

冠状动脉旁路移植术围术期神经系统并发症 评估与管理专家共识（转载）

北京神经科学学会脑心共患病专业委员会

通信作者: 李淑娟, E-mail: lishujuan@fuwai.com; 凤玮, E-mail: fengwei@fuwai.com

【摘要】 冠状动脉旁路移植术(CABG)是冠心病的有效治疗措施之一,但围术期神经系统并发症严重影响患者的预后,并增加家庭及医疗负担。CABG围术期神经系统并发症主要包括脑卒中、癫痫、神经认知障碍以及周围神经损伤,主要与手术术式、手术时间以及术中所用药物有关。既往研究发现,规范术前和术中评估、加强术中监测和术后干预有利于早期发现神经功能障碍并及时给予治疗,减少神经系统并发症,从而改善CABG患者预后。本专家共识总结了CABG围术期神经系统并发症的早期识别及诊疗规范,以指导CABG围术期并发症的规范化管理,降低术后早期死亡率及并发症发生率,改善患者的长期预后。

【关键词】 冠状动脉旁路移植术; 脑卒中; 癫痫; 认知障碍; 周围神经损伤

【文章编号】 2095-834X(2025)04-12-19

DOI: 10.26939/j.cnki.CN11-9353/R.2025.04.002

本文著录格式: 北京神经科学学会脑心共患病专业委员会. 冠状动脉旁路移植术围术期神经系统并发症评估与管理专家共识(转载)[J]. 当代介入医学电子杂志, 2025, 2(4): 12-30.

Expert consensus on evaluation and management of perioperative neurological complications of coronary artery bypass grafting(reprinted)

Neuro-cardiological Disease Professional Committee, Beijing Society of Neuroscience

Co-corresponding Authors: Li Shujuan, E-mail: lishujuan@fuwai.com; Feng Wei, E-mail: fengwei@fuwai.com

神经系统并发症是冠状动脉旁路移植术(coronary artery bypass grafting,CABG)最严重的并发症之一。CABG围术期神经系统并发症主要包括脑卒中、癫痫、神经认知障碍和周围神经损伤等。高龄、颈动脉狭窄、主动脉粥样硬化、心房颤动、手术时间过长和低灌注等是CABG围术期脑卒中的常见危险因素^[1-3]。由于CABG术后不常规进行颅脑影像学检查,围术期脑卒中的发生率常被低估,而无症状脑梗死会导致远期认知障碍。CABG术后癫痫的发生率为0.1%~0.4%^[4-5],其危险因素包括高龄、癫痫病史、手术时间过长及所用药物影响等^[5-9]。CABG围术期神经认知障碍分为认知功能损害和谵妄,术后1周认知功能损害的发生率为43%^[10],高于非心脏手术。认知功能损害常与全身和神经系统炎症^[11-12]、脑微栓塞^[13-14]、脑灌注不足和脑血管自动调节障碍^[15-16]以及麻醉诱导的神经毒性^[17]相关。CABG术后周围神经损伤的发生率为10%~15%,常与手术操作相关^[18-21]。对于CABG患者,规范术前评估、加强术中监测和术后评价有利于

早期发现神经功能障碍并及时给予干预,减少神经系统并发症,从而改善患者预后。鉴于此,北京神经科学学会脑心共患病专业委员会组织相关专家,制定了CABG围术期神经系统并发症评估与管理专家共识,总结了CABG围术期神经系统并发症的早期识别及诊疗规范,以指导CABG围术期并发症的规范化管理,降低术后早期死亡率及并发症发生率,改善患者的长期预后。

本共识根据卫生系统中证据推荐意见分级评估、制定与评价(The Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation, GRADE)系统(<http://www.gradeworkinggroup.org/>)的证据分级水平及推荐依据对共识意见进行分级:A级(高质量证据),进一步研究也不可能改变该疗效评估结果的可信度;B级(中等质量证据),进一步研究很可能影响该疗效评估结果的可信度,且可能改变该评估结果;C级(低质量证据),进一步研究极有可能影响该疗效评估结果的可信度,且很可能改变该评估结果;D级(极低质量证据),任何疗效评估结果都很不确定。

本共识提出了两种类型的推荐：(1) GRADE 两级推荐意见的方法，即强推荐与有条件的推荐：推荐意见由指南制定小组使用 GRADE 方法制定，得到证据系统评价的支持，并对证据的确定性进行正式评估；(2) 基于非直接证据或专家意见和经验形成的推荐，即良好实践声明 (good practice statement, GPS)：陈述未得到系统性证据的支持，通过广泛协商制定的专家共识 (表 1)。

表 1 GRADE 系统关于证据质量与推荐强度的分级方法	
类别	含义
证据质量分级	
高质量证据 (A)	非常确信真实的效应值接近效应估计值，并认为进一步研究不太可能改变现有的结果
中等质量证据 (B)	对效应估计值有中等程度的信心，真实值可能接近估计值，但认为进一步研究仍有可能改变现有的结果
低质量证据 (C)	对效应估计值的信心较低，认为进一步研究很可能得出真实值与现有的结果大不相同
极低质量证据 (D)	对效应估计值几乎没有信心
推荐强度分级	
强推荐 (1)	明确利大于弊，所有人或几乎所有人都会选择某种干预措施
有条件的推荐* (2)	利弊不确定，有些患者应该接受推荐的干预，这取决于许多背景因素，例如可行性、可接受度、成本等问题，表明参与共同决策制定过程非常重要
GPS	基于非直接证据或专家意见和经验形成的推荐

注：GRADE 为推荐意见分级评估、制定及评价；GPS 为良好实践声明。* 为条件推荐。

1 CABG 围术期脑卒中

1.1 流行病学、危险因素、病因和发病机制 大型注册研究发现，心脏手术围术期脑卒中的发生率为 1.6%~4.6%，CABG 围术期脑卒中的发生率为 1.1%~5.7%^[2,22-25]，其中 37%~59% 发生在术中 (麻醉苏醒时发现)，术后脑卒中中以第 1 周发生率最高，且缺血性脑卒中约占 95% 以上^[2]。

CABG 围术期缺血性脑卒中发病时间不同，病因及危险因素也不相同 (表 2)^[1-3,26-28]。缺血性脑卒中的病因主要包括栓塞和脑灌注不足，其中栓塞占 CABG 围术期脑卒中病因的 60% 以上^[29]，栓子来源包括动脉粥样硬化斑块、空气及手术源性杂质等。出血性脑卒中的危险因素包括脑血管畸形、脑动脉瘤、脑淀粉样变性、镰状细胞病、脑肿瘤、使用抗凝药物和脑高灌注等^[30]。

CABG 术中脑卒中的栓子主要来源于手术操作，与主动脉操作方式以及是否使用体外循环技术等相关^[31]。而术后脑卒中则主要为心房颤动造成的心源性栓塞所致^[29]。心房颤动是 CABG 术后的常见并发症，发生率高达 30%^[32]。合并颅内动脉狭窄、术中低血压、复杂手术所致体外循环时间过长和心排量下降均可导致脑灌注不足。术中脑血流量降低导致其对栓子的清除能力下降，易发生分水岭脑

梗死^[33]。术中经颅多普勒 (transcranial Doppler, TCD) 监测发现，术后无神经功能缺损的患者术中脑灌注较基线减少 17%，而术后脑卒中患者术中脑灌注较基线的降幅高达 43%^[34]。糖尿病和外周血管疾病患者动脉粥样硬化斑块负荷增加，脑血流的自动调节能力受损，因此围术期脑卒中的发生风险更高^[35-36]。

表 2 CABG 围术期脑卒中的危险因素 ^[1-3,26-28]	
发病时间	危险因素
术前	年龄 >60 岁；脑卒中 / 短暂性脑缺血发作病史；颈动脉狭窄；外周血管疾病；近期心肌梗死；糖尿病；心房颤动；慢性心力衰竭；升主动脉粥样硬化；高血压；慢性肾功能不全；心脏手术史；吸烟；术前感染
术中	低血压；体外循环时间 >2 h；心脏停搏时间 >80 min；输血；深低温停循环；主动脉阻断钳操作
术后	心房颤动；输血；低心排量综合征

注：CABG 为冠状动脉旁路移植术。

1.2 临床表现和诊断标准 CABG 围术期脑卒中的临床表现并无特异性，脑卒中的临床症状与病灶的大小、部位以及侧支循环和血管变异情况等相关。相较于动脉粥样硬化性缺血性脑卒中，栓塞性脑卒中往往难以快速建立侧支循环，导致大约 60% 的 CABG 围术期缺血性脑卒中进展迅速，症状更严重^[29]。

诊断标准：不同研究对围术期脑卒中的定义不同。在 2020 年麻醉与重症神经科学学会 (Society for Neuroscience in Anesthesiology and Critical Care, SNACC) 制定的指南中，围术期脑卒中被定义为：术中或术后 30 d 内出现的出血性脑卒中或缺血性脑卒中^[37]。根据国际疾病分类 (International Classification of Diseases 11th Revision, ICD-11) 对缺血性脑卒中的定义，当有神经影像证据显示缺血责任病灶时，无论症状 / 体征持续时间长短都可诊断缺血性脑卒中，但在无法得到影像学证实时，仍以症状 / 体征持续超过 24 h 为时间界限诊断缺血性脑卒中。对于术后脑卒中的分类，不同研究采用的分类标准不同，本共识沿用多数研究采用的分类方法，即根据脑卒中发生的时间进行分类：早期脑卒中定义为清醒后、拔管后即刻发现的脑卒中；迟发性脑卒中定义为患者麻醉清醒拔管时无脑卒中症状，清醒拔管后发生的脑卒中。

1.3 围术期风险评估和危险分层

1.3.1 围术期脑卒中风险评估 在 CABG 术前对患者进行脑卒中风险评估具有重要的临床意义。自 20 世纪 60 年代起，多个国家的心脏中心陆续建立了心脏外科风险评估系统。其中美国胸外科医师学会 (Society of Thoracic Surgeons, STS) 心脏手术风险模型是目前规模较大、全球应用范围广、最具影响力的心脏外科术后不良事件评估工具。该模型的开发和验证基于 2014~2016 年期间接受 CABG、孤立主动脉瓣

或二尖瓣手术以及心脏瓣膜手术与CABG联合的 60 万例患者数据。STS 风险评分内容可在线获取,且该网站会定期调整更新,以提高其评价的准确度^[38-39]。STS 风险评分不仅可预测围术期死亡风险,还可预测脑卒中风险。一项纳入 1 628 例中国 CABG 患者的数据显示,STS 风险评分对于院内死亡风险有较好的预测能力^[40]。同时,STS 风险评分在土耳其人群^[41]、印度人群^[42]、加拿大人群^[43]均有着可靠的预测价值。CHA₂DS₂-VASc 评分被广泛用于心房颤动患者的脑卒中风险分层^[44]。一项纳入 54 714 例 CABG 患者的研究显示,CHA₂DS₂-VASc 评分与 CABG 术后缺血性脑卒中风险呈正相关($P_{\text{trend}} < 0.001$)。HAS-BLED 评分是一个用于评估接受抗凝治疗的患者出血风险的评分体系(表 3)^[45], Santise 等^[46]发现该评分体系可以较好地预测心脏外科术后的严重出血事件。术后心房颤动(postoperative atrial fibrillation, POAF)是 CABG 患者术后发生缺血性脑卒中的重要危险因素^[32]。POAF 评分是一种简单、准确的评分工具,可预测 POAF 及相关并发症(表 4)^[47]。HATCH 评分综合患者的自身状态及既往史预测阵发性心房颤动进展为持续性心房颤动的风险(表 5)^[48]。此外,多中心术前脑卒中风险指数(如年龄、神经系统疾病病史、糖尿病病史、血管疾病病史、冠状动脉手术史、不稳定性心绞痛和肺部疾病病史)也可有效预测 CABG 围术期脑卒中风险^[49]。

