

· 专家共识 ·

颅内动脉瘤显微手术治疗专家共识 (2025 版)

颅内动脉瘤显微手术治疗专家共识工作组

通信作者:毛颖,复旦大学附属华山医院神经外科,上海 200072,Email:maoying@fudan.edu.cn;张鸿祺,首都医科大学宣武医院神经外科,北京 100053,Email:hqzh@vip.163.com;曹勇,首都医科大学附属北京天坛医院神经外科,北京 100070,Email:caoyong@bjtth.org

【摘要】 开颅显微手术治疗颅内动脉瘤,具有动脉瘤复发率低、手术费用低、血流重建方式成熟等优势。目前,开颅手术面临手术量下降、患者倾向微创介入治疗、部分介入手术医师缺乏开颅手术技能等诸多挑战。同时,动脉瘤显微手术尚缺乏统一规范。鉴于此,由我国神经外科及介入领域专家组成颅内动脉瘤显微手术治疗专家共识工作组,针对颅内动脉瘤的流行病学、治疗策略、手术适应证、术前评估、麻醉管理、开颅夹闭治疗、血流重建治疗、复合手术应用、并发症处理及预后、护理与康复等问题进行反复讨论,采用改良德尔非法征集专家建议,形成 10 个方面共 62 条共识推荐意见,为颅内动脉瘤显微手术治疗提供科学且切实可行的临床指导方案。

【关键词】 颅内动脉瘤; 蛛网膜下腔出血; 显微手术治疗; 共识; 德尔非法

Consensus statements on microsurgical treatment of intracranial aneurysms(2025 edition)

Expert Consensus Working Group on Microsurgical Treatment of Intracranial Aneurysms

Corresponding authors: Mao Ying, Department of Neurosurgery, Huashan Hospital, Fudan University, Shanghai 200072, China, Email: maoying@fudan.edu.cn; Zhang Hongqi, Department of Neurosurgery, Xuanwu Hospital, Capital Medical University, Beijing 100053, China, Email: hqzh@vip.163.com; Cao Yong, Department of Neurosurgery, Beijing Tiantan Hospital, Capital Medical University, Beijing 100070, Email: caoyong@bjtth.org

【Abstract】 Microsurgical treatment of intracranial aneurysms has irreplaceable advantages such as lower recurrence rates, lower costs, and mature strategies for blood flow reconstruction. Currently, open microsurgical faces numerous challenges, including patients' preference for minimally invasive interventions, a decline in the volume of open surgeries, and some interventionalists lacking a surgical background. Additionally, regional disparities within the country lead to a lack of standardized guidelines for microsurgical treatment of intracranial aneurysms. In response, the expert consensus working group on microsurgical treatment of intracranial aneurysms composed of nationwide experts in neurosurgery and interventional fields was formed to discuss and address issues related to the epidemiology, treatment selection and surgical indications, preoperative evaluation, anesthesia management, open clipping techniques, blood flow reconstruction, hybrid surgical applications, complication management and prognosis, as well as nursing and rehabilitation. Using a modified Delphi method to gather expert recommendations, the group developed 62 consensus recommendations across 10 areas, providing scientific and practical clinical guidance for the microsurgical treatment of intracranial aneurysms.

【Key words】 Intracranial aneurysm; Subarachnoid hemorrhage; Microsurgery; Consensus; Delphi methods

DOI: 10.3760/cma.j.cn112139-20241205-00554

收稿日期 2024-12-05 本文编辑 郑佳依

引用本文: 颅内动脉瘤显微手术治疗专家共识工作组. 颅内动脉瘤显微手术治疗专家共识(2025 版)[J].

中华外科杂志, 2025, 63(3): 187-202. DOI: 10.3760/cma.j.cn112139-20241205-00554.



随着技术与材料的发展,神经介入手术已成为常规情况下颅内动脉瘤的首选治疗方式。然而,开颅显微手术具有动脉瘤复发率低、手术费用低、血流重建方式成熟等优势,仍不能被取代。目前开颅手术治疗颅内动脉瘤面临诸多困境,包括:(1)患者更倾向于选择微创介入治疗方式,导致开颅手术量明显下降;(2)部分神经介入科医师无传统神经外科背景,对开颅手术的技术特点无深刻理解,治疗决策的全面性不足;(3)因手术量下降,神经外科住院医师无法完成正规颅内动脉瘤夹闭的手术培训,导致合格的脑血管外科医师数量进一步下降。此外,由于国内各地经济、文化及医师培训水平的差异,颅内动脉瘤开颅手术的指征与效果不尽相同,整体缺乏规范性指导。鉴于此,由我国神经外科和神经介入领域专家共同组成颅内动脉瘤显微手术治疗专家共识工作组,针对颅内动脉瘤开颅手术的治疗全流程进行讨论后形成本共识,以期为规范、合理地开展颅内动脉瘤的手术治疗提供指导性意见。

目标人群

本共识的目标人群为颅内动脉瘤患者,特别适合需行开颅手术或需综合评估介入治疗与开颅手术利弊的患者。实际使用者包括神经外科和神经介入科医师,以及医学院校和相关培训机构人员,以提升临床实践水平和教学质量。此外,医院管理者和政策制定者可参考本共识,优化院内操作规程和公共卫生政策的制定。应用场景涵盖具备神经专科的综合性医院、医疗培训机构和研究机构,以期在规范性指导下优化颅内动脉瘤的治疗效果,确保在不同地区和医院条件下制定合适的临床路径和政策。

检索、评价与分级证据

工作组系统检索 PubMed、Embase、Cochrane Library、中国知网、万方、维普网等数据库,检索时间段为 1988 年 1 月至 2024 年 6 月。采用 MeSH 主题词结合自由词的检索方式,MeSH 主题词包括颅内动脉瘤 (intracranial aneurysm)、显微手术 (microsurgery) 等,搭配相应的自由词包括脑动脉瘤 (brain aneurysm)、手术夹闭 (surgical clipping) 等。执笔专家组结合循证医学证据和相关专业意见,在颅内动脉瘤的流行病学、治疗方式的选择、手

术适应证、术前评估、麻醉管理、开颅夹闭治疗、血流重建治疗、复合手术应用、并发症处理及预后、护理与康复等方面形成初步推荐意见。2024 年 7 月,采用改良德尔菲法对编审专家组成员进行问卷调查。问卷内容主要为对每条推荐意见的评价,采用同意与不同意两个评估维度,并以统计同意率的方式量化专家推荐程度。同意率的计算公式为:同意推荐意见专家人数/总参评专家人数 $\times 100\%$ 。最终,本共识达成 9 个部分,共 62 条推荐意见,旨在为颅内动脉瘤的手术治疗提供规范化、科学合理的指导意见。

共识正文

一、流行病学

(一) 未破裂颅内动脉瘤 (unruptured intracranial aneurysm, UIA) 的流行病学特点

全球范围内,UIA 的总体患病率约为 3.2%^[1]。国内社区流行病学调查结果显示,35~75 岁人群的患病率约为 7%^[2]。近期一项研究通过 3.0 T 磁共振血管造影 (magnetic resonance angiography, MRA) 检查发现,40~84 岁人群中 2 mm 及以上颅内囊性动脉瘤的患病率为 6.6%^[3]。基于尸检的流行病学研究结果显示,全年龄段 UIA 的患病率为 0.3%~4.0%;破裂颅内动脉瘤 (ruptured intracranial aneurysm, RIA) 与 UIA 的总患病率为 1.3%~7.6%^[4]。

颅内动脉瘤发病高峰年龄段为 50~60 岁,女性发病率高于男性^[5-6]。少部分 UIA 的发生与多囊肾等遗传疾病相关,有家族聚集性表现;大部分 UIA 呈散发性,其中部分与特定基因型相关。除上述年龄、性别和基因等不可控因素外,高血压病、吸烟等可干预因素同样会增加颅内动脉瘤的患病风险^[7]。虽然 UIA 的发病率较高,但大部分 UIA 为小型 UIA (small UIA, sUIA)。多个国际 UIA 队列研究报道,颅内动脉瘤的平均最大径为 3.5~5.7 mm,大部分 UIA 最大径 < 5 mm^[3-8]。一项荟萃分析结果显示,大部分最大径 < 7 mm 的 UIA,年生长率小于 3%^[9]。脑动脉瘤生长风险评分 (ELAPSS 评分) 通过动脉瘤大小、形态、部位、患者种族、年龄、既往出血史 6 项指标评分评估动脉瘤的生长风险,不同动脉瘤的年生长率为 1.51%~22.7%^[10],动脉瘤越大,ELAPSS 评分越高,从而生长风险越高^[11]。但 sUIA 在随访过程中破裂的情况并不少见^[12],提示 sUIA 的破裂风险在目前的评价标准中可能被低估,因而,需要进一

步重视和研究其流行病学及病理生理特点。

(二) 颅内动脉瘤破裂的流行病学特点

动脉瘤性蛛网膜下腔出血(subarachnoid hemorrhage, SAH)是颅内动脉瘤破裂的主要临床表现,约占所有SAH的85%^[13]。动脉瘤性SAH的病死率很高,近年来,颅内动脉瘤的病死率呈轻度下降的趋势,可能与未破裂动脉瘤的提前干预有关。

颅内动脉瘤破裂与多种因素有关,包括先天因素,如年龄、性别、种族、家族史等;动脉瘤因素,如大小、位置、形态、短期增长等;以及合并症,包括高血压病、吸烟史等。多数颅内动脉瘤(50%~80%)终生不会破裂^[14]。芬兰和日本人群的颅内动脉瘤破裂发生率高于其他地区人群^[15]。国际未破裂颅内动脉瘤研究(international study of unruptured intracranial aneurysms, ISUIA)和日本的未破裂颅内动脉瘤研究(unruptured cerebral aneurysm study, UCAS)分别建立了动脉瘤破裂预测模型,将动脉瘤最大径>7 mm,位于前、后交通动脉,合并高血压病,多发动脉瘤及伴有子瘤等,作为动脉瘤破裂的危险因素^[8, 16-17]。UCAS的结果显示,3 mm及以上的颅内动脉瘤的年破裂率为0.95%^[8];3 mm及以下的UIA破裂风险极低,但仍存在风险^[9]。小型颅内未破裂动脉瘤验证研究(small unruptured intracranial aneurysm verification study, SUAVe)结果显示,最大径<5 mm的UIA的年破裂率为0.54%,瘤颈宽度≥4 mm、年龄<50岁、高血压病和多发动脉瘤的患者更易发生动脉瘤破裂^[18]。近期发生增长的UIA的年破裂率(3.1%)高于稳定的UIA(0.1%)^[17]。一项纳入6个前瞻性队列研究的荟萃分析结果显示,颅内动脉瘤患者的1年破裂率为1.4%,5年破裂率为3.4%。该研究建议使用PHASES评分,即通过种族、高血压病史、年龄、动脉瘤大小、既往动脉瘤破裂史及动脉瘤部位等指标,评估UIA破裂风险;PHASES评分<3分的患者动脉瘤破裂的风险较低^[19]。

