘤夹闭后可常规行 DSA 复查,如有残留或载瘤动脉狭窄,可调整动脉瘤夹或进一

步栓塞动脉瘤。(3)复合手术室应具备介入与开颅手术的快速切换能力,以应对术中突发动脉瘤破裂。

3. 缺血性脑血管病

复合手术适用于症状性慢性动脉闭塞患者^[38-40]。对于长节段颈内动脉慢性闭塞患者,单纯颈动脉内膜切除或颈动脉支架置入均存在局限^[39]:前者难以处理颅内段阻塞动脉粥样硬化斑块;后者可因血栓负荷大及导丝通过困难等因素导致血管开通率低。联合颈动脉内膜切除、远端取栓及颈动脉支架置入的复合手术是可行的解决方案^[38]。此外,有研究表明,对于颈动脉支架置入后颈动脉再次闭塞,采用复合手术有较高的再通成功率和较低的围手术期并发症发生率^[41]。

对于椎动脉开口处存在严重狭窄且伴有 V1 段血管严重迂曲者,或椎动脉开口慢性闭塞,通过血管内治疗方法不能开通血管者,可采用椎动脉开口内膜切除或转位术,结合血管内取栓、支架成形术。对于难治性椎-基底动脉供血不足,将椎动脉 V1 段的显微外科操作与血管内技术相结合的复合手术方式安全且有效^[42]。

推荐意见:(1)对于药物治疗无效的症状性慢性颈内动脉闭塞患者,优先考虑复合手术。(2)颈动脉内膜切除联合颈动脉支架置入可显著提高血管的开通率,减少颅内栓塞风险,适用于长节段颈内动脉慢性闭塞病变。(3)椎动脉开口严重狭窄或闭塞而不能血管内开通者,可以考虑采用复合手术开通或重建椎动脉。

(二)颅内富血供肿瘤的复合手术治疗

对于术前评估为富血供肿瘤(如脑膜瘤、血管母细胞瘤、副神经节瘤等),且肿瘤体积较大或位置深在,术中出血风险高的患者,可在术前或术中栓塞肿瘤供血动脉,从而减少肿瘤血供^[43-47]。术前需行脑血管造影明确血供来源、静脉引流方向并评估血管内栓塞是否可行及栓塞方式。

颅内富血供肿瘤的复合手术治疗优势在于可显著减少肿瘤切除过程中的出血,提高手术视野清晰度,减少对正常脑组织的损伤及降低手术风险^[48-49]。

推荐意见:(1)复合手术适用于供血丰富、位置深在、出血风险高的颅内富血供肿瘤。(2)术前应行全脑血管造影,全面评估肿瘤供血情况。(3)应选择性栓塞开颅手术难于达到和控制的供血动脉。

(三)颅脑外伤致颈内动脉损伤出血的急救

1. 开颅清除血肿-覆膜支架置入或栓塞止血

适用于因颅脑贯通伤或颅底骨折等原因导致颅内动脉破裂出血的颅脑创伤患者^[50]。术前需行全脑血管造影明确动脉损伤部位、范围及损伤程度,选取合适管径及长度的覆膜支架释放于动脉损伤部位,或栓塞出血动脉,然后行血管造影明确止血是否满意。应用覆膜支架置入止血时,需确认支架内血流是否通畅。

2. 球囊闭塞试验后闭塞供血动脉

对于颈内动脉损伤严重,覆膜支架置入未能有效止血的患者,可行球囊闭塞试验观察对侧颈内动脉及椎动脉的代偿功能,若代偿良好可行弹簧圈栓塞(必要时结合液态栓塞剂)闭塞损伤侧颈内动脉后,再行血肿清除及后续的外科操作^[51-52]。

推荐意见:(1)颅底骨折致颈内动脉破裂者优先考虑采用覆膜支架修复,术前需进行全脑血管造影评估。(2)如支架置入未能有效止血时,可在球囊闭塞试验确认代偿良好后行动脉闭塞。