表 3 HAS-BLED 评分

项目	评分(分)
高血压(收缩压>160 mmHg)	1
肝功能不全	1
肾功能不全	1
脑卒中病史	1
出血史或出血倾向(既往大出血、贫血或严重血小板减少)	1
国际标准化比值波动	1
老年(年龄>65岁)	1
服用增加出血倾向的药物(如抗血小板或抗凝药物)	1
过量饮酒(乙醇摄入量>112 g/周)	1

注:1 mmHg=0.133 kPa。

表 4 POAF 评分

项目	评分(分)
年龄(岁)	
60-69	1
70-79	2
≥ 80	3
慢性阻塞性肺疾病	1
eGFR<15 mL/(min·1.73 m ²)或透析	1
急诊手术	1
术前 IABP 辅助	1
左心室射血分数<30%	1
心脏瓣膜手术	1

注:POAF 为术后心房颤动;eGFR 为估算肾小球滤过率;IABP 为主动脉内球囊反搏。

表 5 HATCH 评分

项目	评分(分)
左心室射血分数≤ 40%	2
短暂性脑缺血发作/脑卒中病史	2
年龄>75岁	1
高血压	1
慢性阻塞性肺疾病	1

共识 1

(1) 建议用 STS 评分(1B)和 HAS-BLED 评分(1C)预测 CABG 围术期神经系统并发症发生风险。

(2) 建议用 CHA₂DS₂-VASc 评分(1C)和 HAS-BLED 评分(1C)评估心房颤动患者的血栓栓塞和出血风险。

(3) 建议用 POAF 评分评估 POAF 风险(1B),用 HATCH 评分预测阵发性心房颤动进展为持续性心房颤动的风险(1C)。

1.3.2 围术期危险分层

1.3.2.1 术前颈动脉筛查及干预 目前除双侧颈动脉严重狭窄(≥ 70%)或无症状性颈动脉狭窄≥ 90%外,尚无强有力的证据表明颈动脉狭窄是 CABG 术后脑卒中的重要原因^[50-51]。对于合并单侧或双侧颈动脉狭窄、拟行 CABG 的患者,预防性颈动脉血运重建术未能降低 CABG 围术期脑卒中风险^[52]。因此,应严格掌握颈动脉手术适应证,谨慎选择 CABG 术后脑卒中高风险患者进行外科干预,如双侧颈动脉严重病变或有脑卒中、短暂性脑缺血发作病史的患者^[53]。Knipp 等^[54]的 CABACS 研究是全球首个比较评估 CABG 联合颈动脉内膜剥脱术(carotid endarterectomy, CEA)与单纯 CABG 对冠心病合并无症状重度颈动脉狭窄患者预后影响的多中心随机对照研究,5 年随访结果显示,CABG 联合 CEA 的手术方式与更高的脑卒中发生率和死亡率相关,但由于研究提前终止,结果无显著统计学意义。

共识 2

(1) 在拟接受 CABG 的患者中,对于术前 6 个月内发生过脑卒中或短暂性脑缺血发作的患者,建议术前常规进行颈动脉超声筛查(1B);术前 6 个月内未发生脑卒中或短暂性脑缺血发作的患者如符合以下条件,也建议术前进行颈动脉超声检查:年龄≥ 70 岁、冠状动脉多支病变、合并下肢动脉病变或听诊闻及颈动脉杂音(2B)。

(2) 在拟接受 CABG 的患者中,对于术前 6 个月发生脑卒中或短暂性脑缺血发作且颈动脉狭窄 50%~99% 的患者,可考虑分期或同期进行颈动脉手术(2B)。

(3) 拟接受 CABG 的患者如合并颈动脉狭窄,建议由多学科团队(包含神经内科、神经外科、影像科等)进行讨论后,制定个体化的血运重建方案(1C)。

1.3.2.2 术前颅内动脉筛查及干预 关于颅内动脉狭窄对 CABG 围术期脑卒中的影响及术前相关检查与处理,既往指南一直未关注和讨论。多项研究显示,颅内动脉狭窄与 CABG 围术期神经系统并发症的发生独立相关^[55-56]。术前使用颈动脉超声与 TCD 的联合筛查方式或其他影像学评估手段(如脑血管磁共振成像)有助预测 CABG 的手术风险,在更易发生颅内动脉狭窄的亚洲人群中尤其具有重要的临床意义^[57]。在高风险患者中,适时调整手术策略、避免血压过度下降或血容量骤减对于预防术后神经系统并发症有重要价值。但颅内动脉病变的处理方式(如强化药物治疗或外科/介入干预)及详细的管理策略仍有待进一步深入研究。

共识 3

术前使用颈动脉超声与 TCD 联合筛查 (2B) 或其他影像学评估手段如脑血管磁共振成像 (2C) 有助于预测 CABG 的手术风险,在更易发生颅内动脉狭窄的亚洲人群中尤其具有重要的临床意义。

1.3.2.3 术前主动脉筛查 主动脉粥样硬化性病变有可能在术中钳夹或插管时破碎,从而导致脑卒中发生。计算机断层扫描血管造影(computed tomography angiography, CTA)对于发现主动脉粥样硬化有高度敏感性。70 岁以上和(或)有广泛动脉粥样硬化征象的患者应考虑行主动脉 CTA 检查,以确定升主动脉和主动脉弓粥样硬化斑块的位置、范围和性质,优化 CABG 方案,从而降低脑卒中风险。一项连续纳入 2 320 例 CABG 患者的前瞻性研究显示,术前接受主动脉 CTA 检查的患者术中术后脑卒中的发生率明显低于未行 CTA 的患者(0.92% vs. 3.22%, $P=0.017$)^[58]。另外,术中高频超声可有效识别斑块性质(如主动脉内膜软斑、溃疡斑块、钙化斑块等),有助于优化 CABG 方案^[59]。

共识 4

对于 70 岁以上和(或)存在广泛动脉粥样硬化征象的患者,推荐通过术前主动脉 CTA 或术中主动脉表面超声评估升主动脉粥样硬化斑块的位置、范围和性质,以优化 CABG 方案 (2C)。

1.3.2.4 术中 TCD 监测 术中 TCD 监测有助于发现 CABG 术中脑灌注的改变以及微栓子的脱落,CEA 术中将大脑中动脉平均血流速度下降 50% 作为脑灌注的干预阈值。目前,对于非体外循环条件下的正常搏动性脑灌注 CABG 患者,术中 TCD 监测也多借鉴同一方法^[60]。体外循环可导致血液稀释、体温下降和酸碱度发生变化,影响红细胞质量、浓度以及血液粘度等血流参数,因此上述标准是否适合体外循环条件下的脑灌注干预阈值尚不明确。TCD 监测不仅可实时记录手术各个阶段的脑血流变化,而且能较可靠地捕捉微栓

子信号^[61],尤其是在主动脉插管以及钳夹和开放升主动脉时,TCD 检测到的栓子数量与经食道超声心动图监测到的栓子数量具有良好的一致性^[62]。TCD 对于脑血管调节功能的检测正逐步受到临床关注,脑血管调节功能受损的患者在 CABG 术中更易发生脑灌注不足,从而引发围术期脑卒中^[63]。应用 TCD 进行血管调节功能检测并指导平均动脉压的个体化调控以减少心脏手术后的颅脑损伤,有可能成为未来 CABG 术中神经系统监测的重要内容^[64-65]。

共识 5

TCD 监测不仅可实时记录手术各个阶段的脑血流变化,而且能较可靠地捕捉微栓子信号。对于非体外循环条件下的正常搏动性脑灌注 CABG 患者,以大脑中动脉平均血流速度下降 50% 作为脑灌注的干预阈值,对于预防术后神经系统并发症具有重要的临床意义 (2B)。

1.3.2.5 术后 TCD 和视神经鞘超声 CABG 术后患者会因血压骤降、心跳骤停等情况而出现意识障碍,此时应警惕脑缺血缺氧。术后床旁 TCD 可通过检测脑血流速度、血流方向和血管搏动指数间接反映颅内压的变化。视神经鞘直径的超声测量可作为评估颅内压升高的潜在手段^[66]。2019 年发表的一项 Meta 分析表明,以视神经鞘直径 >5 mm 作为成年人颅内压升高的临界值,具有 92.3% 的特异度和 95.6% 的灵敏度^[67]。

共识 6

当 CABG 术后患者出现意识障碍时,床旁 TCD 可动态监测颅内压的变化趋势,有助于判断神经系统并发症的发生 (2C)。视神经鞘直径的超声测量可作为评估颅内压升高的潜在手段 (2D)。

1.3.2.6 术后计算机断层摄影术(computed tomography, CT)/磁共振成像评估 CABG 术后患者一旦出现急性脑卒中症状,应尽快进行颅脑影像学评估,首选头颅 CT 平扫,以快速排除颅内出血及占位性病变。若有条件,进行磁共振成像评估能提供更多的脑组织病变信息。而 CTA+CT 灌注(computed tomography perfusion, CTP)对于判断是否存在大血管闭塞和侧支循环、识别梗死核心区域和缺血半暗带以及筛选能够通过血管内机械取栓治疗获益的患者具有指导意义^[68-69]。

共识 7

CABG 术后患者一旦出现急性脑卒中症状,CT+CTA+CTP “一站式”检查方案可缩短多模式 CT 的检查时间,在明确缺血性和出血性病变的同时,可了解血管病变部位和血流灌注情况,有利于尽快制定适宜的治疗方案 (1A)。

1.4 围术期干预策略

1.4.1 术前药物治疗选择

共识 8

CABG 术前抗血小板治疗及血脂管理可参照《中国血脂管理指南(2023 年)》^[70]、《冠状动脉旁路移植术围术期抗血小板治疗专家共识》^[71]、《2024 年欧洲心胸外科协会成人经导管介入手术围术期用药指南》^[72]等相关内容进行合理药物治疗。

共识 9

接受口服抗凝药物(oral anticoagulant, OAC)治疗的心房颤动患者如需行神经介入手术,应根据患者的缺血和出血风险,尽可能缩短三联抗栓治疗的时间或避免三联抗栓治疗,优选 OAC 加单联抗血小板治疗(2A)。

共识 10

对于未破裂的脑动脉瘤或脑动静脉畸形患者,尚无证据改变 CABG 患者的抗血小板或抗凝治疗方案^[73](2B)。

1.4.2 术中血压管理 美国心脏协会科学声明建议,CABG 术中平均动脉压控制目标为 60~65 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa),既往发生脑卒中的患者应考虑更高的平均动脉压控制目标^[74]。研究显示,体外循环期间平均动脉压<64 mmHg 的时长每增加 10 min,脑卒中相对风险增加 13%,平均动脉压<54 mmHg 的时长每增加 10 min,脑卒中相对风险增加 16%^[75]。INPRESS 研究显示,在高危患者中,与标准血压管理相比,术中个体化血压管理,即将收缩压波动幅度控制在静息状态血压的 10%以内,能显著降低全身炎症反应综合征风险($RR=0.73, 95\%CI:0.56\sim0.94$)^[76]。因此,围术期患者的血压管理应考虑基础血压水平和合并疾病状态,给予个体化管理,以维持脑组织灌注。