但上述模型或评分可能均低估了sUIA的破裂风险。Webb等^[20]收集246例最大径为(5.5±3.1) mm的RIA患者资料,进行破裂风险预测,PHASES评分预计的年破裂率为(0.32±0.004)%,ISUIA模型为(0.46±0.008)%,UCAS模型为(0.93±0.01)%,均属于破裂风险较低的动脉瘤。

近年来,高分辨核磁瘤壁成像技术以及多种生物学标志物已被应用于颅内动脉瘤破裂风险的评估^[21-23]。人工智能技术也越来越多地被运用于颅

内动脉瘤破裂风险的预测,机器学习分类器能同时分析大量变量,并处理逻辑回归不能处理的非线性变量^[24-25],展现出了比传统Logistic回归分析模型更高的预测效率。

目前,动脉瘤性SAH的院前和发病30 d内的病死率高达8.3%和43%^[26-27]。一项荟萃分析结果显示,1999—2002年间,动脉瘤性SAH患者的90 d内病死率为39%,2009—2012年间降至30%,其主要原因是对该疾病认知的加深和治疗策略的不断完善^[28]。再破裂是影响动脉瘤性SAH患者预后的主要因素。再出血主要发生在发病72 h内,其中50%~90%发生在6 h内^[29]。临床评分低、动脉瘤较大和高血压是再破裂的危险因素,再破裂后患者的病死率为20%~60%^[29]。

序号	专家共识:流行病学	同意率(%)
1	颅内动脉瘤的患病率较高,为3%~7%,发病高峰年龄为50~60岁,女性多见。少部分发病与基因及相关综合征有关,大部分为散发病例	100
2	多种因素与动脉瘤的发生、发展以及破裂相关,其中已知的可控因素包括高血压、吸烟与饮酒	100
3	高分辨核磁瘤壁成像技术能够有效评估瘤壁炎症改变情况,可作为评估UIA稳定性的新指标	97
4	sUIA的生长破裂风险可能被低估,需要开展高循证医学证据级别的研究提供进一步的信息	94
5	人工智能的应用可能提高动脉瘤破裂风险预测的准确性	100
6	颅内动脉瘤破裂后病死率高,再次破裂多发生在首次破裂后的72 h内	100

二、颅内动脉瘤治疗方式的选择和手术适应证
颅内动脉瘤的治疗方式包括观察随访、显微手术、血管内介入手术和复合手术等。RIA与UIA的治疗策略明显不同。

出血后早期干预是挽救RIA患者生命的关键。早期有效治疗能够降低再出血风险,并有利于迟发性脑缺血的预防与治疗。无论采用何种治疗方式,应在条件许可的情况下早期完全闭塞动脉瘤。

国际蛛网膜下腔动脉瘤试验(international subarachnoid aneurysm trial, ISAT)对血管内介入弹簧圈栓塞和开颅夹闭手术均适合的RIA患者进行随机分组治疗,1年随访结果显示,弹簧圈栓塞组的病死率和功能预后均优于开颅夹闭,但中期随访



发现弹簧圈栓塞组再治疗率高于手术夹闭组^[30]。ISAT 中,英国患者队列的 10 年长期随访结果显示,弹簧圈栓塞组和开颅夹闭组患者的神经功能良好率无差异,改良 Rankin 量表(modified Rankin scale, mRS)为 0~2 分患者的比例分别为 82% 和 78% ($OR=1.25, 95\%CI: 0.92\sim 1.71$);患者生存率存在差异,弹簧圈栓塞组和开颅夹闭组患者的生存率分别为 83% 和 79%,差异有统计学意义 ($OR=1.35, 95\%CI: 1.06\sim 1.73$);此外,弹簧圈栓塞组术后 10 年存活且功能独立(mRS 为 0~2 分)的患者比例更高 ($OR=1.34, 95\%CI: 1.07\sim 1.67$);但弹簧圈栓塞组的再出血率明显高于开颅夹闭组^[31]。

Barrow 破裂动脉瘤试验 (Barrow ruptured aneurysm trial, BRAT) 为前瞻性单中心对照研究,患者的治疗方案由介入和外科手术专家讨论后决定。BRAT 结果同样发现术后 1 年弹簧圈栓塞组的患者预后更佳,但在 3 年和 6 年长期随访时两组预后无差异。长期随访结果显示,弹簧圈栓塞组的再出血率略高而开颅夹闭组的癫痫发生率更高^[32-33]。

年龄方面,目前研究尚无充分证据表明高龄患者采用介入治疗预后更佳。ISAT 的亚组分析结果显示,65 岁以上患者的预后,受动脉瘤位置和治疗方式的双重影响^[34]。颈内动脉和后交通动脉瘤采用栓塞治疗的预后更好,而大脑中动脉瘤则采用夹闭的方式预后更好^[34]。对于年轻患者,ISAT 研究结果显示,50 岁以下患者采用弹簧圈栓塞或开颅手术的安全性差异不大 50 岁以下患者采用弹簧圈栓塞差异较少^[34]。40 岁以下患者采用开颅夹闭可能获得更大的远期获益^[35]。

后循环破裂动脉瘤行弹簧圈栓塞治疗的术后 1 年及长期病死率和致残率,均优于开颅夹闭^[31, 36]。伴明显颅内血肿的动脉瘤性蛛网膜下腔出血,开颅夹闭联合血肿清除能明显降低患者的病死率^[37]。

UIA 的治疗中,选择合理的手术时机极为重要,应当权衡治疗风险和动脉瘤破裂风险。未破裂颅内动脉瘤治疗评分可帮助权衡手术风险与动脉瘤自然病程进展的风险^[38]。

对于常规治疗困难的复杂颅内动脉瘤,外科血流重建仍是一项重要且可靠的治疗手段。Tayebi 等^[39]分析了 30 例接受旁路手术治疗的复杂大脑中动脉动脉瘤病例,桥血管通畅率达 90%,无患者死亡,90% 患者的症状改善或无恶化。

接受保守治疗的患者应定期接受 MRA 或 CT 血管造影 (computed tomography angiography, CTA)

检查随访,目前尚未见针对理想随访周期的研究。Brown 等^[40]通过分析多项动脉瘤生长与破裂风险相关研究后提出,在诊断 UIA 后的最初 3 年,应每年复查 MRA 或 CTA;对于前期随访稳定的 2~3 mm UIA 患者可适当延长随访问隔时间。

序号	专家共识:治疗方式选择和手术适应证	同意率 (%)
7	破裂颅内动脉瘤应在条件允许的情况下尽早治疗,72 h 内早期治疗是合理的。有条件的单位可争取在发病 24 h 内治疗	100
8	破裂颅内动脉瘤的治疗决策中应充分评估各种治疗方式的优缺点。结合不同单位的治疗专长与水平,选择相对安全有效的方式,尽可能完全闭塞动脉瘤	100
9	整体而言,颅内动脉瘤患者接受介入治疗后短期生存率 and 功能障碍率优于开颅显微手术,但长期效果两者无差异;单纯弹簧圈栓塞治疗的动脉瘤复发率高于开颅夹闭	97
10	对于伴明显颅内血肿的患者,开颅显微手术中可同时清除血肿,有利于控制颅内压	100
11	对未破裂颅内动脉瘤进行干预治疗的决策,应在充分评估治疗风险和动脉瘤自然破裂风险后做出。应充分比较介入治疗和开颅显微手术的风险与获益,当介入治疗难度与风险明显过高时,应考虑开颅显微手术,包括动脉瘤夹闭和血流重建治疗	100
12	在发现 UIA 的前 3 年,保守观察患者建议每年复查一次头颅 CTA 或 MRA;如果动脉瘤情况稳定,可适当延长随访问隔,但仍需定期复查	100
13	外科手术容易暴露的动脉瘤,如大脑中动脉动脉瘤、小脑后下动脉远端动脉瘤,选择开颅夹闭手术是合理的	97

三、术前评估

术前评估对制定颅内动脉瘤个体化治疗方案至关重要,评估内容包括患者的一般情况、发病特征、实验室检查及影像学检查。

(一)一般情况的评估

RIA 患者的一般情况对治疗方案和临床结局具有重要影响。对于被诊断为动脉瘤性 SAH 的 RIA 患者,必须同时评估其病情的严重程度,包括评估患者入院时的神经功能状态,并行 CT 检查评估出血量。Hunt-Hess 分级和世界神经外科医师联盟 (World Federation of Neurological Surgeons,

WFNS) 分级, 已被证实有助于预测 SAH 患者的临床疗效^[41-42]。结合影像学(如 Fisher 分级)及临床表现的综合量表, 如 VASOGRADE、HAIR、SAHIT 和 SAH 评分等, 有助于预测临床结局, 并协助医疗团队标准化评估出血的严重程度, 从而制定合适的治疗策略^[43]。

高级别 SAH 患者的管理仍然是巨大的挑战。多数文献将高级别 SAH 定义为临床 Hunt-Hess 分级 4~5 级或 WFNS 分级 4~5 级。开颅夹闭手术的决策应基于对患者的全面评估。通常情况下, 开颅夹闭手术更适合于 <40 岁、Hunt-Hess 分级 ≤3 级的 RIA 患者^[44]。高 Fisher 分级或 Hunt-Hess 分级, 存在载瘤动脉痉挛、迟发性脑缺血等的患者, 在各种因素相互影响下, 常合并脑积水、脑梗死等相关并发症, 这些并发症可能导致神经功能障碍进一步恶化, 甚至死亡^[43, 45]。高级别 SAH 且合并不可恢复性脑损伤的患者预后较差, 动脉瘤治疗的获益有限。对此类患者, 多学科医学和危重症护理管理至关重要^[46-47]。