(四)针对开放手术或经蝶手术中颈内动脉破裂的覆膜支架置入止血补救

开放手术或经蝶手术过程中发生颈内动脉主干损伤出血后,可立即行压迫止血,术区铺垫无菌敷料后转入神经外科复合手术室。首先进全脑血管造影明确颈内动脉的损伤部位及损伤程度,选取合适管径及长度的覆膜支架,通过“特洛伊木马”技术利用远端通路配合支架微导管将其释放于颈内动脉损伤部位;再次行血管造影明确是否存在支架附近对比剂渗漏、狭窄或闭塞等情况。若止血有效、血流通畅,则经评估后继续切除病灶或撤出止血材料止血,进行关颅等后续操作^[53]。

推荐意见:(1)术中颈内动脉破裂应立即压迫止血,覆盖术区,转至神经外科复合手术室。(2)紧急行脑血管造影并置入覆膜支架修复破口;置入后即刻复查造影,评估止血与血流通畅情况。

(五)开颅手术辅助血管内治疗

开颅手术为血管内操作显露穿刺部位。对于动脉、静脉入路手术困难的颈内动脉海绵窦瘘、硬脑膜动静脉瘘和动静脉畸形,可选择先行开颅手术,充分显露邻近病灶的供血动脉或引流静脉后进行穿刺,进而以直接路径行血管内治疗。

推荐意见:开颅手术可用于辅助因入路困难而难以实施的血管内手术。

六、展望

随着目前对复合手术认识的不断深化,神经外科复合手术正逐步从少数高风险患者的“个体化尝试”,迈向多病种、多场景的“标准化治疗”路径。未来复合手术将不仅应用于脑血管病、颅内肿瘤、颅脑外伤等适应证,更有望拓展至脊髓疾病、功能神经外科及神经再血管化等新领域。通过融合人工智能辅助诊断、术中导航精准定位、术后随访等手段,可进一步提高复合手术的安全性、效率与疗效。

复合手术平台的持续建设也将推动手术方式流程规范化与分工协作标准化,提升多学科融合能力。在临床路径方面,需建立统一的适应证评估体系、手术操作流程及围手术期管理规范。同时,加强多中心协作研究和前瞻性临床试验,系统评估复合手术在不同疾病中的疗效与长期预后,将有助于推动复合手术从“经验医学”向“循证医学”转变。

未来神经外科复合手术的发展方向应更加注重“个体化精准治疗”与“平台化体系建设”的并行推进,为复杂神经外科疾病患者提供更安全、有效和高质量的治疗方案。

声明 本共识是基于目前已有文献报道,结合共识专家组的经验体会而得出的阶段性认识,需要随着诊治技术的进步而不断完善。仅供临床医生在诊治过程中参考,不具备法律功效,同时不排除尚未列入共识的个体化成功诊治经验。

执笔 曹勇(首都医科大学附属北京天坛医院)

共识专家组成员(按姓氏汉语拼音排序)
曹勇(首都医科大学附属北京天坛医院)、陈罡(苏州大学附属第一医院)、陈高(浙江大学医学院附属第二医院)、陈晓霖(首都医科大学附属北京天坛医院)、仇汉诚(首都医科大学附属北京天坛医院)、丰育功(青岛大学附属医院)、顾宇翔(复旦大学附属华山医院)、洪韬(首都医科大学宣武医院)、胡荣(陆军军医大学第一附属医院)、姜维喜(中南大学湘雅医院)、姜卫剑(解放军火箭军总医院)、焦力群(首都医科大学宣武医院)、康德智(福建医科大学附属第一医院)、兰青(苏州大学附属第二医院)、李佑祥(首都医科大学附属北京天坛医院)、刘建民(海军军医大学第一附属医院)、刘子扬(美国休斯敦卫理公会医院)、吕明(首都医科大学附属北京天坛医院)、毛颖(复旦大学附属华山医院)、蒲军(昆明医科大学第二附属医院)、屈延(空军军医大学第二附属医院)、史怀璋(哈尔滨医