共识 11

(1) CABG 术中血压调控目标应综合考虑患者的基础血压和病理生理状态,在维持血液动力学及器官灌注稳定的前提下,给予个体化血压管理(1B)。

(2) CABG 术中应参照基础血压水平严格管理血压,对于高血压患者($\geq 140/90$ mmHg),血压波动幅度维持在基础血压 10%~20% 的范围内可能更符合患者的生理需求;而对于低血压患者或器官灌注不良患者,应以平均动脉压 ≥ 65 mmHg 为控制目标(2B)。

(3) 对于无合并症的患者,CABG 术中平均动脉压应维持在 60~65 mmHg;对于合并多种危险因素(心室功能不全、肾功能不全、主动脉易损斑块、活动性出血、神经系统并发症等)的患者,应进行个体化血压调控(2B)。

1.4.3 术后脑卒中急性期治疗

1.4.3.1 缺血性脑卒中 静脉溶栓: 静脉溶栓是目前急性缺血性脑卒中最主要的治疗措施,药物主要包括阿替普酶和替奈普酶等。然而,《中国急性缺血性卒中诊治指南 2023》^[77]明确指出,2 周内的大型外科手术(如器官移植、心脏手术等)为溶栓禁忌证,因此,CABG 术后患者均存在静脉溶栓禁忌。

机械取栓治疗: 目前血管内机械取栓治疗 CABG 术后缺血性脑卒中的证据有限,仅有一些小样本队列研究显示使用机械取栓治疗心脏术后缺血性脑卒中患者安全、有效,有可能与良好预后相关^[78-79]。因此,参照《中国急性缺血性卒中早期血管内介入诊疗指南 2022》中的禁忌证与适应证^[69],可以尝试对 CABG 术后缺血性脑卒中患者进行个体化评估和血管内治疗。小样本病例报道表明,对于心脏术后缺血性脑卒中患者,动脉内溶栓是安全的^[80-82]。

共识 12

(1) 不推荐对 CABG 术后缺血性脑卒中患者进行静脉溶栓治疗,对于部分患者来说,动脉内溶栓可能是安全的(2D)。

(2) 应权衡 CABG 术后急性缺血性脑卒中患者机械取栓治疗的获益与风险;对于发病 6 h 内的急性前循环大血管闭塞性脑卒中,符合条件者推荐直接机械取栓治疗而非溶栓联合机械取栓桥接治疗模式(2D)。

(3) 对于发病 6~24 h 内的大血管闭塞性脑卒中患者,经多模态影像学充分评估后,可考虑进行机械取栓治疗(2D)。

1.4.3.2 出血性脑卒中 血压管理: 血压管理对于出血性脑卒中的治疗至关重要。一项随机试验显示,将收缩压控制到 140 mmHg 以下、强化控制血糖和快速拮抗华法林的综合措施可以改善出血性脑卒中患者的远期结局^[83]。目前,美国自发性颅内出血管理指南建议在症状发作后尽快将收缩压降至 140 mmHg,并将收缩压控制目标设定为 130~150 mmHg^[84]。

止血: 一旦发生出血性脑卒中,应立即停用抗凝药物或应用抗凝药物的选择性逆转剂,这可能有助于减少血肿扩张,且应优先于外科手术干预。当无相应逆转剂时,可考虑用凝血酶原复合物浓缩物^[84]。

手术血肿清除: 手术清除颅内血肿并没有显示出明确的功能益处。一项大型随机对照试验表明,与临床恶化后择期清除血肿相比,早期清除血肿并没有明显优势^[85]。对于有颅内占位效应、深部或叶间血肿伴颅内出血和难治性颅内压升高的年轻患者,应考虑进行去骨瓣减压术^[86]。而对于小脑出血和颅内出血体积大(>15 mL)的患者,推荐进行扩大性血肿清除术,以

防止脑干受压^[87]。

1.4.4 术后缺血性脑卒中的抗栓治疗

1.4.4.1 抗血小板治疗 CAST 研究^[88]、IST 研究^[89]、CHANCE 研究^[90]及 POINT 研究^[91]等表明,脑卒中发作后 12~48 h 内口服阿司匹林和(或)氯吡格雷安全、有效,可降低缺血性脑卒中的复发风险。

共识 13

(1) CABG 术后出血性脑卒中发病 2 h 内应开始控制血压,并在 1 h 内降至目标血压水平(2A),但在降压过程中应严密观察,保持血压平稳,避免收缩压剧烈波动(2A)。

(2) 既往长期接受抗凝药物治疗的出血性脑卒中患者出现血肿扩大、病情恶化的风险显著增加,首先应立即停用抗凝药物而不必等待化验结果(1A)。注射鱼精蛋白可以逆转肝素的抗凝作用(2A),也可以部分逆转低分子肝素的抗凝作用(2B)。

(3) 对于幕上出血体积>20~30 mL、格拉斯哥昏迷评分 5~12 分的症状性出血性脑卒中患者,与保守治疗相比,微创手术(或联合溶栓治疗)有助于降低死亡率(2A),开颅清除血肿手术对中重度幕上症状性出血性脑卒中患者的有效性尚不明确(2B);对于幕上大量出血导致中线明显移位、药物无法控制高颅内压的昏迷患者,可考虑去骨瓣减压术(或联合血肿清除术),以降低死亡率,但其对神经功能的改善作用尚不明确(2B);对于小脑出血后神经功能障碍进行性加重、脑干受压、合并梗阻性脑积水或小脑出血体积 ≥ 15 mL 的患者,应尽快手术清除血肿(1A)。

共识 14

(1) 对于无静脉溶栓或机械取栓治疗适应证且无抗血小板治疗禁忌证的 CABG 术后缺血性脑卒中患者,应在发病后尽早给予口服阿司匹林 150~300 mg/d(1A)。

(2) 对于不能耐受阿司匹林的患者,可考虑选用氯吡格雷等抗血小板治疗(2C)。

(3) 血管内机械取栓后 24 h 内使用抗血小板药物替罗非班的疗效与安全性有待进一步研究,可结合患者个体情况进行评估(2C)。

1.4.4.2 抗凝治疗 对于 CABG 术后心房颤动引起的脑卒中,目前尚无明确的预防和治疗策略。Meta 分析结果显示,在急性心源性脑卒中患者中,抗凝治疗可降低缺血性脑卒中复发率以及肺栓塞和深静脉血栓形成发生率,但不能降低长期病死率和残疾率,因其可能被症状性颅内出血风险增加所抵消^[92]。脑卒中发作后启动抗凝治疗的时机尚不明确。对于大多数合并心房颤动的脑卒中患者,目前推荐在发病后第 4~14 d 内开始口服抗凝治疗^[93]。但近期一项在缺血性脑卒中患者中开展的多中心真实世界队列研究($n=2\ 084$)

报道,在发病 4~14 d 内开始口服抗凝治疗并未显著降低缺血性脑卒中复发风险(与>14 d 比较: $OR=0.76$, 95%CI:0.36~1.62, $P=0.482$),也未增加出血性脑卒中风险(与 0~3 d 比较: $OR=1.49$, 95%CI:0.50~4.43, $P>0.05$)^[94]。在抗凝药物的选择方面,新型口服抗凝药(novel oral anticoagulant, NOAC)在降低心房颤动患者脑卒中或系统性栓塞的风险方面并不劣于华法林,且在颅内出血方面具有更高的安全性^[95]。不同于华法林的长半衰期(约 40 h),NOAC 的半衰期较短(5~17 h),因此,漏服 1~2 剂 NOAC 可能会导致抗凝作用消失,有血栓形成的风险,且依从性降低与脑卒中和死亡风险增加相关。倡导由抗凝专科人员(如抗凝门诊/血栓中心医务人员)定期评价 NOAC 的作用和患者的用药依从性^[96]。

共识 15

(1) 当 CABG 术后脑卒中患者合并其他抗凝指征时,如心房颤动、深静脉血栓形成、心脏人工瓣膜置换、心室血栓等,应启用 OAC,包括维生素 K 拮抗剂(vitamin K antagonist, VKA, 如华法林)或 NOAC(如达比加群酯、利伐沙班、阿哌沙班)(2B)。考虑包括中国患者在内的东亚人群出血风险高于血栓形成风险,相比双联抗血小板治疗+OAC(即三联抗栓治疗),专家组更推荐单一抗血小板治疗+OAC(即三联抗栓治疗),即阿司匹林或 1 种 P2Y₁₂ 受体抑制剂联合 VKA 或 NOAC。联合抗栓治疗的疗程根据抗凝指征而定,疗程完成后改为长期口服抗血小板治疗(2D)。

(2) 不除外心源性栓塞引起的脑卒中时,应与神经内科专家协商,充分权衡利弊,明确抗凝治疗的必要性与治疗时机(2D)。

2 CABG 围术期癫痫

2.1 流行病学、危险因素、病因和发病机制 心脏手术后癫痫发生率为 0.1%~9.0%^[5,97~98],CABG 术后癫痫发生率为 0.1%~0.4%^[4~5]。CABG 术后癫痫的危险因素包括:高龄、癫痫病史和睡眠剥夺、升主动脉钙化或粥样硬化、慢性心力衰竭、急性生理与慢性健康评分系统(acute physiology and chronic health evaluation scoring system, APACHE) II 评分>20 分;术中应用麻醉药物、主动脉阻断钳夹闭时间、体外循环时间>150 min 以及使用氨甲环酸;术后电解质紊乱、感染、新发脑卒中等^[5~9]。

2.2 临床表现和诊断标准 癫痫是多种原因导致的脑部神经元高度同步化异常放电所致的临床综合征,由于异常放电的部位不同,可有多种临床表现,如强

直、阵挛、肌阵挛、痉挛、失神、失张力、自动症等。

癫痫诊断标准^[99]: (1) 间隔超过 24 h 的至少 2 次非诱发性癫痫发作; (2) 单次发作但再发风险高, 如合并脑损伤、脑电图结果明显异常、神经影像学异常以及夜间发作等因素, 推测未来 10 年复发率 > 60%; (3) 既往被诊断为癫痫综合征。

2.3 围术期风险评估和危险分层 脑电图有助于明确临床发作是否为癫痫, 评估复发风险, 并协助判断昏迷原因^[100]。但脑电图相关研究多集中在成人大血管手术和小儿先天性心脏病手术, 在单纯 CABG 围术期神经系统并发症评估中的作用尚不确定。Manji 等^[7]对 5 958 例接受心脏手术的患者进行了回顾性研究, 发现 56 例患者术后癫痫发作, 其中 33 例住院期间复发。Sharma 等^[6]的研究纳入 11 529 例接受心脏手术的患者, 其中 100 例术后发生惊厥性癫痫, 82 例患者在首次发作 24 h 内接受脑电图检查, 其中仅 16 例发现癫痫样放电, 其余患者均表现为非癫痫样放电或弥漫性非特异性改变。在另一项研究中, 101 例患者应用长程脑电图监测心脏手术后惊厥性、非惊厥性癫痫发作和继发神经损伤, 其中 3 例出现术后癫痫发作, 随访 1 年均无永久性神经系统后遗症, 临床不良事件的发生率和死亡率较其余患者均未升高, 提示在心脏手术患者中, 预防性的长程脑电图监测意义不大^[101]。