(二) 发病情况的评估

多数 UIA 患者(约 90%)无明显症状和体征, 常在健康体检或因其他原因行头部影像学检查时偶然发现^[11, 48-49]。动脉瘤性 SAH 家族史、合并主动脉病变、常染色体显性遗传的多囊性肾患者群体的 UIA 检出率相对更高^[50-52]。少数 UIA 患者由于动脉瘤影响邻近神经或脑结构而产生临床表现, 较常见的症状包括慢性头痛、头晕、眼部疼痛、眼睑下垂、视力障碍、复视、癫痫等。部分动脉瘤破裂前有突然扩张或局部少量漏血的过程, 其中, 动眼神经麻痹是后交通动脉动脉瘤最有定侧和定位意义的先兆破裂症状。大型动脉瘤可引起占位效应, 出现头痛、恶心、呕吐等类颅内高压症状。

多数颅内动脉瘤(80%~90%)以 SAH 为首发表现, 主要症状为: (1) 出血引起的局灶性神经症状: SAH 可引起脑膜刺激征, 表现为颈项强直和克尼格征阳性。大脑前动脉动脉瘤出血通常侵犯额叶, 可导致视力障碍、眼底出血(Terson 征), 严重者可出现痴呆、记忆力下降、大小便失禁、偏瘫和失语等症状。大脑中动脉动脉瘤出血通常引起额颞叶血肿, 常表现为偏瘫、偏盲、失语和海马沟回疝等症状。后交通动脉动脉瘤破裂出血时, 可出现同侧动眼神经麻痹等表现。(2) 全身性症状: ① 血压升高: 发病后患者血压常突然升高, 部分患者表现为严重高血压, 收缩压 >180 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa); ② 感

染性和非感染性原因导致的发热, 包括中枢性发热; ③ 脑心综合征: 发病后 1~2 d 出现一过性高血压、意识障碍、呼吸困难、急性肺水肿、癫痫, 严重者可出现急性心肌梗死(多于发病后 1 周内发生); ④ 多器官功能衰竭, 如急性呼吸窘迫综合征等。(3) 特殊表现: 某些部位的动脉瘤可出现一些特殊表现。例如, 颈内动脉动脉瘤或前交通动脉动脉瘤可压迫视神经、垂体等结构, 出现头痛、双颞侧偏盲、肢端肥大、垂体功能低下等类鞍区肿瘤的表现。少数病例表现为短暂性脑缺血发作; 少数患者在动脉瘤破裂出血后, 由于脑血管痉挛、脑组织损伤等因素, 可出现急性精神障碍, 表现为急性精神错乱、定向力障碍、兴奋、幻觉、语无伦次及暴躁行为等。

(三) 实验室检查

UIA 的发生与高脂血症、空腹血糖水平异常等因素有关^[50-52], 患者外周血中油酸、花生四烯酸、IL-1 β 和肿瘤坏死因子- α 可能是评估 UIA 不稳定事件的预测因素^[53]。急性期动脉瘤性 SAH 患者常处于轻度的高凝状态, 血栓弹力图能帮助判断患者的凝血功能。然而, 抗纤溶药物治疗是否能改善患者神经功能预后仍有争议^[54]。肌钙蛋白升高、脑利尿钠肽升高均与 SAH 后迟发性脑缺血(delayed cerebral ischemia, DCI)、预后不良及死亡相关^[55]。

低钠血症是 RIA 后最常见的电解质异常。一项大型回顾性研究结果显示, 56% 的 SAH 住院患者出现低钠血症^[56]。SAH 后低钠血症的病因多样, 包括抗利尿激素分泌失调综合征、脑盐消耗综合征、急性促肾上腺皮质激素或糖皮质激素缺乏综合征、医源性体液超负荷和利尿剂治疗综合征等。低钠血症出现后, 患者血容量降低, 可导致症状性脑血管痉挛, 加重脑水肿、升高颅内压、增加癫痫发作风险和神经损害程度, 必须针对病因进行适当治疗, 以恢复血钠水平。另一方面, RIA 患者常需高渗溶液控制颅高压, 也可能引起血钠升高。高钠血症与发病三个月时不良预后相关^[57-58]。同时, 约 30% 无糖尿病史的动脉瘤性 SAH 患者出现血糖升高, 目前证据显示, 控制 RIA 患者空腹血糖 <7.8 mmol/L, 同时避免血糖过低, 可以改善预后^[55, 59]。

(四) 影像学检查

CT、MRI 和数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA) 是颅内动脉瘤术前影像学评估的主要手段。头颅 CT 是诊断动脉瘤性 SAH 的首选影像学检查。近年来, CTA 和 MRA 等无创血管成像技术的质量和空间分辨率均明显提

高,已成为颅内动脉瘤的常规筛查工具。高分辨MRA等影像学技术能够为动脉瘤壁和载瘤动脉血管壁提供更为全面的评估。DSA及三维重建图像目前仍是诊断颅内动脉瘤的“金标准”。

1. 头颅CT:头颅CT是诊断SAH最重要的检查,在出血12h内的检出灵敏度为98%~100%;出血24h时灵敏度降至93%,而出血6d后灵敏度仅57%~85%。因此,对于可疑SAH患者,应在症状出现后立即进行CT检查。此外,CT可显示大型动脉瘤腔内血栓信号,并可发现伴钙化的动脉瘤壁粥样斑块。根据形成时间不同,薄层CT图像中动脉瘤腔内血栓的密度有多种表现^[43, 60-61]。CT还可用于评估脑积水、脑实质损伤等并发症。

2. 头颅MRI平扫:与CT检查相比,在诊断急性颅内出血方面无优势。一般用于大、巨型颅内动脉瘤的评估,以显示瘤内血栓、动脉瘤与邻近神经血管的关系^[62]。

3. 头颅CTA:CTA能快速、便捷获取动脉瘤的形态、位置等数据。有研究报道CTA诊断2mm动脉瘤的灵敏度为53%^[63],总体动脉瘤的检出灵敏度为93.3%,特异度为87.8%^[64],但检测颅底附近的小型动脉瘤(2mm)的灵敏度和特异度仍低于DSA^[65]。CTA可用于快速规划开颅夹闭手术,对于病情危急需要紧急手术的患者,也可通过CTA明确诊断后直接手术。CTA与DSA相比,能更好地显示瘤壁钙化、瘤内血栓及动脉瘤与血肿之间的解剖关系,此外,可提供额外的解剖信息(动脉瘤周围骨结构、动脉瘤与硬脑膜的关系等)^[66]。由于CTA存在一定的假阳性和假阴性率,目前仍无法完全取代DSA,通常作为DSA的补充手段。有研究报道,四维CTA可提供与DSA基本一致的空间和血液动力学数据^[67]。虽然CTA导致的脑卒中风险较低,但仍可能有造影剂过敏等不良反应。CTA也存在一些局限性,如对成像时间要求较高,静脉重叠可能干扰成像结果,以及不适用于严重心功能不全的患者。

4. MRA:MRA有助于筛查和随访。三维时间飞跃法(three dimensional time of flight, 3D-TOF)MRA对于最大径 ≥ 6 mm的动脉瘤的检出灵敏度可达100%,但随着动脉瘤最大径的减小,灵敏度逐渐下降,对最大径为5、4、3和2mm的动脉瘤的检出灵敏度分别为87.5%、68.2%、60%和55.6%^[68]。三维增强MRA对动脉瘤检出灵敏度可能优于检出3D-TOF MRA^[69]。使用3.0 T和7.0 T的3D-TOF MRA可改善动脉瘤形态和与分支血管关系的成像。

但MRA空间分辨率低于高排数CTA,在血液缓慢流动的区域会受到信号损失的影响,形成慢流伪影。

5. 高分辨血管壁磁共振成像(vessel wall magnetic resonance imaging, VW-MRI):高分辨VW-MRI具有高信噪比和空间分辨率等优点,可有效避免流动血液及脑脊液显像干扰,充分显示血管壁特征。具有灵敏度高、成像时间相对较短(4~10 min)等优势,部分序列无需特殊造影剂,已广泛应用于预测动脉瘤稳定性及破裂风险^[21, 70-71]。而且,有研究报道高分辨VW-MRI还可用于评估动脉瘤壁、载瘤动脉斑块和血管重构指数,用于追踪术后缺血事件,帮助制定个体化的治疗方案^[72-73]。但由于动脉瘤内可能存在慢速血流,需要通过注射钆造影剂或改变扫描层面方向,从而与附壁血栓进行鉴别。

6. DSA:DSA通过选择性地将造影剂注入颅内动脉,以显示动脉瘤,是诊断颅内动脉瘤的“金标准”。但DSA为有创检查,存在一定的手术风险,DSA导致的脑卒中发生率为0.07%~0.5%^[74],且患者需要住院观察,因此,DSA不作为常规筛查方法,而是作为其他影像学检查结果不明确时,或需要进行介入治疗前的重要评估方法。与静脉注射相比,动脉内注射造影剂可能增加造影剂肾病的风险,因此,术前需要充分评估患者的肾功能,并采取积极的肾脏保护措施,包括充分水化、选择合适的造影剂类型和用量等。DSA三维重建技术允许虚拟图像在任何方向上旋转,使神经外科医师和影像科医师能够评估动脉瘤的特定解剖特征,包括动脉瘤瘤颈宽度、动脉瘤与载瘤动脉及分支血管的关系等,并可通过球囊闭塞试验评估载瘤动脉闭塞后的侧支循环代偿能力^[43]。常规DSA和三维重建技术都只能显示动脉瘤的未闭管腔,无法显示重度钙化的瘤壁或腔内血栓,需要额外进行CT和MRI检查补充相关信息。

7. 其他影像学检查方法:CT血管灌注成像(computed tomography perfusion, CTP)等脑血管灌注技术,通过快速连续扫描,采集造影剂在脑组织中动态分布的数据,生成每个像素的时间-衰减曲线,然后通过软件处理相关数据,获得脑血容量、脑血流量、平均通过时间、达峰时间、渗透图等信息,可用于评估脑组织血流灌注情况,从而在术前判断患者对临时阻断载瘤动脉的耐受能力^[43]。此外,CTP还可用于评估动脉瘤周围脑组织的血流灌注情况,例如评估动脉瘤破裂后引起脑血管痉挛或缺