科大学附属第一医院)、孙晓川(重庆医科大学附属第一医院)、孙正辉(解放军总医院第一医学中心)、佟小光(天津市环湖医院)、王东海(山东大学齐鲁医院)、王嵘(首都医科大学附属北京天坛医院)、王硕(首都医科大学附属北京天坛医院)、徐斌(复旦大学附属华山医院)、薛绛宇(河南省人民医院)、杨鹏飞(海军军医大学第一附属医院)、杨午阳(美国亚利桑那大学医学院神经外科)、杨新健(首都医科大学附属北京天坛医院)、游潮(四川大学华西医院)、张东(北京医院)、张鸿祺(首都医科大学宣武医院)、张剑宁(解放军总医院第一医学中心)、张谦(首都医科大学附属北京天坛医院)、张岩(首都医科大学附属北京天坛医院)、赵继宗(首都医科大学附属北京天坛医院)、赵建农(海南省人民医院)、赵文元(武汉大学中南医院)、赵元立(中国医学科学院北京协和医院)、朱巍(复旦大学附属华山医院)

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] 《神经血管疾病复合手术规范专家共识》编写委员会. 神经血管疾病复合手术规范专家共识[J]. 中华医学杂志, 2017, 97(11): 804-809. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0376-2491. 2017. 11. 002.
- [2] Gharios M, El-Hajj VG, Frisk H, et al. The use of hybrid operating rooms in neurosurgery, advantages, disadvantages, and future perspectives: a systematic review [J]. Acta Neurochir (Wien), 2023, 165(9): 2343-2358. DOI: 10. 1007/s00701-023-05756-7.
- [3] Fandino J, Taussky P, Marbacher S, et al. The concept of a hybrid operating room; applications in cerebrovascular surgery [M]//Zuccarello M, Clark JF, Pynegeithman G, et al. Cerebral vasospasm: neurovascular events after subarachnoid hemorrhage. Vienna: Springer Vienna, 2013: 113-117.
- [4] Murayama Y, Arakawa H, Ishibashi T, et al. Combined surgical and endovascular treatment of complex cerebrovascular diseases in the hybrid operating room [J]. J Neurointerv Surg, 2013, 5(5): 489-493. DOI: 10. 1136/neurintsurg-2012-010382.
- [5] Fereydooni A, Gorecka J, Xu J, et al. Carotid endarterectomy and carotid artery stenting for patients with crescendo transient ischemic attacks: a systematic review [J]. JAMA Surg, 2019, 154(11): 1055-1063. DOI: 10. 1001/jamasurg. 2019. 2952.
- [6] Schirmer CM, Bulsara KR, Al-Mufti F, et al. Antiplatelets and antithrombotics in neurointerventional procedures: guideline update [J]. J Neurointerv Surg, 2023, 15(11): 1155-1162. DOI: 10. 1136/jnis-2022-019844.
- [7] Baik M, Jeon J, Heo SJ, et al. Duration of dual-antiplatelet therapy after stent-assisted coil for unruptured intracranial aneurysm: a nationwide cohort study [J]. Int J Stroke, 2024, 19(3): 359-366. DOI: 10. 1177/17474930231207512.
- [8] Dornbos D 3rd, Katz JS, Youssef P, et al. Glycoprotein IIb/IIIa inhibitors in prevention and rescue treatment of thromboembolic complications during endovascular embolization of intracranial aneurysms [J]. Neurosurgery, 2018, 82(3): 268-277. DOI: 10. 1093/neuros/nyx170.
- [9] Mestdagh FP, Lavand'homme PM, Pirard G, et al. Pain