共识 16

(1) 对于怀疑有癫痫发作的 CABG 围术期患者, 建议行头皮脑电图检查 (1A)。

(2) 对于常规脑电图无阳性发现的 CABG 围术期患者, 建议多次复查或行长程视频脑电图监测, 以提高检查阳性率 (GPS)。

(3) 不建议在 CABG 围术期预防性开展长程脑电图监测 (GPS)。

2.4 围术期干预策略 术后癫痫发作的控制主要依靠药物, 应根据患者的个人情况和癫痫发作类型选择药物治疗方案。目前暂无针对心脏手术后癫痫发作治疗的临床研究。本共识参照美国神经病学学会和美国癫痫学会的最新癫痫药物治疗指南^[102]以及欧洲神经科学学会联盟成人癫痫持续状态管理指南^[103], 提出 CABG 术后癫痫的治疗策略。对于新发局灶性癫痫或未分类的全面性强直-阵挛发作患者, 推荐应用拉莫三嗪、左乙拉西坦或唑尼沙胺; 对于年龄 ≥ 60 岁的新发局灶性癫痫患者, 推荐应用拉莫三嗪和加巴喷丁。癫痫持续状态的首选治疗是静脉注射苯二氮卓类药物, 如地西洋和劳拉西泮。对于难治性全面性惊厥性癫痫持续状态, 建议采用麻醉剂量的巴比妥类、咪达唑仑或异丙酚静脉注射治疗。对于难治性非惊厥性癫痫持续状态, 建议采用非苯二氮卓类抗癫痫药物如左

乙拉西坦、苯巴比妥或丙戊酸静脉注射治疗。

共识 17

(1) 对于有癫痫病史的患者, CABG 围术期应在专科医师指导下继续使用抗癫痫药物治疗 (1A)。

(2) 推荐使用抗癫痫药物控制 CABG 术后癫痫发作 (GPS)。

3 CABG 围术期神经认知障碍

3.1 流行病学、危险因素、病因和发病机制 围术期神经认知障碍是术前和术后神经认知障碍的总称, 包括认知功能损害和谵妄。心脏手术后 1 周内认知功能损害发生率可高达 43.0%, 高于非心脏手术 (25.8%)^[10, 104]。Meta 分析显示, 19% 的 CABG 患者存在术前认知功能损害, 43% 的患者出现术后急性认知功能损害, 术后 6 个月时认知功能损害患病率下降至 19%, 但在术后 1 年又升高至 25%^[10]。

3.1.1 认知功能损害 高龄、躯体疾病、虚弱、教育程度低与术后认知功能损害的发生密切相关^[105]。心脏手术特定的危险因素包括体外循环引起的炎症反应、血液动力学和温度变化^[106-107]、血液稀释^[108]以及术中血氧浓度波动^[109-110]等。手术操作因素包括主动脉阻断钳单次钳夹与多次钳夹^[111-112]、栓子过滤器脑保护策略^[113]以及术中麻醉管理策略^[114-115]。此外, 术前抑郁^[116]、术中插管时间、术中脑氧饱和度^[117]和 TCD 短暂性高信号^[13, 118]、术后谵妄^[119]以及重症监护病房 (intensive care unit, ICU) 停留时间^[120]等均与认知功能损害相关。

目前认知功能损害的发病机制尚不清楚, 可能的机制包括全身和神经系统炎症^[11-12]、脑微栓塞^[13-14]、脑灌注不足和脑血管自动调节障碍^[15-16]以及麻醉诱导的神经毒性^[17]等。

3.1.2 谵妄 谵妄的发生是易感因素和促发因素综合作用的结果^[121]。常见的易感因素包括高龄、认知功能减退、衰弱、并存多种疾病、抑郁或其他精神心理疾病、饮酒史、营养不良、视听功能障碍等; 常见的促发因素包括急性发病、创伤、手术、脱水、心理压力、药物滥用或戒断、疼痛、与医疗环境相关的因素如机械通气^[121]。

3.2 临床表现和诊断标准

3.2.1 认知功能损害 认知功能损害可表现为精神错乱、记忆力减退、工作能力下降、对外界事物反应以及处理的能力下降、焦虑、睡眠障碍, 严重者可丧失判断和语言概括能力, 并出现人格的改变。第五版美国精神障碍诊断与统计手册 (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition, DSM-V)

指出,认知功能损害的核心特征包括在一个或多个认知领域出现认知衰退(包括客观认知功能评估以及患者、知情人或医务人员对其认知功能的主观担心)和患者日常生活活动能力的独立性受损^[122]。DSM-V 中轻度/重度认知功能损害的诊断标准为:(1)一个或多个认知领域(复杂的注意、执行功能、学习和记忆、语言、知觉运动或社会认知)出现轻度/显著认知衰退,其证据基于患者、知情人或医务人员对认知功能轻度/显著下降的担心以及量化的轻度/显著认知功能损害(测评结果分别低于平均水平 1~2 个和 2 个以上标准差);(2)认知功能损害不干扰(仍可进行日常生活中复杂的重要活动,如支付账单或管理药物,但可能需要更大的努力、代偿性策略或调节)/干扰(最低限度而言,日常生活中复杂的重要活动需要帮助,如支付账单或管理药物)日常活动的独立性;(3)认知功能损害不仅仅发生在有谵妄的情况下;(4)认知功能损害不能用其他精神障碍来更好地解释(如重性抑郁障碍和精神分裂症)^[122]。

3.2.2 谵妄 谵妄又称为急性脑病综合征,DSM-V 中谵妄的诊断标准为:(1)注意(即指向、聚焦、维持和转移注意力的能力减弱)和意识(对环境的定向力减弱)障碍;(2)该障碍在较短时间内发生(通常为数小时至数天),表现为与基线注意和意识相比的变化,以及在一天中严重程度的波动;(3)额外的认知障碍(例如记忆力缺陷、定向障碍、语言障碍、视空间能力或知觉障碍);(4)诊断标准(1)和(3)中的障碍不能用其他已患的、已确诊的或逐渐进展的认知障碍来更好地解释,也不是出现在觉醒水平严重降低(如昏迷)的背景下;(5)病史、体格检查或实验室发现的证据表明,该障碍是由其他躯体疾病、药物中毒或戒断(即由于滥用毒品或药物)、接触毒素或多种病因直接导致的生理结果^[122]。

共识 18

推荐应用 DSM-V 诊断范式来诊断 CABG 围术期神经认知障碍(1B)。

3.3 围术期风险评估和危险分层

3.3.1 认知功能损害 术前评估纳入简单、常规的基线认知筛查是可行的。迷你认知评估量表(mini-cognitive test, MiniCog)可作为简单、有效的术前评估首选工具^[123]。Mini-Cog 包括 3 个词语回忆和时钟绘制任务,3 项词语回忆(0~3 分)中每个正确词语记 1 分,时钟绘制完全正确记 2 分,否则为 0 分;总分 0~2 分表示可能存在认知障碍,总分 3~5 分表示无认知障碍。

简易精神状态量表(mini-mental state examination, MMSE)可作为认知的整体测试和痴呆症的筛查测

试。该测试包括 30 个问题,评估注意力、方向、记忆力、语言和视空间能力,总分在 0~30 分之间,分数越低,表现越差;目前常用的根据教育水平确定的痴呆症界值为:文盲组 ≤ 17 分,小学组 ≤ 20 分,中学或以上组 ≤ 24 分^[124]。

蒙特利尔认知评估量表(montreal cognitive assessment, MoCA)是另一种常用的认知测试,评估领域包括视空间与执行功能、命名、记忆力、注意力、语言、抽象、延迟回忆和定向力,与 MMSE 相似,也属于整体测试,但更强调对执行功能和注意力方面的认知评估;最高分为 30 分,正常值为 ≥ 26 分, <26 分被认为存在认知障碍;受教育程度的影响,结果可对文化程度偏倚进行校正^[125]。

不同的神经心理测试量表可进一步细化认知功能及认知功能损害的严重程度^[126]。雷伊听觉语言学习测试可评估编码、存储和检索语言记忆的能力,用来检查情景记忆^[127]。连线测试-A 分析精神运动速度和注意力,连线测试-B 增加了执行功能的复杂性评估^[128]。

其他常用的神经心理测试量表还包括:凹槽钉板测试^[129]、霍普金斯语言学习测试^[130]、概念转移测试^[131]、韦氏记忆量表^[132]、Stroop 颜色和单词测试评估^[133]和 Boston 命名评估语言^[134]等。

共识 19

推荐 CABG 术前应用综合筛查量表和(或)神经心理认知量表评估基线认知水平(1B)。

3.3.2 谵妄 谵妄目前主要依靠临床诊断,缺乏有效的客观指标。目前临床常用的谵妄诊断工具主要包括:意识模糊评估法(confusion assessment method, CAM)^[135]、ICU 意识模糊评估法(confusion assessment method for the ICU, CAM-ICU)^[136]、重症监护谵妄筛查量表(intensive care delirium screening checklist, ICDSC)^[137]、4 项谵妄快速诊断方案(the four A's test, 4AT)^[138]、3 分钟谵妄诊断量表(3-minute diagnostic interview for confusion assessment method, 3D-CAM)^[139]、护理谵妄筛查量表(nursing delirium screening scale, NS-DESC)^[140]和术后谵妄分型^[141]。

脑电图是评估谵妄的一种有效工具。研究发现,全身麻醉期间脑电图显示的爆发抑制与术后谵妄有关^[142-145]。另有研究发现,在新发意识改变时进行机械通气的非神经系统危重患者中,脑电图显示的爆发抑制、节律性/周期性模式或癫痫发作/癫痫持续状态提示谵妄风险增加^[146]。国外学者还开发了一套脑电图意识模糊评估严重程度评分(electroencephalographic confusion assessment method severity score, E-CAM-S),可自动化客观评价

谵妄严重程度,预测临床结局,与传统的量表评估效率相当^[147]。

共识 20

(1) 建议使用相关临床量表来诊断 CABG 围术期谵妄(1B)。

(2) 建议应用脑电图辅助 CABG 围术期谵妄的诊断(2C)。

3.4 围术期干预策略

3.4.1 认知功能损害 认知功能损害的干预策略包括药物干预和非药物干预。

CABG 术后首先避免使用加重认知障碍的药物。在药物干预方面,多奈哌齐不能改善综合认知表现,但可改善延迟记忆^[148]。多项小样本临床试验显示,与安慰剂相比,CABG 术前及术后短期应用吡拉西坦可改善认知功能,避免早期神经心理功能大幅下降^[149-151]。促红细胞生成素有减少 CABG 患者术后 2 个月时认知功能损害的趋势^[152],但仍需进行多中心随机对照试验。围术期应用利多卡因对 CABG 术后认知障碍的影响尚存争议,剂量-反应关系不明。高剂量的利多卡因与糖尿病存在交互作用,导致糖尿病患者更容易出现认知功能下降^[153],未来需要更多的数据来确定最佳的给药方案以及获益群体。

非药物干预策略包括减少脑微栓子、避免低灌注、调节温度、改善手术方式、进行术中监测等。术中脑氧饱和度监测可更好地预测患者的术后认知功能^[117];术中脑氧饱和度降低显著增加 CABG 术后认知功能下降和住院时间延长风险^[154];术中局部脑氧饱和度影响术后 S100B 浓度的变化^[155]。近红外光谱技术(near infrared spectrum instrument, NIRS)对合并颈动脉疾病的 CABG 患者术后认知功能有积极影响^[156],利用 NIRS 监测脑氧饱和度的临床益处需进一步评价^[157]。通过脑电双频指数监测麻醉深度,避免麻醉过深,可能有利于维持术后认知功能^[116]。有研究探索了术中过滤装置是否在 CABG 手术期间保护大脑及其对神经心理功能的影响,结果发现,气态微栓子导致术后 3 个月认知功能减退,而针对气态栓子的过滤装置可改善术后认知功能^[115]。认知康复训练可显著改善 CABG 患者术后的认知功能和生活质量^[158]。目前研究结果提示,远程缺血预处理可预防 CABG 术后短期认知功能下降^[159-160]。