血等并发症的可能性^[75-76]。

序号	专家共识:术前评估	同意率 (%)
14	应用 Hunt-Hess 或 WFNS 分级对 RIA 患者的临床状态进行评估,可帮助确定显微手术适应证和制定夹闭治疗策略	97
15	CTA 或高场强 3D-TOF MRA (≥ 3.0 T) 可作为颅内动脉瘤的筛查手段。高排数 CTA 有助于评估颅底骨质、硬脑膜与动脉瘤之间的毗邻关系,协助手术方案的制定	97
16	高分辨 VW-MRI 显示的瘤壁强化形式、载瘤动脉重构指数以及附壁血栓信号,有助于术者判断动脉瘤夹闭的难度以及采取预防性建立血管旁路的必要性,对减少术后不良事件具有重要意义	100
17	DSA 是诊断颅内动脉瘤的“金标准”,对最大径 <3 mm 的动脉瘤及其周围小血管的显影灵敏度较高。推荐对确诊的动脉瘤进行 DSA 三维重建检查,以充分评估形态、位置、载瘤动脉条件	94

四、麻醉管理

颅内动脉瘤手术麻醉的核心是维持血流动力学与内环境稳定,精准控制动脉瘤跨壁压(transmural pressure, TMP),即动脉瘤囊内压力与周围脑组织压力之差,避免脑血管痉挛、延迟性脑缺血、神经功能损伤等相关并发症,改善患者临床预后,促进患者快速康复。

(一)麻醉药物与方式选择

在颅内动脉瘤夹闭术中,电生理监测逐渐普及,由于运动诱发电位(motor evoked potential, MEP)易受吸入性麻醉药物和肌松药物的影响,术中常采用全凭静脉麻醉(如丙泊酚联合瑞芬太尼)以进行 MEP 监测。若需使用肌松药物,应谨慎使用并进行肌松监测;如不使用肌松药物,应需维持足够的麻醉深度(如调整瑞芬太尼剂量)以避免术中躯体活动;体感诱发电位(somatosensory evoked potential, SSEP)监测受肌松药物的影响较小,可作为 MEP 的补充。应用头皮神经阻滞或局部浸润麻醉联合全身麻醉的复合麻醉能够减轻炎症反应,有效减少麻醉药物剂量,优化术后疼痛管理,减少术后并发症^[77-78]。术中应进行多模式麻醉深度监测,如监测脑电双频谱指数、熵值等,以指导麻醉药物的调整,维持合适的麻醉深度,减少术后认知功能障碍的发生。

(二)TMP、脑灌注压与颅内压的管理

动脉瘤夹闭前维持适宜的 TMP,手术全程维持

脑灌注压是颅内动脉瘤麻醉管理的重点内容。夹闭前,应避免 TMP 过高导致动脉瘤破裂,夹闭后则需关注 TMP 的变化对远端血流的影响。术中应维持脑灌注压在合理范围(通常为 60~70 mmHg),以保证脑组织有效灌注。动脉瘤性 SAH 发生后,患者颅内压升高的同时血压升高,暂时的平衡使得出血暂时停止。任何使颅内压急剧下降或血压急升的操作均会导致再出血风险的增加,过高的血压也会增加 UIA 的破裂风险。因此,全身麻醉诱导过程中,应避免血压急性升高,气管插管时应保证足够麻醉深度与良好肌松,根据需要静脉注射芬太尼、舒芬太尼或利多卡因等抑制交感神经反应;必要时可借助血管活性药物预防应激性高血压反应。较低的颅内压有利于夹闭手术的实施,但应避免颅内压快速下降,常用的控制颅内高压的方法包括给予渗透性脱水(如甘露醇)、袢利尿剂(如呋塞米)、适当抬高头位、加深麻醉、过度通气及限制性输液等。临床医师应根据患者的具体情况,综合考虑各种方法的优缺点,选择合适的降颅内压策略。在实施限制性输液策略时,应密切监测患者的血流动力学指标(如中心静脉压、脉搏变异度等),以避免容量不足导致脑灌注压下降。应避免大量补充低渗溶液引起脑水肿,使颅内压控制更为困难。

(三)围手术期血压管理

应针对手术不同阶段采取对应的血压管理措施。有研究报道,麻醉诱导时收缩压明显升高,术中低血压等,与术后神经功能恶化相关。美国动脉瘤性 SAH 治疗指南推荐,颅内动脉瘤夹闭前宜维持收缩压 <160 ^[79];欧洲颅内动脉瘤与动脉瘤性 SAH 指南建议,对于未治疗的动脉瘤患者,如收缩压 >180 mmHg 应考虑降压治疗,宜维持平均动脉压(mean arterial pressure, MAP) >90 mmHg,且不应低于患者的基础血压水平^[80]。目前血压维持的最佳区间仍缺乏统一标注,应根据患者的具体情况进行个体化调整。建议使用目标导向容量管理,以维持患者正常血容量,按照容量-血压-每搏量指数流程管理患者血流动力学。术前维持收缩压 <160 mmHg, MAP >60 mmHg(或不低于患者基础血压,特别是对于高血压患者)是相对合理的。对于未治疗的动脉瘤患者,如收缩压 >180 mmHg 应考虑降压治疗。

术前合并高血压的动脉瘤患者脑血管自动调节能力下降,血压波动较大,一方面容易导致动脉瘤破裂;另一方面对术中使用临时阻断和控制性降



压技术的耐受能力不足,导致术后缺血风险增加。对于高血压控制良好的患者,术中血压不应高于患者的基础血压。对于高血压控制不佳的患者,术中推荐将收缩压控制在<160 mmHg(或根据患者基础血压进行个体化调整)。

对于夹闭困难的巨大颅内动脉瘤或术中动脉瘤破裂,控制性降压有利于夹闭的实施,常用方法包括给予腺苷和快速心室起搏,但需警惕过度降压可能导致的器官缺血。深低温停循环也可实现控制性降压,但深低温停循环通常用于更复杂的心血管手术,在单纯颅内动脉瘤手术中应用相对罕见,且风险较高^[81]。上述操作均具有风险,相关麻醉人员应具备丰富的操作经验,并充分准备心脏起搏设备后方可实施。控制性降压技术应充分权衡利弊后实施。

有研究表明,动脉瘤夹闭后,参考基础血压、脑灌注监测及重要器官功能等指标,适当提高MAP(高于基础血压值的20%)有助于改善患者预后。应尽可能避免低血压的发生,一旦识别低血压需立即予以纠正。目标血压区间及血管活性药物的选择尚缺乏统一标准,现有证据提示,与去氧肾上腺素相比,使用麻黄碱效果可能更佳,不过未来仍需更多循证学证据支持^[82]。术中应进行连续有创动脉血压监测,并结合其他血流动力学监测手段(如中心静脉压、脉搏压变异度、心排量等)进行综合评估,以更好地指导血压管理。

序号	专家共识:麻醉管理	同意率 (%)
18	颅内动脉瘤夹闭术中若行MEP监测,推荐术中使用全凭静脉麻醉维持,在谨慎应用肌松药物的同时,行肌松监测;应保证足够麻醉深度(相对高剂量的瑞芬太尼)以避免躯体活动	100
19	全身麻醉复合头颈神经阻滞或局部浸润麻醉,有助于维持血流动力学稳定,减少全身麻醉药物使用剂量,优化患者术后疼痛管理	100
20	全身麻醉诱导过程中应避免血压急性升高,气管插管时应保证足够麻醉深度与良好肌松,可使用芬太尼、舒芬太尼或多卡因抑制交感神经反应;必要时可借助血管活性药物以预防应激性高血压反应	100
21	较低的颅内压有利于夹闭手术的实施,但应避免颅内压快速下降;避免因补充大量低渗溶液而导致的颅内压控制困难	97

续表

序号	专家共识:麻醉管理	同意率 (%)
22	麻醉全程应维持正常脑灌注压,避免过度灌注相关的再出血及灌注不足导致的继发性脑缺血;动脉瘤夹闭前维持的最佳血压水平尚缺乏高等级循证学证据支持,现有证据推荐维持收缩压>160 mmHg, MAP>90 mmHg	100
23	合并高血压病的动脉瘤患者脑血管自动调节能力下降,对于血压控制良好的患者,推荐术中血压不高于患者基础血压;对于高血压控制不佳的患者,术中推荐控制收缩压<160 mmHg	100
24	颅内动脉瘤夹闭后,推荐参考基础血压、脑灌注压监测情况及重要器官功能等指标,适当提高血压以保障脑组织灌注,避免出现低血压,现有证据提示收缩压维持在140~150 mmHg是相对合理的,麻黄碱可能比去氧肾上腺素效果更佳	94

五、颅内动脉瘤的开颅夹闭治疗

(一)动脉瘤的术中暴露

根据动脉瘤所在位置选择对应的手术入路,包括经典的翼点入路、眶上外侧入路、经纵裂入路、颞下入路、枕下外侧入路等。锁孔入路具有创伤小、术后恢复快等优势^[83-87]。但由于暴露空间相对有限,对于脑组织肿胀明显、术中需要较大操作空间,或需要处理多发动脉瘤的破裂动脉瘤病例,传统的开放手术入路可能更为合适^[88]。

充分的脑松弛能够减少动脉瘤暴露过程中对脑组织的牵拉^[89-90]。脑松弛技术包括合理的手术体位(如避免颈部过屈或过伸,头部高于心脏水平10°~15°及利用重力牵拉等)、利用脱水药物(如甘露醇和呋塞米等)、脑脊液引流(如腰椎穿刺、脑室穿刺、术中脑池开放等)^[91-97]、脑血流灌注调整(如谨慎合理采用过度通气降低血碳酸水平、减少脑血管扩张等)和内减压等(清除血肿或切除部分脑组织)。动脉瘤性SAH患者发病后颅内压升高并非腰椎穿刺引流的禁忌证。全身麻醉后放置引流,打开硬膜后释放,能够减少动脉瘤再破裂和脑疝的风险。充分引流不仅有助于松弛脑组织,更有利于降低脑血管痉挛和迟发性脑缺血的发生率。术中应耐心逐步释放脑池脑脊液,待颅内压充分下降后再行进一步操作。终板造瘘或终板造瘘联合Liliequist膜造瘘可帮助降低术中颅内压^[94, 96-97],但荟萃分析结果显示,终板造瘘并不能减少RIA术后分流依赖性脑积水的发生^[95]。伴颅内血肿的RIA