- management after elective craniotomy: a systematic review with procedure-specific postoperative pain management (PROSPECT) recommendations[J]. *Eur J Anaesthesiol*, 2023,40(10):747-757. DOI: 10.1097/EJA.0000000000001877.
- [10] Li S, Sun H, Liu X, et al. Mannitol improves intraoperative brain relaxation in patients with a midline shift undergoing supratentorial tumor surgery: a randomized controlled trial[J]. *J Neurosurg Anesthesiol*, 2020,32(4):307-314. DOI: 10.1097/ANA.0000000000000585.
- [11] Ribeiro G, Silva R, Ferreira MA, et al. Equipment failure: conducts of nurses and implications for patient safety[J]. *Rev Bras Enferm*, 2018,71(4):1832-1840. DOI: 10.1590/0034-7167-2016-0547.
- [12] Bazzi M, Fridh I, Ahlberg K, et al. Collaboration in the hybrid operating room: a focus group study from the perspective of the nursing staff[J]. *Journal of Radiology Nursing*, 2021,40(3):259-267. DOI:10.1016/j.jradnu.2021.04.007.
- [13] Fang W, Yang Z, Liu Y, et al. Peri-procedure efficacy and safety of one-stop hybrid surgery for the treatment of brain arteriovenous malformations: a single-center preliminary experience[J]. *Front Neurol*, 2022,13:1052882. DOI: 10.3389/fneur.2022.1052882.
- [14] Alfter M, Albiña-Palmarola P, Cimpoa A, et al. Multi-stage treatment for spetzler-martin grades III, IV, and V arteriovenous malformations: preoperative embolization and microsurgical resection in a consecutive series of 250 patients[J]. *J Clin Med*, 2023,12(18):5990. DOI: 10.3390/jcm12185990.
- [15] Pietilä TA, Stendel R, Jansons J, et al. The value of intraoperative angiography for surgical treatment of cerebral arteriovenous malformations in eloquent brain areas[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 1998,140(11):1161-1165. DOI: 10.1007/s007010050231.
- [16] Grüter BE, Mendelowitsch I, Diepers M, et al. Combined endovascular and microsurgical treatment of arteriovenous malformations in the hybrid operating room[J]. *World Neurosurg*, 2018,117:e204-e214. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.05.241.
- [17] Chilawal A, Dehdashti AR. Surgical treatment of a complex Grade III Spetzler-Martin posterior temporal arteriovenous malformation[J]. *Neurosurg Focus*, 2017,43(VideoSuppl1):V9. DOI: 10.3171/2017.7.FocusVid.1786.
- [18] Del Maestro M, Luzzi S, Gallieni M, et al. Surgical treatment of arteriovenous malformations: role of preoperative staged embolization[M]//Eposito G, Regli L, Kaku Y, et al. Trends in the management of cerebrovascular diseases. Cham: Springer, 2018:109-113.
- [19] Han SJ, Englot DJ, Kim H, et al. Brainstem arteriovenous malformations: anatomical subtypes, assessment of "occlusion in situ" technique, and microsurgical results[J]. *J Neurosurg*, 2015,122(1):107-117. DOI: 10.3171/2014.8.JNS1483.
- [20] Hartmann A, Mast H, Mohr JP, et al. Determinants of staged endovascular and surgical treatment outcome of brain arteriovenous malformations[J]. *Stroke*, 2005,36(11):2431-2435. DOI: 10.1161/01.STR.0000185723.98111.75.
- [21] Wang M, Qiu H, Cao Y, et al. One-staged in situ embolization combined with surgical resection for eloquence protection of AVM: technical note[J]. *Neurosurg Rev*, 2019,42(3):783-790. DOI: 10.1007/s10143-019-01137-w.
- [22] Morgan MK, Drummond KJ, Grinnell V, et al. Surgery for cerebral arteriovenous malformation: risks related to lenticulostriate arterial supply[J]. *J Neurosurg*, 1997,86(5):801-805. DOI: 10.3171/jns.1997.86.5.0801.
- [23] 林发,王明泽,仇汉诚,等.一站式复合手术对后循环参与供血的脑动静脉畸形手术风险和预后的影响[J]. *中华医学杂志*, 2022,102(21):1614-1620. DOI: 10.3760/cma.j.cn12137-20210910-02061.