3.4.2 谵妄

3.4.2.1 术前 CABG 术前应尽可能纠正可逆的谵妄促发因素,术前进行认知训练可降低术后的谵妄风险^[161]。

3.4.2.2 术中 CABG 术中脑电图波形抑制提示全身麻醉过度,与术后谵妄有关^[143,162]。但现有研究

发现,在接受大手术的老年人中,与常规麻醉相比,脑电图引导下麻醉并未降低术后谵妄的发生率^[163],这一发现不支持常规使用脑电图引导麻醉。体外循环引起的全身炎症反应综合征与术后谵妄相关,但甲波尼龙未能降低体外循环术后谵妄发生率和死亡率^[164]。远隔缺血预适应有减少心脏术后谵妄的趋势^[165]。低于麻醉剂量的氯胺酮常用于术中和术后镇痛,但现有研究发现,单次应用低于麻醉剂量的氯胺酮不仅未能减少老年人术后谵妄,还增加了幻觉和噩梦的发生率^[166],因此不建议应用氯胺酮来预防术后谵妄。

3.4.2.3 术后 CABG 术后谵妄的治疗目标是快速缓解临床症状和改善预后,首选非药物治疗^[167]。一项 Meta 分析发现,与对照干预相比,严谨细致地实施住院老年人生命支持项目可有效降低 53% 的谵妄发生率^[168]。药物治疗主要用于高活动型谵妄患者,控制患者的躁动、伤人等危险行为,主要包括抗精神病药物和镇静药物。但最新研究显示,抗精神病药物如氟哌啶醇^[169]、利培酮^[170]的使用并不能改善患者的预后,且使用时需警惕此类药物的副作用。右美托咪定是一种相对选择性 α_2 肾上腺素受体激动剂,具有镇静作用。一项 Meta 分析提示,使用右美托咪定可降低 ICU 谵妄的发生率以及缩短谵妄持续时间^[171]。但另一项随机对照试验发现,从麻醉诱导时开始输注右美托咪定并持续输注 24 h 并不能降低心脏术后的谵妄发生率,因此不推荐心脏手术患者常规应用右美托咪定来降低谵妄发生率^[172]。

共识 21

(1) 推荐在 CABG 术前进行认知训练,以降低术后谵妄发生率(2B)。

(2) 不推荐 CABG 术中使用脑电图引导麻醉以及应用类固醇和氯胺酮来降低术后谵妄发生率(2B)。

(3) CABG 术后谵妄的治疗首选以住院老年人生命支持项目为代表的非药物治疗(2C)。

4 CABG 围术期周围神经损伤

4.1 流行病学、危险因素、病因和发病机制 CABG 术后周围神经损伤的发生率为 10%~15%,其中以臂丛神经(1.5%~24.0%)和膈神经(26.0%)损伤最常见,喉返神经、尺神经、隐神经损伤相对少见^[18-21]。随着手术技术的提升、体外循环装置的改进以及术后护理水平的提高,CABG 术后周围神经损伤的发生率显著降低^[173]。

周围神经损伤通常由机械损伤引起。切开胸骨时,第一肋骨上旋,锁骨向下移位、拉伸可直接损伤臂丛神经,其中以臂丛神经下干损伤最为常见^[174]。

CABG常用的桥血管为乳内动脉、大隐静脉以及桡动脉,在剥离桥血管的过程中,易对膈神经、隐神经、尺神经、正中神经等造成直接损伤^[175]。尺神经和腓总神经位置浅表,术中肢体位置摆放不良导致神经、血管受压容易造成尺神经损伤^[176],主动脉内球囊反搏可造成腓总神经损伤^[177]。体外循环手术后周围神经损伤的另一机制是神经缺血,体外循环转流时间超过 100 min 以及术前高血压、血脂异常、糖尿病和主动脉、颈总动脉、无名动脉粥样斑块形成等是造成臂丛神经缺血的危险因素^[177]。术中低温也会对神经造成损伤,CABG 术中局部低温在保护心肌的同时,可诱导神经发生局灶性脱髓鞘及轴突变性,神经损伤的严重程度取决于温度和低温持续时间^[178-179]。左膈神经与左喉返神经易受低温损伤^[180]。个案报道显示,CABG 术后副神经损伤主要缘于牵拉损伤和颈内静脉插管^[181-183]。

CABG 术后吉兰-巴雷综合征发生率较低,仅见于个案报道^[184-186],其神经病变很可能是由于各种因素之间的复杂相互作用所致,如应激反应、外科手术本身、主要并发症、麻醉、亚临床外源性感染和遗传因素^[187]。

4.2 临床表现和诊断标准 CABG 术后周围神经损伤的诊断需要全面、仔细的神经系统查体,表现为相应支配区域的感觉和运动障碍,部分症状不明显的患者难以及时诊断,需进行肌电图检查。CABG 术后吉兰-巴雷综合征的典型症状包括进行性的四肢对称肌无力以及腱反射减退或消失。

4.3 围术期风险评估和危险分层 CABG 术中监测正中神经和尺神经的体感诱发电位有助于臂丛神经损伤的诊断^[188],也可监测膈神经损伤。X 线胸片观察到膈肌术后较术前或对侧升高两个及以上肋间隙,提示可能存在膈神经损伤^[189]。膈肌超声也是评估膈神经是否受损的有效手段^[190]。CABG 术后周围神经损伤的症状大多是暂时的,只有 1% 的患者症状持续超过 3 个月^[191]。症状持续的患者应进一步检测神经传导速度,以确定轴突或髓鞘损伤程度。当患者术后表现出无法解释的进行性肌无力或肢体感觉异常症状时,应考虑吉兰-巴雷综合征。吉兰-巴雷综合征患者通常在发病后第 2 周出现脑脊液蛋白细胞分离,肌电图是其临床检查的主要手段,有助于确定该疾病是轴索型还是髓鞘型神经病变^[192]。

共识 22

(1) CABG 术前无需常规评估周围神经损伤风险 (2C)。

(2) CABG 术中体感诱发电位监测可发现潜在的膈神经损伤 (2C); 术后可行膈肌超声和 X 线胸片检查评价膈神经功能 (2C); 术中动脉或静脉桥血管取材应谨慎操作,避免损伤膈神经 (2C)。

(3) 有条件的医院可行 CABG 术中体感诱

发电位监测,提前发现潜在的神经损伤 (2C); 术中动脉或静脉桥血管取材可能会造成神经损伤,术者需谨慎操作 (2C); 对于神经走行表浅部位,术中应采取功能位放置,避免神经卡压损伤 (2C)。

(4) CABG 术后患者清醒后应进行详细的神经系统查体,及时发现神经损伤部位及评估其严重程度。神经受损的患者应行神经电生理检查,以客观评价损伤严重程度 (2B)。

(5) CABG 术后患者出现进行性肌无力或肢体感觉异常症状时,应行脑脊液和肌电图检查 (2B)。

4.4 围术期干预策略 CABG 术后的周围神经损伤大多是暂时的,经保守治疗后可好转。在心脏外科手术过程中,注意患者肢体摆放、加用软垫保护肘关节、缩短低灌注时间可降低术中尺神经损伤的发生率^[193]。使用隔温材料将心肌与膈神经隔开,可减少对膈神经的机械及低温损害,在一定程度上可预防膈神经损伤。低温或机械性牵拉引起的膈神经功能障碍通常在保守治疗后 1 年内恢复^[194]。对于单侧膈神经损伤患者,应及时给予机械通气。对于双侧膈神经损伤以及生活质量严重受损且神经功能无改善的患者,可选择膈肌折叠术^[195]。该手术可采用开放式或微创术式,横膈膜顶部被压平,以提供更大的肺活量。如折叠手术没能改善症状,还可以通过生物补片行修复手术^[196]。对于保守治疗失败的迷走神经损伤患者,应在评估后进行手术治疗。声带麻痹的患者可以注射聚四氟乙烯来增加张力、支撑声带。吞咽困难时进行环咽肌切开术治疗,以缓解环咽肌的持续痉挛^[197]。对于检出 1 年内或保守治疗无效的副神经损伤患者,应考虑行微创外科手术来修复和重建神经。研究表明,Eden-Lange 手术可转移肩胛提肌和菱形肌,缓解疼痛、矫正畸形并改善功能^[198]。对于吉兰-巴雷综合征患者,静脉注射免疫球蛋白或进行血浆置换可改善病情^[192]。

共识 23

(1) 在 CABG 过程中,建议通过注意肢体摆放、加用软垫、缩短低灌注时间等方式,减轻对尺神经和桡神经的损伤 (2C)。

(2) CABG 术中使用隔温材料可能会减轻膈神经损伤;对于术后双侧膈神经损伤和生活质量下降且神经功能无改善的患者,可根据患者情况考虑进行膈肌折叠术 (2C)。

(3) 双侧喉返神经损伤情况危急,出现呼吸困难或窒息时应及时行环咽肌切开术,以缓解肌肉痉挛 (2C)。

(4) 对于 CABG 术后保守治疗无效的副神经损伤患者,建议行显微外科手术来修复和重建神经 (2C)。

(5) CABG 术后出现吉兰-巴雷综合征时,应静脉注射免疫球蛋白或进行血浆置换 (1A)。

专家指导组(按姓氏汉语拼音排序):

董 然(首都医科大学附属北京安贞医院),
 杜 娟(中国医学科学院阜外医院),
 范玉华(中山大学附属第一医院),
 凤 玮(中国医学科学院阜外医院),
 葛建军(安徽医科大学第一附属医院),
 郭惠明(广东省人民医院),
 韩 翔(复旦大学附属华山医院),
 李淑娟(中国医学科学院阜外医院),
 李 通(南宁市第二人民医院),
 凌云鹏(北京大学第三医院),
 刘艳芳(首都医科大学附属北京天坛医院),
 乔晨晖(郑州大学第一附属医院),
 宋 波(郑州大学第一附属医院),
 宋海庆(首都医科大学宣武医院),
 苏丕雄(首都医科大学附属北京朝阳医院),
 田 海(哈尔滨医科大学附属第二医院),
 王联群(天津市胸科医院),
 王 嵘(解放军总医院第六医学中心),
 王正清(泰达国际心血管病医院),
 吴 波(四川大学华西医院),
 徐 飞(中国医学科学院阜外医院),
 薛 松(上海交通大学医学院附属仁济医院),
 赵性泉(首都医科大学附属北京天坛医院),
 郑 军(北京协和医院),
 周瑛华(中国医学科学院阜外医院)
撰写组(按贡献度排序):周瑛华、胡 展、
 王玮婧、张贵涛、周琪琳、冯 瑶、
 胡国良(单位均为中国医学科学院阜外医院)
秘书组(按姓氏汉语拼音排序):
 李文博、刘欣敏、马雅军、裴英建、王彬成、
 希尔艾力·铁木尔尼亚孜(单位均为中国医学科学
 院阜外医院)

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Weiss AJ, Svensson LG, Bakaeen FG, et al. Temporal improvements in perioperative stroke rates following coronary artery bypass grafting[J]. Curr Opin Cardiol, 2020, 35(6): 679–686.
- [2] Mao Z, Zhong X, Yin J, et al. Predictors associated with stroke after coronary artery bypass grafting: a systematic review[J]. J Neurol Sci, 2015, 357(1–2): 1–7.
- [3] Mohamed MO, Hirji S, Mohamed W, et al. Incidence and predictors of postoperative ischemic stroke after coronary artery bypass grafting[J]. Int J Clin Pract, 2021, 75(5):

e14067.