可避开功能区,先行皮层造瘘清除部分血肿,以达到脑松弛目的。

总体而言,动脉瘤的暴露应遵循从近端向远端探查载瘤动脉的方法。分离动脉瘤过程中,应在显微镜下使用精细显微器械锐性切割蛛网膜,并避免过度牵拉和粗暴操作,以最大程度地减少分离导致的动脉瘤破裂风险^[98]。尽可能充分解剖暴露动脉瘤、近端和远端载瘤动脉以及周围重要神经血管结构,避免夹闭时误夹正常血管。例如,夹闭前交通动脉瘤时,可在必要时切除嗅束内侧的部分直回以暴露前交通复合体、双侧 A1 与 A2^[99]。夹闭前,瘤颈周围使用钝性器械进行探查游离,以确保动脉瘤夹能顺利通过。

(二) 血流控制与脑保护技术

充分的血流控制是安全夹闭动脉瘤的必要保障,可降低动脉瘤张力进而降低术中破裂风险;便于动脉瘤体塑形,减少动脉瘤夹施破裂时的出血量,并保持术野清晰。常用的临时阻断技术包括临时阻断夹阻断、血管内球囊阻断逆向抽吸技术和颈部暴露逆向抽吸技术(Dallas 技术)。后二者多用于近端载瘤动脉临时阻断夹不可及的情况下,大型床突旁动脉瘤夹闭时的近端控制。有荟萃分析结果显示,Dallas 技术的并发症发生率较低^[100]。患者能够耐受临时阻断的最长时间,受侧支代偿能力、临时阻断部位、是否存在脑血管痉挛以及有否脑保护措施等情况影响。因此,无标准的临时阻断时间,必须结合术中神经电生理监测、脑血流监测等手段,根据具体情况个体化决定。术前球囊闭塞试验和压颈试验能够帮助了解患者术中对临时阻断的耐受情况,但结果仅供参考,完善的术中监测手段仍十分必要。

对于预计临时阻断时间超过 10 min 的患者,应积极采取脑保护措施以降低围手术期缺血事件发生,包括静脉给予脑保护剂(如硫喷妥钠、依托咪酯、丙泊酚等)至脑电图出现爆发抑制^[101]。即便如此,若阻断时间 > 20 min 且无代偿血流,患者通常无法耐受^[102],预计阻断时间较长者,可采用间断临时阻断的方法或改用其他血流控制手段。使用甘露醇、钙通道阻滞剂、自由基清除剂、激素等作为脑保护剂缺乏循证医学证据。术中亚低温对脑缺血的保护作用在各级动脉瘤性 SAH 患者中均未被证实有效^[42,103],但深度低温(中心体温降至 18 °C)联合循环暂停仍被应用于预计短时间临时阻断无法完全夹闭的巨大动脉瘤^[104-105]。临时阻断后控制性提

升血压至基线水平上 10%~20%,或采用高血容量的疗法,也尚未被循证医学证据证实有效^[106]。

术中 MAP 降低 50% 与不良预后有关,且有损伤其他器官的风险,因而控制性低血压几乎不再被使用^[107-108]。对于术中动脉瘤破裂的患者,在其他止血措施无效的紧急情况下,可谨慎实行系统性降压(维持 MAP 在 50~60 mmHg),为控制出血创造时机。此操作具有风险,需密切监测患者的血流动力学和重要器官功能。对于近端载瘤动脉无法暴露的动脉瘤或动脉瘤术中破裂临时阻断无效的患者,腺苷诱导暂时性心脏停搏可作为最后的选择,以达到血流控制目的。但该方法禁用于有冠状动脉疾病、心律失常和反应性气道疾病病史的患者^[109-110]。一种新技术通过快速心室起搏诱发室性心动过速,达到降低心输出量而控制瘤壁张力的效果,通常用于其他方法无效的紧急情况,与腺苷诱导的暂时性停搏相比更具可控性,但需要经验丰富的团队支持,且心脏基础疾病仍是禁忌证^[111-112]。

(三) 动脉瘤暴露后的治疗选择

动脉瘤暴露后的外科处理方式包括动脉瘤夹闭、切除、包裹、孤立和血管重建治疗。夹闭术中,利用动脉瘤夹封闭瘤颈,使瘤体与载瘤动脉隔绝,是最简单有效的方法。大部分囊性动脉瘤可通过此方式治疗,部分动脉瘤因瘤体大小、形态、瘤颈斑块等因素须采取多枚动脉瘤夹组合夹闭^[113],包括采用开窗夹、串联夹闭、开窗管技术等方式,多数患者可取得良好的效果^[114-116]。应根据动脉瘤的具体情况选择合适的多夹技术,以达到最佳的夹闭效果。大型血栓性动脉瘤难以直接夹闭者,可临时阻断载瘤动脉并切开瘤体清除血栓,随后再使用动脉瘤夹或显微缝线塑形瘤颈^[117-119]。弹簧圈栓塞术后复发者,若弹簧圈阻塞瘤颈导致无法夹闭,亦可切开取出。对于涉及多个分支或无明显瘤颈的巨大、梭形或夹层动脉瘤,不适合直接夹闭,应根据患者的具体情况和动脉瘤的特点,综合评估各种治疗方法的风险和获益,选择个体化的治疗方案。可行动脉瘤切除、孤立、远端或近端载瘤动脉阻断,根据远端血流代偿情况,联合或不联合血流重建的方式进行治疗^[120-121]。对于其他治疗方法无法实施或风险极高的动脉瘤,应采取包裹术姑息治疗,常用自体肌肉或筋膜包绕加固动脉瘤壁,并以动脉瘤夹或生物胶固定。既往研究报道了 60 例采取单纯包裹治疗的破裂动脉瘤患者的 10 年随访结果,术后半年内出血率为 8.6%,10 年内年出血率为 1.5%^[122-123]。



其效果虽不及夹闭术,但年出血率低于自然病程的破裂动脉瘤^[122-123]。

(四)术中动脉瘤破裂的预防和处理

术中动脉瘤破裂(intraoperative aneurysm rupture, IAR)在夹闭手术中的发生率为6.0%~27.5%^[124-128],病死率约为30%^[126]。IAR可发生于从麻醉到动脉瘤完全夹闭的手术各阶段:(1)动脉瘤和近端载瘤动脉暴露前:较少见,但通常预后不良。原因包括麻醉诱导过程中的疼痛刺激^[127],开颅过程中的震动,及打开硬膜时内外压力变化等^[122];(2)动脉瘤暴露过程中:原因包括过分牵拉与动脉瘤紧密粘连的脑叶、过度清除血肿导致瘤壁压力不稳,以及钝性撕扯蛛网膜造成瘤颈撕裂等^[128];(3)动脉瘤夹闭中:主要原因是动脉瘤周围结构暴露欠佳,当动脉瘤夹伸入瘤颈时对周围结构造成钝性牵拉,或叶片刺破背面不可见的动脉瘤分叶,以及动脉瘤夹叶片过短或被瘤颈斑块阻挡,导致动脉瘤夹闭不全的同时瘤内压力急剧升高^[129]。

RIA患者更易发生IAR^[124],M1段过短和中动脉瘤破裂口靠近蝶骨嵴亦是IAR的危险因素^[127]。载瘤动脉临时阻断能明显减少夹闭过程中IAR的发生^[124]。IAR发生时应根据发生的手术阶段快速分析破裂原因并迅速处理。术中应高度警惕IAR的发生,密切观察术野情况,一旦发现异常应立即采取相应的处理措施。若原因发生于动脉瘤显露不完全、不能近端控制时,为迅速控制出血,可采取紧急系统性降压,MAP降至50~60 mmHg、腺苷诱导暂时心脏停搏或诱导快速心室起搏等。若无上述条件,前循环动脉瘤可按压颈内动脉,在减少出血的同时,尽一切可能以最快的速度临时阻断颈内动脉颅内段起始部,若有必要可切除部分脑叶。近端载瘤动脉已暴露而未夹闭者,应立即行临时阻断,判断破口位置、吸引器在破口旁持续吸引以保持视野干净,同时快速分离并夹闭动脉瘤。位于瘤颈的撕裂通常更凶险,可于载瘤动脉阻断后尝试用缝线缝扎破口重建瘤颈,或采用Sundt-Kees夹或可植入棉片夹闭技术封闭破口^[130-132]。必要时可对动脉瘤进行孤立从而达到止血目的并对远端血管进行旁路移植。

(五)术中神经功能监测与夹闭效果确认

术中电生理监测指标包括术中持续脑电图(electroencephalography, EEG)、SSEP、MEP和脑干听觉诱发电位(brainstem auditory evoked potentials, BAEP)。动脉瘤夹闭术中神经电生理监测可减少

60%以上神经功能并发症的发生^[133]。(1)术中EEG:主要应用于麻醉深度和爆发抑制的判断,以指导脑保护剂的使用,并可辅助判断脑缺血的发生。例如,EEG波形出现广泛性慢波或波幅降低,可能提示脑缺血。(2)SSEP和MEP:用于判断临时阻断后的神经功能异常。SSEP中枢传导时间延长至10 ms以上或皮层N20成分波幅降低超过50%被认为具有临床意义^[134]。MEP波幅降低、阈值升高、或信号丢失被认为是运动功能受损的预警信号^[135]。如SSEP或MEP出现异常,应及时干预,包括松开临时阻断、检查是否有穿支受累、调整脑牵开器及升高血压病等^[135]。在调整干预措施后,应再次复查电生理信号,观察干预效果。(3)BAEP:对后循环动脉的临时阻断具有较高的应用价值^[136]。(4)视觉诱发电位(visual evoked potential, VEP):有报道通过VEP监测床旁动脉瘤夹闭术后的视觉及视野^[137]。但VEP在术中应用相对受限,易受麻醉和手术操作干扰。在特定情况下(如术前存在视力问题或手术临近视神经),可考虑应用VEP监测。

术中神经电生理监测的解读需要结合患者的基础状态、麻醉情况和手术进程进行综合判断。孤立的电生理信号改变并不一定意味着神经功能损伤,应结合临床情况进行分析。动脉瘤夹闭效果可通过术中脑血流监测或内镜观察确认。