- [24] Conway AM, Qato K, Drury J, et al. Embolization techniques for high-flow arteriovenous malformations with a dominant outflow vein[J]. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord*, 2015,3(2):178-183. DOI: 10.1016/j.jvsv.2014.12.003.
- [25] Aboukais R, Devalckeneer A, Boussemart P, et al. Is malignant edema and hemorrhage after occlusion of high-flow arteriovenous malformation related to the size of feeding arteries and draining veins? [J]. *Neurochirurgie*, 2022,68(5):e1-e7. DOI: 10.1016/j.neuchi.2022.01.008.
- [26] Wang M, Lin F, Qiu H, et al. Comparison of endovascular embolization plus simultaneous microsurgical resection vs. primary microsurgical resection for high-grade brain arteriovenous malformations[J]. *Front Neurol*, 2021,12:756307. DOI: 10.3389/fneur.2021.756307.
- [27] Zhang N, Xin WQ. Application of hybrid operating rooms for clipping large or giant intracranial carotid-ophthalmic aneurysms[J]. *World J Clin Cases*, 2020,8(21):5149-5158. DOI: 10.12998/wjcc.v8.i21.5149.
- [28] 洪韬,张鸿祺,李桂林,等.多种造影方式在脑脊髓动静脉畸形复合手术中的应用初探[J]. *中国脑血管病杂志*, 2017,14(8):399-404. DOI:10.3969/j.issn.1672-5921.2017.08.002.
- [29] Kienzler JC, Schoepf S, Marbacher S, et al. Intraoperative spinal angiography during microsurgical occlusion of spinal dural arteriovenous fistula within the hybrid operation room[J]. *J Neurosurg A Cent Eur Neurosurg*, 2022,83(5):486-493. DOI: 10.1055/s-0041-1736634.
- [30] Wu J, Tong X, Liu Q, et al. Microsurgical ligation for incompletely coiled or recurrent intracranial aneurysms: a 17-year single-center experience[J]. *Chin Neurosurg J*, 2019,5:7. DOI: 10.1186/s41016-019-0153-z.
- [31] Li G, Han Y, Ding S, et al. Stent-assisted coiling of acutely ruptured cerebral aneurysm: a multicenter prospective registry study (SAVE)[J]. *BMC Neurol*, 2022,22(1):264. DOI: 10.1186/s12883-022-02800-4.
- [32] Nakamura M, Montibeller GR, Götz F, et al. Microsurgical clipping of previously coiled intracranial aneurysms[J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2013,115(8):1343-1349. DOI: 10.1016/j.clineuro.2012.12.030.
- [33] Chen J, Li M, Zhu X, et al. Anterior communicating artery aneurysms: anatomical considerations and microsurgical strategies[J]. *Front Neurol*, 2020,11:1020. DOI: 10.3389/fneur.2020.01020.
- [34] Wang Z, Tian Z, Li W, et al. Variation of mass effect after using a flow diverter with adjunctive coil embolization for symptomatic unruptured large and giant intracranial aneurysms[J]. *Front Neurol*, 2019,10:1191. DOI: 10.3389/fneur.2019.01191.
- [35] Acerbi F, Mazzapicchi E, Falco J, et al. The role of bypass surgery for the management of complex intracranial aneurysms in the anterior circulation in the flow-diverter era: a single-center series[J]. *Brain Sci*, 2022,12(10):1339. DOI: 10.3390/brainsci12101339.
- [36] Rennert RC, Nguyen VN, Abedi A, et al. Combined open revascularization and endovascular treatment of complex intracranial aneurysms: case series[J]. *Front Neurol*, 2023,14:1102496. DOI: 10.3389/fneur.2023.1102496.
- [37] Techasrisaksakul K, Sriamornrattanukul K, Akharathamachote N, et al. Microsurgical partial trapping for the treatment of unclippable vertebral artery aneurysms: experience from 27 patients and review of literature[J]. *World Neurosurg X*, 2024,21:100256. DOI: 10.1016/j.wnsx.2023.100256.
- [38] Yao J, Zheng B, Sun Q, et al. Hybrid surgery for symptomatic chronic internal carotid artery occlusion: a single-center experience[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2024,166(1):355. DOI: 10.1007/s00701-024-06250-4.