- [4] Roach GW, Kanchuger M, Mangano CM, et al. Adverse cerebral outcomes after coronary bypass surgery[J]. N Engl J Med, 1996, 335(25): 1857–1863.
- [5] Goldstone AB, Bronster DJ, Anyanwu AC, et al. Predictors and outcomes of seizures after cardiac surgery: a multivariable analysis of 2 578 patients[J]. Ann Thorac Surg, 2011, 91(2): 514–518.
- [6] Sharma V, Katznelson R, Jerath A, et al. The association between tranexamic acid and convulsive seizures after cardiac surgery: a multivariate analysis in 11 529 patients[J]. Anaesthesia, 2014, 69(2): 124–130.
- [7] Manji RA, Grocott HP, Leake J, et al. Seizures following cardiac surgery: the impact of tranexamic acid and other risk factors[J]. Can J Anaesth, 2012, 59(1): 6–13.
- [8] Takagi H, Ando T, Umemoto T, et al. Seizures associated with tranexamic acid for cardiac surgery: a meta-analysis of randomized and non-randomized studies[J]. J Cardiovasc Surg (Torino), 2017, 58(4): 633–641.
- [9] Murkin JM, Falter F, Granton J, et al. High-dose tranexamic acid is associated with nonischemic clinical seizures in cardiac surgical patients[J]. Anesth Analg, 2010, 110(2): 350–353.
- [10] Greaves D, Psaltis PJ, Ross TJ, et al. Cognitive outcomes following coronary artery bypass grafting: a systematic review and metaanalysis of 91 829 patients[J]. Int J Cardiol, 2019, 289: 43–49.
- [11] Skvarc DR, Berk M, Byrne LK, et al. Post-operative cognitive dysfunction: an exploration of the inflammatory hypothesis and novel therapies[J]. Neurosci Biobehav Rev, 2018, 84: 116–133.
- [12] Cheng C, Wan H, Cong P, et al. Targeting neuroinflammation as a preventive and therapeutic approach for perioperative neurocognitive disorders[J]. J Neuroinflammation, 2022, 19(1): 297.
- [13] Martin KK, Wigginton JB, Babikian VL, et al. Intraoperative cerebral high-intensity transient signals and postoperative cognitive function: a systematic review[J]. Am J Surg, 2009, 197(1): 55–63.
- [14] Bokeriia LA, Golukhova EZ, Breskina NY, et al. Asymmetric cerebral embolic load and postoperative cognitive dysfunction in cardiac surgery[J]. Cerebrovasc Dis, 2007, 23(1): 50–56.
- [15] Armstead WM. Cerebral blood flow autoregulation and dysautoregulation[J]. Anesthesiol Clin, 2016, 34(3): 465–477.
- [16] Kumpaitiene B, Svagzdiene M, Sirvinskas E, et al.

- Cerebrovascular autoregulation impairments during cardiac surgery with cardiopulmonary bypass are related to postoperative cognitive deterioration: prospective observational study[J]. *Minerva Anesthesiol*, 2019, 85(6): 594–603.
- [17] Vu T, Smith JA. An update on postoperative cognitive dysfunction following cardiac surgery[J]. *Front Psychiatry*, 2022, 13: 884907.
- [18] Efthimiou J, Butler J, Woodham C, et al. Diaphragm paralysis following cardiac surgery: role of phrenic nerve cold injury[J]. *Ann Thorac Surg*, 1991, 52(4): 1005–1008.
- [19] O'Brien JW, Johnson SH, VanSteyn SJ, et al. Effects of internal mammary artery dissection on phrenic nerve perfusion and function[J]. *Ann Thorac Surg*, 1991, 52(2): 182–188.
- [20] DeVita MA, Robinson LR, Rehder J, et al. Incidence and natural history of phrenic neuropathy occurring during open heart surgery[J]. *Chest*, 1993, 103(3): 850–856.
- [21] Sharma AD, Parmley CL, Sreeram G, et al. Peripheral nerve injuries during cardiac surgery: risk factors, diagnosis, prognosis, and prevention[J]. *Anesth Analg*, 2000, 91(6): 1358–1369.
- [22] Anyanwu AC, Filsofi F, Salzberg SP, et al. Epidemiology of stroke after cardiac surgery in the current era[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2007, 134(5): 1121–1127.
- [23] Bucerius J, Gummert JF, Borger MA, et al. Stroke after cardiac surgery: a risk factor analysis of 16 184 consecutive adult patients[J]. *Ann Thorac Surg*, 2003, 75(2): 472–478.
- [24] Karunanantham J, Ali JM, Evans NR, et al. Impact of stroke on outcomes following cardiac surgery: propensity matched analysis[J]. *J Card Surg*, 2020, 35(11): 3010–3016.
- [25] Gaudino M, Rahouma M, Di Mauro M, et al. Early versus delayed stroke after cardiac surgery: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Am Heart Assoc*, 2019, 8(13): e012447.
- [26] Feilberg Rasmussen L, Andreasen JJ, Riahi S, et al. Risk and subtypes of stroke following new-onset postoperative atrial fibrillation in coronary bypass surgery: a population-based cohort study[J]. *J Am Heart Assoc*, 2022, 11(24): e8032.
- [27] Hedberg M, Boivie P, Engström KG. Early and delayed stroke after coronary surgery—an analysis of risk factors and the impact on short- and long-term survival[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2011, 40(2): 379–387.
- [28] Tarakji KG, Sabik JF 3rd, Bhudia SK, et al. Temporal onset, risk factors, and outcomes associated with stroke after coronary artery bypass grafting[J]. *JAMA*, 2011, 305(4): 381–390.
- [29] Likosky DS, Marrin CA, Caplan LR, et al. Determination of etiologic mechanisms of strokes secondary to coronary artery bypass graft surgery[J]. *Stroke*, 2003, 34(12): 2830–2834.
- [30] Fanning JP, Campbell BCV, Bulbulia R, et al. Perioperative stroke[J]. *Nat Rev Dis Primers*, 2024, 10(1): 3.
- [31] Devgun JK, Gul S, Mohananey D, et al. Cerebrovascular events after cardiovascular procedures: risk factors, recognition, and prevention strategies[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2018, 71(17): 1910–1920.
- [32] Herrmann FEM, Taha A, Nielsen SJ, et al. Recurrence of atrial fibrillation in patients with new-onset postoperative atrial fibrillation after coronary artery bypass grafting[J]. *JAMA Netw Open*, 2024, 7(3): e241537.
- [33] Oi K, Arai H. Stroke associated with coronary artery bypass grafting[J]. *Gen Thorac Cardiovasc Surg*, 2015, 63(9): 487–495.
- [34] Barbut D, Caplan LR. Brain complications of cardiac surgery[J]. *Curr Probl Cardiol*, 1997, 22(9): 449–480.
- [35] Borger MA, Ivanov J, Weisel RD, et al. Stroke during coronary bypass surgery: principal role of cerebral macroemboli[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2001, 19(5): 627–632.
- [36] Bentsen N, Larsen B, Lassen NA. Chronically impaired autoregulation of cerebral blood flow in long-term diabetics[J]. *Stroke*, 1975, 6(5): 497–502.
- [37] Vlisides PE, Moore LE, Whalin MK, et al. Perioperative care of patients at high risk for stroke during or after non-cardiac, non-neurological surgery: 2020 guidelines from the Society for Neuroscience in Anesthesiology and Critical Care[J]. *J Neurosurg Anesthesiol*, 2020, 32(3): 210–226.
- [38] Shahian DM, Jacobs JP, Badhwar V, et al. The Society of Thoracic Surgeons 2018 adult cardiac surgery risk models: part 1—background, design considerations, and model development[J]. *Ann Thorac Surg*, 2018, 105(5): 1411–1418.
- [39] O'Brien SM, Feng L, He X, et al. The Society of Thoracic Surgeons 2018 adult cardiac surgery risk models: part 2—statistical methods and results[J]. *Ann Thorac Surg*, 2018, 105(5): 1419–1428.
- [40] Gao F, Shan L, Wang C, et al. Predictive ability of

- European Heart Surgery Risk Assessment System II (EuroSCORE II) and the Society of Thoracic Surgeons (STS) score for in-hospital and medium-term mortality of patients undergoing coronary artery bypass grafting[J]. *Int J Gen Med*, 2021, 14: 8509–8519.
- [41] Kunt AG, Kurtcepe M, Hidiroglu M, et al. Comparison of original EuroSCORE, EuroSCORE II and STS risk models in a Turkish cardiac surgical cohort[J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2013, 16(5): 625–629.
- [42] Shales S, Uma Maheswara Rao S, Khapli S, et al. Comparison of European System for Cardiac Operative Risk Evaluation (EuroSCORE) and the Society of Thoracic Surgeons (STS) score for risk prediction in Indian patients undergoing coronary artery bypass grafting[J]. *Indian J Thorac Cardiovasc Surg*, 2021, 37(6): 623–630.
- [43] Farrokhyar F, Wang X, Kent R, et al. Early mortality from off-pump and on-pump coronary bypass surgery in Canada: a comparison of the STS and the EuroSCORE risk prediction algorithms[J]. *Can J Cardiol*, 2007, 23(11): 879–883.
- [44] Duzel B. Use of CHA₂DS₂-VASc score to predict the risk of ischemic stroke and mortality in patients who underwent coronary artery bypass grafting surgery: a retrospective cohort study[J]. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2023, 27(2): 611–619.
- [45] Pisters R, Lane DA, Nieuwlaat R, et al. A novel user-friendly score (HAS-BLED) to assess 1-year risk of major bleeding in patients with atrial fibrillation: the Euro Heart Survey[J]. *Chest*, 2010, 138(5): 1093–1100.
- [46] Santise G, Nardella S, Miglino F, et al. The HAS-BLED score is associated with major bleeding in patients after cardiac surgery[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2019, 33(6): 1601–1606.
- [47] Mariscalco G, Biancari F, Zanobini M, et al. Bedside tool for predicting the risk of postoperative atrial fibrillation after cardiac surgery: the POAF score[J]. *J Am Heart Assoc*, 2014, 3(2): e000752.
- [48] de Vos CB, Pisters R, Nieuwlaat R, et al. Progression from paroxysmal to persistent atrial fibrillation clinical correlates and prognosis[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2010, 55(8): 725–731.
- [49] Newman MF, Wolman R, Kanchuger M, et al. Multicenter preoperative stroke risk index for patients undergoing coronary artery bypass graft surgery. Multicenter Study of Perioperative Ischemia (McSPI) Research Group[J]. *Circulation*, 1996, 94(9 Suppl): II74–80.
- [50] Santarpino G, Nicolini F, De Feo M, et al. Prognostic impact of asymptomatic carotid artery stenosis in patients undergoing coronary artery bypass grafting[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2018, 56(5): 741–748.
- [51] Naylor AR, Bown MJ. Stroke after cardiac surgery and its association with asymptomatic carotid disease: an updated systematic review and meta-analysis[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2011, 41(5): 607–624.
- [52] Klarin D, Patel VI, Zhang S, et al. Concomitant carotid endarterectomy and cardiac surgery does not decrease postoperative stroke rates[J]. *J Vasc Surg*, 2020, 72(2): 589–596. e3.
- [53] Tsukagoshi J, Yokoyama Y, Fujisaki T, et al. Systematic review and meta-analysis of the treatment strategies for coronary artery bypass graft patients with concomitant carotid artery atherosclerotic disease[J]. *J Vasc Surg*, 2023, 78(4): 1083–1094. e8.
- [54] Knipp SC, Holst T, Bilbilis K, et al. Five-year results of coronary artery bypass grafting with or without carotid endarterectomy in patients with asymptomatic carotid artery stenosis: CABACS RCT[J]. *Stroke*, 2022, 53(11): 3270–3277.
- [55] Yoon BW, Bae HJ, Kang DW, et al. Intracranial cerebral artery disease as a risk factor for central nervous system complications of coronary artery bypass graft surgery[J]. *Stroke*, 2001, 32(1): 94–99.
- [56] Lee EJ, Choi KH, Ryu JS, et al. Stroke risk after coronary artery bypass graft surgery and extent of cerebral artery atherosclerosis[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2011, 57(18): 1811–1818.
- [57] Zhang H, Zhang D, Qu J, et al. Association of carotid duplex ultrasonography screening with stroke and mortality among patients undergoing coronary artery bypass grafting[J]. *J Vasc Surg*, 2024, 80(1): 153–162. e4.
- [58] Sandner SE, Nolz R, Loewe C, et al. Routine preoperative aortic computed tomography angiography is associated with reduced risk of stroke in coronary artery bypass grafting: a propensity-matched analysis[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2020, 57(4): 684–690.
- [59] Rosenfeld ES, Trachiotis GD, Napolitano MA, et al. Intraoperative transit-time flow measurement and high-frequency ultrasound in coronary artery bypass grafting: impact in off versus on-pump, arterial versus venous grafting and cardiac territory grafted[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2021, 61(1): 204–213.
- [60] Moritz S, Kasprzak P, Arlt M, et al. Accuracy of cerebral