术中脑血流监测技术包括术中DSA、微血管多普勒超声、术中荧光血管造影等。术中DSA是判断脑血流的“金标准”,但需配备复合手术室。多普勒超声可初步判断瘤内有无血流,但如有血流缓慢渗漏可能出现假阴性,且受血管斑块影响较大^[138]。多普勒超声操作简便,可作为术中快速评估的手段。术中吲哚菁绿血管造影(indocyanine green angiography, ICGA):能够可视化观察瘤体、载瘤动脉和穿支血管血流,但无法判断视野遮挡部位的血流情况^[139-140]。ICGA可清晰显示血管的走行和血流情况,有助于判断夹闭是否完全,并可识别潜在的穿支血管受损。内窥镜可从不同视角观察动脉瘤夹闭情况,尤其是观察瘤体背侧是否有深部穿支血管误伤^[141-142]。与单纯显微镜下荧光血管造影相比,神经内窥镜联合术中荧光血管造影能提供更多的夹闭信息,提高手术安全性,可作为术中DSA的替代方案^[141]。

理想情况下,应根据手术条件和动脉瘤的特点选择合适的监测方法,或采用多种技术联合应用,以提高监测的准确性和可靠性。对于条件允许的

医院,术中 DSA 仍是判断动脉瘤是否夹闭的“金标准”。在确认夹闭效果后,应再次复查电生理监测指标,以确保夹闭操作未对神经功能造成新的损伤。

六、颅内动脉瘤的脑血流重建治疗

(一)建立血管旁路的指征

当动脉瘤无法夹闭或栓塞,需行载瘤动脉阻断且远端侧支代偿不佳时,需行血流重建。这些无法

夹闭或栓塞的情况包括:(1)瘤体巨大无法塑形;(2)梭形动脉瘤;(3)夹层动脉瘤;(4)无法夹闭的血泡样动脉瘤;(5)感染相关动脉瘤;(6)有明显占位效应需切除减压的动脉瘤;(7)瘤颈斑块或异物阻挡无法夹闭或栓塞的动脉瘤等。

(二)脑血流重建的分类和选择

根据供体及受体血管解剖位置,可分为颅外-颅内(extracranial-intracranial, EC-IC)血管旁路

序号	专家共识:开颅夹闭治疗	同意率 (%)
25	应根据动脉瘤的大小、部位、形态、术者经验选取合适的手术入路夹闭动脉瘤	100
26	可通过体位摆放、脑血流调整、脱水药物、脑脊液引流和内减压等方式,充分松弛脑组织,以利于动脉瘤暴露	100
27	动脉瘤的暴露应由近及远,锐性分离蛛网膜,夹闭前利用钝性器械探查动脉瘤周围间隙,利于动脉瘤夹通过	97
28	载瘤动脉的阻断时间应根据患者的侧支循环情况、阻断部位、是否有血管痉挛及脑保护措施等情况进行综合决策,有条件的单位可根据电生理监测结果进行调整	100
29	对于部分复杂病例,进行术前球囊闭塞试验和(或)压颈试验能帮助了解患者在手术时对临时阻断的耐受情况和侧支代偿情况	100
30	静脉给予脑保护剂至爆发抑制可明显降低围术期脑缺血事件的发生率。载瘤动脉阻断超过 10 min 时可考虑静脉给予脑保护剂。多数患者无法耐受 >20 min 且无代偿血流的临时阻断,预计阻断时间较长者,可采用间断临时阻断的方法或改用其他血流控制手段,如深低温停搏等	97
31	对于不同等级的动脉瘤性 SAH 患者,均未证实术中亚低温对脑缺血有保护效,因此,不推荐常规在颅内动脉瘤开颅手术中载瘤动脉临时阻断时行亚低温脑保护	100
32	未证实临时阻断动脉瘤后提高血压具有脑保护作用,但应避免低血压的发生	100
33	对于无法实施近端载瘤动脉阻断者,腺苷诱导的暂时性心脏停搏和(或)快速心室起搏技术能够有效控制血流从而辅助动脉瘤夹闭,但需要在有经验的中心进行	94
34	颅内动脉瘤行开颅显微手术治疗首选直接夹闭。对于瘤体较大、非囊性、分叶状、累及分支、瘤颈钙化、瘤内血栓、栓塞后复发等复杂动脉瘤,应尝试多枚动脉瘤夹逐步塑形,并选用各种夹闭技术组合夹闭。若瘤内存在钙化、血栓、弹簧圈等异物,可考虑确切阻断后切开动脉瘤壁,清除其内异物后再行夹闭	100
35	对于术中无法夹闭的动脉瘤,可结合术者经验和具体动脉瘤特点,行动脉瘤切除、孤立、远端或近端载瘤动脉阻断,根据远端血流代偿情况,联合或不联合血流重建的方式进行治疗	100
36	手术过程中应维持良好的麻醉镇痛效果和血流动力学稳定,防止由于疼痛和高血压导致的术中动脉瘤破裂	100
37	暴露动脉瘤过程中,可通过合理的脑松弛技术获得手术空间,尽量优先暴露近端载瘤动脉并保证近端控制后,再逐渐向远端分离动脉瘤。在放置动脉瘤夹前应完全游离载瘤动脉近远端和动脉瘤颈	100
38	夹闭前若瘤壁张力过大,可综合采用临时阻断、穿刺抽吸、循环血流控制等技术降低张力,避免在张力过大时强行夹闭动脉瘤	100
39	动脉瘤暴露前发生的术中动脉瘤破裂,应综合采用紧急系统性降血压、压迫颈动脉、临时阻断载瘤动脉等措施控制出血,并快速暴露动脉瘤和近端载瘤动脉予以阻断和处理,必要时可切除部分脑组织。术前术中应充分备血,以提高 IAR 发生时患者耐受出血的时间	97
40	近端载瘤动脉已暴露而未夹闭者,应立即行临时阻断,判断破口位置、吸引器在破口旁持续吸引,以保持视野干净的同时快速分离并夹闭动脉瘤。对于瘤颈的撕裂,可尝试孤立动脉瘤后采用电凝或缝线重建瘤颈。若出血难以控制,可采用 Sundt-Kees 夹或植入棉片夹闭技术封闭破口。必要时可孤立动脉瘤达到止血目的,并对远端血管进行旁路移植	97
41	动脉瘤夹闭术中神经电生理监测有助于及时发现脑损伤事件。若术中出现异常诱发电位,应及时寻找原因,并在不可逆损伤发生前及时中止损害以达到改善预后的目的。动脉瘤夹闭完成后,应综合选择术中血流成像和内窥镜技术观察动脉瘤的夹闭情况和正常血管的通畅情况,并根据监测情况及时调整动脉瘤夹以减少不良预后	100

移植术及颅内-颅内(intracranial-intracranial, IC-IC)血管旁路移植术。EC-IC 血管旁路移植术是经典的脑血流重建方式。根据旁路流量的大小可分为高(70~140 ml/min)、中(25~70 ml/min)、低(15~25 ml/min)流量旁路。常用供体有颈外动脉、颞浅动脉、颌内动脉和枕动脉。必要时可选择桡动脉或大隐静脉作为桥血管。选择桥血管时,应考虑其直径、长度、血流质量以及受体血管的匹配程度。近年来,IC-IC 血管旁路移植术在脑血流重建中的使用越来越多,其优点是供受体血管匹配度高、创伤小、重建方式灵活。其主要手术方式有原位吻合、嫁接、再接、借助桥血管的旁路移植术,以及采用两种以上方法的组合式旁路移植术^[143-147]。

由于需要血流重建的病例个体差异极大,故血流重建方案也高度个体化,需要多模态评估后进行选择,需要同时考虑解剖位置和受体血管流量两方面需求。完成脑血流重建后,借助充盈试验,多普勒超声、ICGA 及术中 DSA 检查,可判断血管吻合质量以及脑血流重建效果。

序号	专家共识:脑血流重建治疗	同意率 (%)
42	脑血流重建可应用于以下特殊病例: (1)瘤体巨大无法塑形;(2)梭形动脉瘤;(3)夹层动脉瘤;(4)无法夹闭的血泡样动脉瘤;(5)感染相关动脉瘤;(6)有明显占位效应、需切除减压的动脉瘤;(7)有瘤颈斑块或异物阻挡,无法夹闭或栓塞的动脉瘤等	100
43	根据动脉瘤的位置和形态、所需的血流量、患者的年龄和全身状况,选择合适的桥血管,以及颅内-颅内血管旁路或颅外-颅内血管旁路移植术	100
44	多普勒超声、ICGA 和术中 DSA 检查等,可帮助快速判断血管吻合质量以及脑血流重建效果	100

七、复合手术在颅内动脉瘤手术中的应用

复合手术理念的出现早于现代复合手术室的发明和应用。早在 20 世纪 90 年代,就有研究者利用移动式 C 形臂 X 线机进行简单的术中血管造影。这些早期的尝试为现代复合手术的发展奠定了基础。2011 年, Murayama 等^[148]开始采用现代复合手术室开展神经外科手术。在颅内动脉瘤夹闭的复合手术中,通常联合使用脑血管造影和介入治疗等多种技术,以提升手术的安全性和疗效。然而,现代的复合手术室已经超越了简单的术中造影和介

入功能,更多地作为脑血管病的多模态手术平台,提供如脑功能评估、脑血流和电生理监测等功能,在多学科团队的协同下,使复杂的脑血管病手术得以安全实施。由于需要采用复合手术干预的颅内动脉瘤多为复杂病例,因此,精细的术前评估、术中操作和术后验证至关重要。

1. 术前评估:术前 DSA 评估是复合手术的重要组成部分,尤其推荐进行三维重建。通过 DSA,可详细了解脑血管的解剖结构,包括动脉瘤的位置、大小、形态、瘤颈宽度、与载瘤动脉及周围血管(特别是穿支动脉)的关系,以及是否存在其他血管变异。这些信息对于制定手术策略、选择合适的夹闭方式或介入技术至关重要。术前 DSA 评估可在手术当天进行。