- [39] Ren W, Xue J, Zhao T, et al. Recanalization of chronic long-segment occlusion of the internal carotid artery with endovascular and hybrid surgery [J]. *Sci Rep*, 2023, 13 (1): 17026. DOI: 10.1038/s41598-023-44406-x.
- [40] Cai Y, Zhang T, Wang L, et al. Hybrid surgery recanalization for high-level chronic internal carotid artery occlusion [J]. *Front Neurol*, 2023, 14: 1161277. DOI: 10.3389/fneur.2023.1161277.
- [41] Wang C, Zhao P, Sun T, et al. Hybrid recanalization of the treatment of carotid/vertebral in-stent restenosis or occlusion: pilot surgery experiences from one single center [J]. *Front Neurol*, 2020, 11: 604672. DOI: 10.3389/fneur.2020.604672.
- [42] Lu X, Ma Y, Yang B, et al. Hybrid technique for the treatment of refractory vertebrobasilar insufficiencies [J]. *World Neurosurg*, 2017, 107: 1051. e13-1051. e17. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.08.081.
- [43] Brandel MG, Rennett RC, Wali AR, et al. Impact of preoperative endovascular embolization on immediate meningioma resection outcomes [J]. *Neurosurg Focus*, 2018, 44 (4): E6. DOI: 10.3171/2018.1.FOCUS17751.
- [44] Manelfe C, Lasjaunias P, Ruscalleda J. Preoperative embolization of intracranial meningiomas [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 1986, 7(5): 963-972.
- [45] Yin L, Zhang L, Hao S, et al. Medullary hemangioblastoma: 34 patients at a single institution [J]. *J Clin Neurosci*, 2014, 21 (2): 250-255. DOI: 10.1016/j.jocn.2013.03.037.
- [46] Ampie L, Choy W, Lamano JB, et al. Safety and outcomes of preoperative embolization of intracranial hemangioblastomas: a systematic review [J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2016, 150: 143-151. DOI: 10.1016/j.clineuro.2016.09.008.
- [47] Sakata T, Tanikawa M, Yamada H, et al. Minimally invasive treatment for glioblastoma through endoscopic surgery including tumor embolization when necessary: a technical note [J]. *Front Neurol*, 2023, 14: 1170045. DOI: 10.3389/fneur.2023.1170045.
- [48] Sakamoto H, Hashimoto T, Arai Y, et al. Volume reduction effect of preoperative embolization of only the feeding arteries from the external carotid artery on vestibular schwannomas [J]. *World Neurosurg*, 2025, 194: 123480. DOI: 10.1016/j.wneu.2024.11.063.
- [49] 高超, 倪伟, 江汉强, 等. 颅内富血供肿瘤的术前介入栓塞治疗 [J]. *中华神经医学杂志*, 2023, 22 (2): 135-141. DOI: 10.3760/cma.j.cn115354-20221031-00778.
- [50] Hosseini EM, Aghamiri SH, Koosha M, et al. Hybrid endovascular and open surgical management of retained stab wounds: illustrative case [J]. *J Neurosurg Case Lessons*, 2025, 9 (11): CASE24692. DOI: 10.3171/CASE24692.
- [51] Wang XJ. Imaging characteristics and treatment strategies for carotid artery occlusion caused by skull base fracture [J]. *World J Clin Cases*, 2024, 12 (31): 6513-6516. DOI: 10.12998/wjcc.v12.i31.6513.
- [52] Shibata T, Nishikawa Y, Torigai T, et al. Balloon test occlusion of the carotid artery: internal validation of predictive results [J]. *Turk Neurosurg*, 2021, 31 (5): 710-717. DOI: 10.5137/1019-5149.JTN.32736-20.2.
- [53] Shakir HJ, Garson AD, Sorkin GC, et al. Combined use of covered stent and flow diversion to seal iatrogenic carotid injury with vessel preservation during transphenoidal endoscopic resection of clival tumor [J]. *Surg Neurol Int*, 2014, 5: 81. DOI: 10.4103/2152-7806.133638.

(收稿日期: 2025 - 10 - 21)

(本文编辑: 孙丽娜)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

关于杜绝和抵制第三方机构代写代投稿件的通知

近期中华医学会杂志社学术期刊出版平台在后台监测到部分用户使用虚假的手机号和 Email 地址注册账号, 这些账号的投稿 IP 地址与作者所在单位所属行政区域严重偏离, 涉嫌第三方机构代写代投。此类行为属于严重的学术不端, 我们已将排查到的稿件信息通报各编辑部, 杂志社新媒体部也将对此类账号做封禁处理, 相关稿件一律做退稿处理。为弘扬科学精神, 加强科学道德和学风建设, 抵制学术不端行为, 端正学风, 维护风清气正的良好学术生态环境, 请广大读者和作者务必提高认识, 规范行为, 以免给作者的学术诚信、职业发展和所在单位的声誉带来不良影响。

中华医学会杂志社