- monitoring in detecting cerebral ischemia during carotid endarterectomy: a comparison of transcranial Doppler sonography, near-infrared spectroscopy, stump pressure, and somatosensory evoked potentials[J]. *Anesthesiology*, 2007, 107(4): 563–569.
- [61] Clark RE, Brillman J, Davis DA, et al. Microemboli during coronary artery bypass grafting. Genesis and effect on outcome[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1995, 109(2): 249–257.
- [62] Barbut D, Yao FS, Hager DN, et al. Comparison of transcranial Doppler ultrasonography and transesophageal echocardiography to monitor emboli during coronary artery bypass surgery[J]. *Stroke*, 1996, 27(1): 87–90.
- [63] Ono M, Joshi B, Brady K, et al. Risks for impaired cerebral autoregulation during cardiopulmonary bypass and postoperative stroke[J]. *Br J Anaesth*, 2012, 109(3): 391–398.
- [64] Brown CH, Neufeld KJ, Tian J, et al. Effect of targeting mean arterial pressure during cardiopulmonary bypass by monitoring cerebral autoregulation on postsurgical delirium among older patients: a nested randomized clinical trial[J]. *JAMA Surg*, 2019, 154(9): 819–826.
- [65] Hori D, Nomura Y, Ono M, et al. Optimal blood pressure during cardiopulmonary bypass defined by cerebral autoregulation monitoring[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2017, 154(5): 1590–1598.
- [66] Robba C, Santori G, Czosnyka M, et al. Optic nerve sheath diameter measured sonographically as non-invasive estimator of intracranial pressure: a systematic review and meta-analysis[J]. *Intensive Care Med*, 2018, 44(8): 1284–1294.
- [67] Koziarz A, Sne N, Kegel F, et al. Bedside optic nerve ultrasonography for diagnosing increased intracranial pressure: a systematic review and meta-analysis[J]. *Ann Intern Med*, 2019, 171(12): 896–905.
- [68] Kidwell CS, Jahan R, Gornbein J, et al. A trial of imaging selection and endovascular treatment for ischemic stroke[J]. *N Engl J Med*, 2013, 368(10): 914–923.
- [69] 中华医学会神经病学分会, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组, 中华医学会神经病学分会神经血管介入协作组. 中国急性缺血性卒中早期血管内介入诊疗指南 2022[J]. *中华神经科杂志*, 2022, 55(6): 565–580.
- [70] 中国血脂管理指南修订联合专家委员会. 中国血脂管理指南(2023 年)[J]. *中国循环杂志*, 2023, 38(3): 237–271.
- [71] 冠状动脉旁路移植术围术期抗血小板治疗共识专家组. 冠状动脉旁路移植术围术期抗血小板治疗专家共识[J]. *中华胸心血管外科杂志*, 2016, 32(1): 1–8.
- [72] Jeppsson A, Rocca B, Hansson EC, et al. 2024 EACTS guidelines on perioperative medication in adult cardiac surgery[J]. *Eur J Card Thorac Surg*, 2024, (published online).
- [73] 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.
- [74] Gaudino M, Benesch C, Bakaeen F, et al. Considerations for reduction of risk of perioperative stroke in adult patients undergoing cardiac and thoracic aortic operations: a scientific statement from the American Heart Association[J]. *Circulation*, 2020, 142(14): e193–e209.
- [75] Sun LY, Chung AM, Farkouh ME, et al. Defining an intraoperative hypotension threshold in association with stroke in cardiac surgery[J]. *Anesthesiology*, 2018, 129(3): 440–447.
- [76] Futier E, Lefrant JY, Guinot PG, et al. Effect of individualized vs standard blood pressure management strategies on postoperative organ dysfunction among high-risk patients undergoing major surgery: a randomized clinical trial[J]. *JAMA*, 2017, 318(14): 1346–1357.
- [77] 中华医学会神经病学分会, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国急性缺血性卒中诊治指南 2023[J]. *中华神经科杂志*, 2024, 57(6): 523–559.
- [78] Madeira M, Martins C, Koukoulis G, et al. Mechanical thrombectomy for stroke after cardiac surgery[J]. *J Card Surg*, 2016, 31(8): 517–520.
- [79] Gupta AK, Sabab A, Goh R, et al. Endovascular thrombectomy for large vessel occlusion acute ischemic stroke after cardiac surgery[J]. *J Card Surg*, 2022, 37(12): 4562–4570.
- [80] Katzan IL, Masaryk TJ, Furlan AJ, et al. Intra-arterial thrombolysis for perioperative stroke after open heart surgery[J]. *Neurology*, 1999, 52(5): 1081–1084.
- [81] Fukuda I, Imazuru T, Osaka M, et al. Thrombolytic therapy for delayed, in-hospital stroke after cardiac surgery[J]. *Ann Thorac Surg*, 2003, 76(4): 1293–1295.
- [82] Aoki C, Fukuda I, Watanabe KI, et al. Thrombectomy and reconstruction of the left vertebral artery after total arch replacement: never give up on postoperative stroke[J]. *Gen Thorac Cardiovasc Surg*, 2020, 68(5): 534–537.

- [83] Moullaali TJ, Wang X, Sandset EC, et al. Early lowering of blood pressure after acute intracerebral haemorrhage: a systematic review and meta-analysis of individual patient data[J]. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2022, 93(1): 6–13.
- [84] Greenberg SM, Ziai WC, Cordonnier C, et al. 2022 guideline for the management of patients with spontaneous intracerebral hemorrhage: a guideline from the American Heart Association/American Stroke Association[J]. *Stroke*, 2022, 53(7): e282–e361.
- [85] Mendelow AD, Gregson BA, Rowan EN, et al. Early surgery versus initial conservative treatment in patients with spontaneous supratentorial lobar intracerebral haematomas (STICH II): a randomised trial[J]. *Lancet*, 2013, 382(9890): 397–408.
- [86] Yao Z, Ma L, You C, et al. Decompressive craniectomy for spontaneous intracerebral hemorrhage: a systematic review and meta-analysis[J]. *World Neurosurg*, 2018, 110: 121–128.
- [87] Hanley DF, Thompson RE, Rosenblum M, et al. Efficacy and safety of minimally invasive surgery with thrombolysis in intracerebral haemorrhage evacuation (MISTIE III): a randomised, controlled, open-label, blinded endpoint phase 3 trial[J]. *Lancet*, 2019, 393(10175): 1021–1032.
- [88] CAST (Chinese Acute Stroke Trial) Collaborative Group. CAST: randomised placebo-controlled trial of early aspirin use in 20 000 patients with acute ischaemic stroke [J]. *Lancet*, 1997, 349(9066): 1641–1649.
- [89] International Stroke Trial Collaborative Group. The International Stroke Trial (IST): a randomised trial of aspirin, subcutaneous heparin, both, or neither among 19 435 patients with acute ischaemic stroke[J]. *Lancet*, 1997, 349(9065): 1569–1581.
- [90] Wang Y, Wang Y, Zhao X, et al. Clopidogrel with aspirin in acute minor stroke or transient ischemic attack[J]. *N Engl J Med*, 2013, 369(1): 11–19.
- [91] Johnston SC, Easton JD, Farrant M, et al. Clopidogrel and aspirin in acute ischemic stroke and high-risk TIA[J]. *N Engl J Med*, 2018, 379(3): 215–225.
- [92] Wang X, Ouyang M, Yang J, et al. Anticoagulants for acute ischaemic stroke[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2021, 10(10): CD000024.
- [93] Powers WJ, Rabinstein AA, Ackerson T, et al. 2018 guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association[J]. *Stroke*, 2018, 49(3): e46–e110.
- [94] Yaghi S, Trivedi T, Henninger N, et al. Anticoagulation timing in cardioembolic stroke and recurrent event risk [J]. *Ann Neurol*, 2020, 88(4): 807–816.
- [95] Potpara TS, Lip GY. Oral anticoagulant therapy in atrial fibrillation patients at high stroke and bleeding risk[J]. *Prog Cardiovasc Dis*, 2015, 58(2): 177–194.
- [96] 中国心胸血管麻醉学会心血管药学会抗凝药师专科协作组. 直接口服抗凝药合理用药和处方质量评价药理学建议[J]. *中国循环杂志*, 2024, 39(3): 217–227.
- [97] Teller J, Gabriel MM, Schimmelpfennig SD, et al. Stroke, seizures, hallucinations and postoperative delirium as neurological complications after cardiac surgery and percutaneous valve replacement[J]. *J Cardiovasc Dev Dis*, 2022, 9(11): 365.
- [98] Tschernatsch M, Juenemann M, Alhaidar F, et al. Epileptic seizure discharges in patients after open chamber cardiac surgery—a prospective prevalence pilot study using continuous electroencephalography[J]. *Intensive Care Med*, 2020, 46(7): 1418–1424.
- [99] 中华医学会神经病学分会, 中华医学会神经病学分会脑电图与癫痫学组. 中国成人局灶性癫痫规范化诊治指南[J]. *中华神经科杂志*, 2022, 55(12): 1341–1352.
- [100] Rosenow F, Klein KM, Hamer HM. Non-invasive EEG evaluation in epilepsy diagnosis[J]. *Expert Rev Neurother*, 2015, 15(4): 425–444.
- [101] Gofton TE, Chu MW, Norton L, et al. A prospective observational study of seizures after cardiac surgery using continuous EEG monitoring[J]. *Neurocrit Care*, 2014, 21(2): 220–227.
- [102] Kanner AM, Ashman E, Gloss D, et al. Practice guideline update summary: efficacy and tolerability of the new antiepileptic drugs I: treatment of new-onset epilepsy: report of the Guideline Development, Dissemination, and Implementation Subcommittee of the American Academy of Neurology and the American Epilepsy Society[J]. *Neurology*, 2018, 91(2): 74–81.
- [103] Meierkord H, Boon P, Engelsens B, et al. EFNS guideline on the management of status epilepticus in adults[J]. *Eur J Neurol*, 2010, 17(3): 348–355.
- [104] Moller JT, Cluitmans P, Rasmussen LS, et al. Long-term postoperative cognitive dysfunction in the elderly ISPOCD1 study[J]. *Lancet*, 1998, 351(9106): 857–861.
- [105] Feinkohl I. Post-operative cognitive impairment: a cognitive epidemiology perspective[J]. *J Intell*, 2022, 10(1): 18.