2. 术中操作:(1)降低瘤内压力:术中降低瘤内压力有助于动脉瘤的夹闭。传统方法包括瘤体直接穿刺或颈部切口暴露颈动脉进行逆向抽吸,但這些方法存在一定的风险^[149-150]。术中采用介入和外科手术协同的方法可提高颅内动脉瘤的闭塞率^[151]。目前,复合手术应用于复杂颈内动脉瘤的相关报道较多。如通过球囊、球囊导管临时近端阻断或逆向抽吸,或通过球囊、支架覆盖瘤颈的方式,降低瘤内压力,从而利于松弛瘤颈,以便放置动脉瘤夹^[152-156]。(2)路图模式引导夹闭:在路图模式下,可实时观测瘤夹夹闭过程和情况,指导动脉瘤夹的放置,降低动脉瘤夹重排的次数^[157]。(3)术中动脉瘤破裂的处理:复合手术室的介入设备可迅速建立近端阻断,有效控制术中动脉瘤破裂引起的出血。(4)多模态术中监测:术中神经电生理监测、血流脉冲波多普勒超声及 ICGA 等技术,可实时监测脑血流和神经功能状态^[156],确保手术安全。

3. 术后验证:术后验证是评估手术效果的重要环节。术中 DSA 复查可直接观察是否存在瘤颈残留(尤其是被遮挡的瘤颈),从而指导是否需进行动脉瘤夹的重排^[158]。此外,术中 DSA 还可确认载瘤动脉、穿支血管及桥血管(如行脑血流重建术)的通畅情况。高质量的术中 DSA 图像甚至可替代术后复查 DSA,从而实现一站式治疗与术后常规复查^[156, 159-160]。需要指出的是,DSA 复查时推荐进行三维重建,以更清晰地显示动脉瘤残留^[159, 161-162]。

总而言之,虽然缺乏大样本、随机对照研究的有力支持,但颅内动脉瘤的复合手术在提升术者信心、减少动脉瘤残留、应对术中意外情况等方面表现出明显优势。随着技术的不断进步和临床经验

的积累,复合手术在颅内动脉瘤治疗中的应用前景将更加广阔。

序号	专家共识:复合手术	同意率 (%)
45	颅内动脉瘤的复合手术不仅可提供术中造影和介入手术,更能整合多种技术,如电生理监护、ICGA、多普勒超声甚至术中内镜等,进行多模式的综合性治疗。为确保手术成功和患者安全,需要建立一支由神经外科、神经介入、神经麻醉、神经电生理、神经影像学医师和专科护理人员组成的多学科团队	100
46	对于颅内动脉瘤夹闭手术,复合手术有利于通过术中 DSA 复查,明确动脉瘤的闭塞情况,并确认载瘤动脉、穿支血管及桥血管(如行脑血流重建术)的通畅,保障患者预后	100
47	对于复杂颅内动脉瘤,尤其是颈内动脉的复杂颅内动脉瘤,复合手术中可配合各种介入辅助方式,保证夹闭手术的顺利实施	100
48	在颅内动脉瘤夹闭手术中,如出现意外情况,复合手术有利于快速建立血管内治疗通道,通过介入手术的方式协同处理	100

八、并发症处理和预后

(一)手术治疗相关并发症与防治方法

1. 出血性并发症:颅内出血是严重的术后并发症,与患者残疾和死亡密切相关。既往研究报道颅内动脉瘤显微手术夹闭后,出血性并发症的发生率为 4.0%~12.0%^[16,163-164]。具体出血类型包括动脉瘤未完全闭塞导致的术后破裂、硬膜外或硬膜下血肿,以及脑内血肿等^[165]。一项回顾性队列研究结果显示,夹闭手术后 30 d 内,1.6% 的患者发生动脉瘤术后破裂,0.5% 的患者发生需要进行手术治疗的硬膜外或硬膜下血肿,0.4% 的患者发生需要手术治疗的脑内血肿^[166]。术中荧光造影、DSA 以及神经内镜辅助技术可及时发现动脉瘤的残余,指导手术的实施,从而降低术后出血风险^[166-170]。高龄、男性、术前重度脑萎缩以及术中广泛的脑池解剖,为术后慢性硬膜下血肿发生的危险因素^[171-174]。蛛网膜成形术能通过减少脑脊液漏入硬膜下,降低慢性硬膜下血肿的发生风险^[175-176]。脑组织的过度牵拉或重要引流静脉的损伤,与颅内血肿密切相关。应尤其注意充分进行脑松弛并轻柔操作,减少对静脉的干扰,尽可能多地保留血液回流功能。术后应密切观察患者的意识状态、瞳孔、肢体活动等神经功能变化,以及引流量、血常规等指标,以便及时发

现并处理出血并发症。复查 CT 或 MRI 有助于明确诊断。

2. 缺血性并发症:缺血性并发症的发生率为 6.71%~15.6%^[16,164,174-176]。患者年龄较大、存在高脂血症、既往有脑卒中病史等是发生缺血性并发症的危险因素^[179]。动脉瘤的大小、血管形态(如载瘤动脉迂曲、狭窄等)亦会影响缺血性并发症的发生^[179]。此外,手术因素是导致缺血性并发症的重要因素。处理动脉瘤过程中,临时阻断时间过长、穿支血管和载瘤动脉被夹闭,或狭窄、斑块微栓塞等因素,可导致动脉性梗死^[43]。术中电生理监测可使缺血性并发症发生率明显下降^[179]。DCI 是 RIA 术后主要的缺血性并发症,与脑血管痉挛有关。脑血管痉挛通常于 SAH 后的 3~4 d 出现,7~10 d 达到高峰,2~3 周后缓解^[43]。DSA 是诊断脑血管痉挛的“金标准”,CTA、CTP 以及经颅多普勒超声已被用于诊断脑血管痉挛、评估脑灌注和预测 DCI^[43,75-76,180-182]。既往多中心随机对照试验和荟萃分析结果均显示,尼莫地平对预防 DCI 和改善神经功能预后有益^[183-184]。维持正常血容量也可有效预防 SAH 后 DCI,且可改善预后,血容量不足与血容量过高,均会增加脑缺血的发生风险^[43,185-186]。

3. 术后癫痫发作:既往研究报道的颅内动脉瘤显微手术夹闭后癫痫的发生率为 1.9%~10.7%^[34,187-190],这种差异可能与不同研究设计、样本量、随访时间以及癫痫发作的定义标准等因素有关。危险因素包括医源性脑损伤、既往癫痫发作病史、大脑中动脉瘤破裂、高 Hunt-Hess 分级、术后脑卒中、脑积水等^[43,187,189]。关于预防性抗癫痫药物在颅内动脉瘤术后应用的问题,目前存在一定的争议。一项系统评价结果表明,使用抗癫痫药物组的患者术后癫痫发生率与未使用抗癫痫药物组的差异无统计学意义^[191]。一项多中心随机对照研究结果显示,接受预防性抗癫痫治疗患者的临床转归比未接受者差^[192]。以上研究结果提示,常规预防性应用抗癫痫药物可能并不能有效降低术后癫痫的发生率,甚至可能带来不良影响。但对于存在高危因素(如既往癫痫病史、术中严重脑损伤、术后脑卒中等)的患者,可以考虑短期预防性用药。具体用药方案应根据患者的具体情况进行个体化制定。

序号	专家共识: 并发症处理	同意率 (%)
49	选择能够彻底闭塞动脉瘤的手术方式, 加强术中影像学和内镜技术的运用, 能够减少动脉瘤残留, 从而降低术后出血风险	100
50	高龄、男性、术前重度脑萎缩及术中广泛的脑池解剖是术后慢性硬膜下血肿发生的危险因素, 高危人群必要时可行蛛网膜成形术, 以降低慢性硬膜下血肿发生风险。加强术中对静脉的保护, 减少因静脉回流障碍造成的颅内水肿的风险	94
51	缩短临时阻断时间, 避免术中低血压, 加强术中影像学与电生理监测, 有助于降低颅内动脉瘤手术相关缺血性并发症的发生	100
52	在动脉瘤性 SAH 患者中, 使用尼莫地平、维持正常血容量有利于降低 DCI 发生率和改善预后	100
53	对于具有明确癫痫发作史的颅内动脉瘤患者, 应行抗癫痫药物治疗。不推荐常规预防性使用抗癫痫药物, 但对于高危人群, 如存在医源性脑损伤、大脑中动脉动脉瘤破裂、高 Hunt-Hess 分级、术后脑卒中、脑积水的患者, 可行预防性抗癫痫治疗	100

(二) 预后

1. 动脉瘤闭塞率与血管旁路通畅率: 夹闭手术的动脉瘤远期闭塞率在 98% 以上^[193]。导致动脉瘤残留或复发的原因可能包括瘤颈斑块形成、载瘤血管遮挡、动脉瘤夹损伤血管内壁等^[73, 194]。复杂的动脉瘤形态(如宽颈动脉瘤、梭形动脉瘤)也增加了完全闭塞的难度。既往报道中 UIA 夹闭术后平均随访 7 年的再治疗率为 3.2%~8.7%^[163, 165], 而 BRAT 研究中接受夹闭治疗的 RIA 患者, 随访 6 年期间的再治疗率仅为 0.4%^[195]。接受 EC-IC 旁路移植术的前循环动脉瘤患者的术后、短期随访和长期随访的桥血管通畅率分别为 99%、98% 和 95%^[196], 后循环动脉瘤旁路的长期随访通畅率也可高达 96%^[197]。

2. 病死率与中重度残疾发生率: UIA 显微外科手术术后 30 d 内病死率为 0.1%~2.3%, 术后 1 年为 2.1%~2.3%, 术后 7 年为 3.6%~15.6%^[16, 163, 165, 198-199]。术后 1 年中重度残疾发生率为 2.1%~4.1%^[16, 199]。动脉瘤性 SAH 患者病死或中重度残疾发生率远高于 UIA 患者, 既往报道为 30.9%~42.4%^[200-201]。动脉瘤再出血与高病死率和不良预后相关^[196]。完全动脉瘤夹闭是降低再出血风险、改善预后的关键^[43]。

此外, 颅内动脉瘤患者手术预后与治疗医院和

医师的经验有关。基于美国全国和加利福尼亚州医疗计划和发展办公室数据库的研究结果显示, 在颅内动脉瘤患者治疗量较大的医院, 夹闭术后病死率较低^[163], 由经验丰富的医院或医师实施夹闭手术的总体结局较好^[202]。德国埃森大学医院神经外科, 从 2008 年 9 月 1 日起增加外科夹闭手术量后, 手术死亡率从此前的 3.2% 降至此后的 0%, 术后 6 个月中重度残疾率由 8.5% 降至 2.8%, 术后脑梗死发生率由 26.6% 降至 7.5%^[203]。以上研究结果强调了专业中心和经验丰富团队的重要性。前循环动脉瘤旁路移植术后短期随访的手术相关病死率为 0.3%, 长期随访病死率为 0.4%, 长期随访预后良好的患者占 92%; 缺血性并发症远期发生率为 3%, 出血性并发症发生率为 1%, 神经功能缺损发生率为 1%^[196]。后循环动脉瘤旁路长期随访病死率为 5%, 末次随访预后良好的患者占 83%^[197], 但并发症发生率高达 40%, 其中缺血性并发症占 22.3%, 出血性并发症占 8.2%, 神经功能缺损占 52.94%, 血栓栓塞占 7.31%^[197]。后循环旁路移植术后并发症发生率较高, 与后颅窝的动脉毗邻颅神经和脑干的解剖结构特点有关^[197, 204-205]。值得注意的是, 后循环旁路移植术后患者的神经功能障碍通常是一过性的, 尤其是与颅神经损伤相关的功能障碍^[197]。

3. 生存质量: 患者术后可能面临功能恢复不全、无法回归工作和生活质量降低等问题^[206]。既往研究报道动脉瘤性 SAH 存活者中, 约 1/3 发生抑郁症, 焦虑和创伤后应激障碍的发生率为 15%~20%, 认知障碍发生率为 40%~70%, 并且这些精神创伤可能长期存在, 严重影响患者生活质量^[43]。一项前瞻性队列研究发现, UIA 患者预后评估中, 生存质量相关评分提示的不良预后发生率, 高于单纯 mRS 评分^[207], 提示应更全面地评估患者的预后, 不仅要关注神经功能恢复, 还要重视生活质量的改善。

序号	专家共识: 预后与生存质量	同意率 (%)
54	为发现动脉瘤的残余与复发, 术后应尽早进行影像学检查, 后续定期行影像学随访。CTA 可作为颅内动脉瘤手术后的常规影像学随访手段。DSA 是影像随访的“金标准”	100
55	由动脉瘤治疗经验丰富的医院或医师实施显微外科手术, 患者能获得更好的预后	100

续表

序号	专家共识:预后与生存质量	同意率 (%)
56	颅内动脉瘤患者的预后需进行包含生存质量在内的多维度评估	100

九、护理与康复

(一)神经功能评估^[208]

及时准确的神经系统评估有助于及时发现颅内并发症,主要包括意识水平、瞳孔大小形状及对光反应、四肢活动度、语言功能及颅神经功能等。评估频率根据患者病情和医疗机构的规定常规执行,建议每 15 min 至 4 h 评估一次^[209],并与之前的评估记录进行比较,发生改变及时通知医师进行进一步检查和处理。

(二)颅内压管理

(1)积极纠正可升高颅内压的因素:如情绪激动、躁动、发热、缺氧、腹胀、高血压、颈静脉回流受阻等。遵医嘱按时按量使用脱水剂,对于药物难以控制的颅内高压,应在严密监护下遵医嘱进行镇痛镇静治疗,并做好镇静深度评估^[210],避免过度镇静。(2)对带有脑室外引流或腰大池持续引流的患者,保持引流通畅可有效缓解颅内高压,应严格控制引流量和引流速度,切忌引流过多过快^[211-212]。通常脑脊液引流管放置的高度为引流管最高点高于侧脑室平面 10~15 cm,控制引流量在 200 ml/d 左右,平均引流速度 <15 ml/h 或 20 ml/h;或根据患者具体情况(如脑积水程度、颅内压)遵医嘱引流调整引流管高度和引流量^[208, 211],避免引流过多过快导致脑组织塌陷或出血。

(三)血压管理^[204]

血压变异性增加与较差的预后相关,应严格遵医嘱控制血压在合适范围内。血压过高会增加脑出血和颅内压升高的风险,而血压过度降低可能损害脑灌注并诱导缺血。降压过程中严密监测血压,避免血压波动过大,严格避免低血压(平均动脉压 <65 mmHg)引起脑灌注不足。对血压不稳定的重症患者,必要时进行有创动脉血压持续监测^[43]。

(四)维持水和电解质平衡

动脉瘤开颅术后患者由于进食差、恶心呕吐、使用脱水剂等原因易出现血容量不足,容量不足可引起迟发性脑缺血和脑血管痉挛^[211]。监测患者生命体征(如心率、血压)、体重变化、出入液量、中心静脉压等,结合红细胞压积、血浆渗透压等实验室

检查结果,综合评估患者的血容量状态,及时与医师沟通,积极进行容量调整。术后使用脱水剂、脑耗盐综合征、抗利尿激素分泌异常综合征等,容易导致患者出现电解质紊乱^[211]。其中,低钠血症会增加脑水肿的风险,应引起医护人员的高度重视,遵医嘱监测和纠正电解质^[213]。

(五)气道评估与护理^[208-209, 214]

缺氧可加剧脑水肿,升高颅内压,加剧神经功能损害,直接影响患者预后^[208]。积极的气道评估和保护,及时纠正低氧血症是气道护理的关键。护士需结合患者的呼吸形态、呼吸频率、血氧饱和度及动脉血气分析结果等,评估患者的呼吸状况。若出现通气和(或)换气不足,需及时采取相应措施解除,保证患者充足的氧合状态。必要时需通知医师积极建立人工气道,以及时改善呼吸状态和纠正缺氧状态。

(六)营养评估与护理

早期营养可改善胰岛素抵抗、有助于维护肠黏膜功能、肌肉功能和伤口愈合,并降低肺炎、败血症、肠梗阻的发生率。根据患者对手术的耐受性,一般术后 4 h 清醒后可开始饮水,6~12 h 开始进流食,之后逐步递增,术后 48 h 基本恢复正常饮食^[215]。术后患者首次进食之前,需进行吞咽功能筛查,以评估患者的吞咽安全性。对于不能经口饮食的患者,应在术后 24 h 内开始管饲肠内营养,高误吸风险患者可考虑幽门后喂养,并根据肠内营养指南计算患者所需能量和蛋白质,保证营养充足^[216]。

(七)深静脉血栓(deep venous thrombosis, DVT)的预防和护理^[217]

DVT是动脉瘤术后患者较为常见的并发症之一^[211]。预防DVT最关键的措施是促进患者早期活动,辅以穿戴抗血栓梯度压力袜和使用间歇性气压加压装置等措施。目前关于药物预防的最佳时机存在争议,指南建议不应早于动脉瘤夹闭术后 12 h^[211]。临床需平衡DVT风险与术后出血风险,严格遵医嘱按时按量使用抗凝药物,并观察患者有无出血征象,定期监测凝血功能。每日观察患者有无DVT症状和体征(如肢体肿胀、疼痛、发红等),疑似血栓形成时及时通知医师进行血管超声超检查。确诊下肢DVT的患者需加强临床观察,遵医嘱积极治疗,防止血栓脱落,警惕肺栓塞的发生。

(八)术后康复^[215]

早期活动可改善肌肉力量,促进功能器官恢

复,减少肺部和血栓栓塞并发症。术后患者应尽早行康复治疗,循序渐进,术后可进行床边康复以及离床期的康复训练,应积极鼓励无运动障碍的患者术后第 1 天即开始下床活动,并完成每日制定的活动指标。活动障碍的患者尽早请康复医师进行评估,制订详细的康复计划,尽早开始床上主动运动结合被动运动(如肢体关节运动和踝泵运动等)。

序号	专家共识:护理与康复	同意率 (%)
57	护士必须准确掌握和实施神经功能床旁评估技术,以及早发现患者神经功能改变	100
58	维持正常颅内压、严格管理血压和维持水、电解质平衡是预防继发性脑损伤的关键护理措施,护士需掌握以上临床技能,促进患者预后	100
59	评估患者气道保护能力,密切关注患者呼吸形态,积极纠正低氧血症,必要时建立人工气道和机械辅助通气	100
60	早期开始营养支持,术后首次进食之前应进行吞咽功能筛查,误吸高风险患者可选择幽门后喂养,以防止发生误吸	100
61	早期活动是预防 DVT 最有效的方法,可辅以抗血栓梯度压力袜和循序加压泵来预防深静脉血栓;使用抗凝药物预防 DVT 的患者,需严密监测凝血功能和观察出血倾向。	100
62	术后早期制定活动计划和活动目标可促进患者康复,活动障碍患者应尽早请康复科介入	100

参与本专家共识讨论和编写的工作组成员

组长:毛颖(复旦大学附属华山医院)、朱巍(复旦大学附属华山医院)

编审专家(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)、陈劲草(武汉大学中南医院)、丰育功(青岛大学附属医院)、顾宇翔(复旦大学附属华山医院)、韩如泉(首都医科大学附属北京天坛医院)、杭春华(南京医科大学附属鼓楼医院)、蒋晓帆(空军军医大学附属西京医院)、康德智(福建医科大学附属第一医院)、郎黎薇(复旦大学附属华山医院)、李培良(复旦大学附属华山医院)、李正伟(武汉大学中南医院)、林元相(福建医科大学附属第一医院)、刘佩玺(复旦大学附属华山医院)、刘翼(四川大学华西医院)、罗猛强(复旦大学附属华山医院)、倪伟(复旦大学附属华山医院)、全凯(复旦大学附属华山医院)、史怀璋(哈尔滨医科大学附属第一医院)、宋剑平(复旦大学附属华山医院)、孙晓川(重庆医科大学附属第一医院)、王东海(山东大学齐鲁医院)、王军(首都医科大学宣武医院)、王林(浙江大学医学院附属第二医院)、王天龙(首都医科大学宣武医院)、王业忠(广州医科大学附属第二医院)、王中(苏州大学附属第一医院)、许民辉(陆军军医大学陆军特色医学中心)、徐燕(复旦大学附属华山医院)、于如同(徐州医科大学附属医院)、张东(北京医院)、张鸿祺(首都医科大学宣武医院)、赵元立(中国医学科学院北京协和医学院北京协和医院)

执笔专家:曹勇、杭春华、郎黎薇、李培良、林元相、刘佩玺、刘翼、罗猛强、倪伟、全凯、孙浩耕、徐燕、朱巍、张鸿祺

扫描本文首页二维码可在附件中查看参考文献

利益冲突 所有编者声明不存在利益冲突