- [106] Sahu B, Chauhan S, Kiran U, et al. Neurocognitive function in patients undergoing coronary artery bypass graft surgery with cardiopulmonary bypass: the effect of two different rewarming strategies[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2009, 23(1): 14–21.
- [107] Boodhwani M, Rubens F, Wozny D, et al. Effects of sustained mild hypothermia on neurocognitive function after coronary artery bypass surgery: a randomized, double-blind study[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2007, 134(6): 1443–1450; discussion 1451–1452.
- [108] Soliman R, Saad D, Abukhudair W, et al. The neurocognitive outcomes of hemodilution in adult patients undergoing coronary artery bypass grafting using cardiopulmonary bypass[J]. *Ann Card Anaesth*, 2022, 25(2): 133–140.
- [109] Shaefi S, Shankar P, Mueller AL, et al. Intraoperative oxygen concentration and neurocognition after cardiac surgery[J]. *Anesthesiology*, 2021, 134(2): 189–201.
- [110] Onur T, Karaca Ü, Ata F, et al. Intraoperative hyperoxygenation may negatively affect postoperative cognitive functions in coronary artery bypass graft operations: a randomized controlled study[J]. *J Card Surg*, 2022, 37(9): 2552–2563.
- [111] Hammon JW, Stump DA, Butterworth JF, et al. Coronary artery bypass grafting with single cross-clamp results in fewer persistent neuropsychological deficits than multiple clamp or off-pump coronary artery bypass grafting[J]. *Ann Thorac Surg*, 2007, 84(4): 1174–1178; discussion 1178–1179.
- [112] Halkos ME, Anderson A, Binongo JNG, et al. Operative strategies to reduce cerebral embolic events during on- and off-pump coronary artery bypass surgery: a stratified, prospective randomized trial[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2017, 154(4): 1278–1285. e1.
- [113] Gerriets T, Schwarz N, Sammer G, et al. Protecting the brain from gaseous and solid micro-emboli during coronary artery bypass grafting: a randomized controlled trial[J]. *Eur Heart J*, 2010, 31(3): 360–368.
- [114] Kunst G, Gauge N, Salaunkey K, et al. Intraoperative optimization of both depth of anesthesia and cerebral oxygenation in elderly patients undergoing coronary artery bypass graft surgery—a randomized controlled pilot trial[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2020, 34(5): 1172–1181.
- [115] Schoen J, Husemann L, Tiemeyer C, et al. Cognitive function after sevoflurane–vs propofol–based anaesthesia for on-pump cardiac surgery: a randomized controlled trial[J]. *Br J Anaesth*, 2011, 106(6): 840–850.
- [116] Bhushan S, Li Y, Huang X, et al. Progress of research in postoperative cognitive dysfunction in cardiac surgery patients: a review article[J]. *Int J Surg*, 2021, 95: 106163.
- [117] Colak Z, Borojevic M, Bogovic A, et al. Influence of intraoperative cerebral oximetry monitoring on neurocognitive function after coronary artery bypass surgery: a randomized, prospective study[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2015, 47(3): 447–454.
- [118] Stroobant N, Van Nooten G, Van Belleghem Y, et al. Relation between neurocognitive impairment, embolic load, and cerebrovascular reactivity following on- and off-pump coronary artery bypass grafting[J]. *Chest*, 2005, 127(6): 1967–1976.
- [119] Huang H, Li H, Zhang X, et al. Association of postoperative delirium with cognitive outcomes: a meta-analysis[J]. *J Clin Anesth*, 2021, 75: 110496.
- [120] Boodhwani M, Rubens FD, Wozny D, et al. Predictors of early neurocognitive deficits in low-risk patients undergoing on-pump coronary artery bypass surgery[J]. *Circulation*, 2006, 114(1 Suppl): I461–I466.
- [121] Wilson JE, Mart MF, Cunningham C, et al. Delirium[J]. *Nat Rev Dis Primers*, 2020, 6(1): 90.
- [122] American Psychiatric Association, DSM-5 Task Force. Diagnostic and statistical manual of mental disorders [M]. 5th ed. Washington, DC: American Psychiatric Association Publishing, 2013.
- [123] Chow WB, Rosenthal RA, Merkow RP, et al. Optimal preoperative assessment of the geriatric surgical patient: a best practices guideline from the American College of Surgeons National Surgical Quality Improvement Program and the American Geriatrics Society[J]. *J Am Coll Surg*, 2012, 215(4): 453–466.
- [124] 周小炫, 谢敏, 陶静, 等. 简易智能精神状态检查量表的研究和应用[J]. *中国康复医学杂志*, 2016, 31(6): 694–696, 706.
- [125] 陈宁, 何俐. 蒙特利尔认知评估(MoCA)的研究和应用概况[J]. *中国神经精神疾病杂志*, 2009, 35(10): 632–634.
- [126] Murkin JM, Newman SP, Stump DA, et al. Statement of consensus on assessment of neurobehavioral outcomes after cardiac surgery[J]. *Ann Thorac Surg*, 1995, 59(5): 1289–1295.
- [127] Moradi E, Hallikainen I, Hänninen T, et al. Rey's Auditory Verbal Learning Test scores can be predicted from whole brain MRI in Alzheimer's disease[J].

- Neuroimage Clin, 2017, 13: 415–427.
- [128] Arbuthnott K, Frank J. Trail making test, part B as a measure of executive control: validation using a set-switching paradigm[J]. *J Clin Exp Neuropsychol*, 2000, 22(4): 518–528.
- [129] Tolle KA, Rahman-Filipiak AM, Hale AC, et al. Grooved Pegboard Test as a measure of executive functioning[J]. *Appl Neuropsychol Adult*, 2020, 27(5): 414–420.
- [130] González-Palau F, Franco M, Jiménez F, et al. Clinical utility of the Hopkins Verbal Test-Revised for detecting Alzheimer's disease and mild cognitive impairment in Spanish population[J]. *Arch Clin Neuropsychol*, 2013, 28(3): 245–253.
- [131] Kedzior KK, Kochhar S, Eich HS, et al. Practice effects on the modified concept shifting task (mCST): a convenient assessment for treatment effects on prefrontal cognitive function[J]. *BMC Neurosci*, 2011, 12: 101.
- [132] Wechsler D. Wechsler Memory Scale[M]. 4th ed. San Antonio, TX: Psychological Corporation, 2009.
- [133] Scarpina F, Tagini S. The Stroop Color and Word Test[J]. *Front Psychol*, 2017, 8: 557.
- [134] 冉娇. 术后认知障碍评估量表的研究进展[J]. *重庆医学*, 2022, 51(3): 533–537.
- [135] Inouye SK, van Dyck CH, Alessi CA, et al. Clarifying confusion: the confusion assessment method. A new method for detection of delirium[J]. *Ann Intern Med*, 1990, 113(12): 941–948.
- [136] Ely EW, Inouye SK, Bernard GR, et al. Delirium in mechanically ventilated patients: validity and reliability of the confusion assessment method for the intensive care unit (CAM-ICU)[J]. *JAMA*, 2001, 286(21): 2703–2710.
- [137] Bergeron N, Dubois MJ, Dumont M, et al. Intensive Care Delirium Screening Checklist: evaluation of a new screening tool[J]. *Intensive Care Med*, 2001, 27(5): 859–864.
- [138] Bellelli G, Morandi A, Davis DH, et al. Validation of the 4AT, a new instrument for rapid delirium screening: a study in 234 hospitalised older people[J]. *Age Ageing*, 2014, 43(4): 496–502.
- [139] Marcantonio ER, Ngo LH, O'Connor M, et al. 3D-CAM: derivation and validation of a 3-minute diagnostic interview for CAM-defined delirium: a cross-sectional diagnostic test study[J]. *Ann Intern Med*, 2014, 161(8): 554–561.
- [140] Gaudreau JD, Gagnon P, Harel F, et al. Fast, systematic, and continuous delirium assessment in hospitalized patients: the nursing delirium screening scale[J]. *J Pain Symptom Manage*, 2005, 29(4): 368–375.
- [141] Peterson JF, Pun BT, Dittus RS, et al. Delirium and its motoric subtypes: a study of 614 critically ill patients[J]. *J Am Geriatr Soc*, 2006, 54(3): 479–484.
- [142] Soehle M, Dittmann A, Ellerkmann RK, et al. Intraoperative burst suppression is associated with postoperative delirium following cardiac surgery: a prospective, observational study[J]. *BMC Anesthesiol*, 2015, 15: 61.
- [143] Fritz BA, Kalarickal PL, Maybrier HR, et al. Intraoperative electroencephalogram suppression predicts postoperative delirium[J]. *Anesth Analg*, 2016, 122(1): 234–242.
- [144] Fritz BA, Maybrier HR, Avidan MS. Intraoperative electroencephalogram suppression at lower volatile anaesthetic concentrations predicts postoperative delirium occurring in the intensive care unit[J]. *Br J Anaesth*, 2018, 121(1): 241–248.
- [145] Pedemonte JC, Plummer GS, Chamadia S, et al. Electroencephalogram burst-suppression during cardiopulmonary bypass in elderly patients mediates postoperative delirium[J]. *Anesthesiology*, 2020, 133(2): 280–292.
- [146] Eskioglou E, Iaquaniello C, Alvarez V, et al. Electroencephalography of mechanically ventilated patients at high risk of delirium[J]. *Acta Neurol Scand*, 2021, 144(3): 296–302.
- [147] van Sleuwen M, Sun H, Eckhardt C, et al. Physiological assessment of delirium severity: the Electroencephalographic Confusion Assessment Method Severity Score (E-CAM-S)[J]. *Crit Care Med*, 2022, 50(1): e11–e19.
- [148] Doraiswamy PM, Babyak MA, Hennig T, et al. Donepezil for cognitive decline following coronary artery bypass surgery: a pilot randomized controlled trial[J]. *Psychopharmacol Bull*, 2007, 40(2): 54–62.
- [149] Uebelhack R, Vohs K, Zytowski M, et al. Effect of piracetam on cognitive performance in patients undergoing bypass surgery[J]. *Pharmacopsychiatry*, 2003, 36(3): 89–93.
- [150] Szalma I, Kiss A, Kardos L, et al. Piracetam prevents cognitive decline in coronary artery bypass: a randomized trial versus placebo[J]. *Ann Thorac Surg*, 2006, 82(4): 1430–1435.
- [151] Holinski S, Claus B, Alaaraj N, et al. Cerebroprotective effect of piracetam in patients undergoing coronary bypass surgery[J]. *Med Sci Monit*, 2008, 14(11): PI53–57.

- [152] Haljan G, Maitland A, Buchan A, et al. The erythropoietin neuroprotective effect: assessment in CABG surgery (TENPEAKS): a randomized, double-blind, placebo controlled, proof-of-concept clinical trial[J]. *Stroke*, 2009, 40(8): 2769–2775.
- [153] Mathew JP, Mackensen GB, Phillips-Bute B, et al. Randomized, double-blinded, placebo controlled study of neuroprotection with lidocaine in cardiac surgery[J]. *Stroke*, 2009, 40(3): 880–887.
- [154] Slater JP, Guarino T, Stack J, et al. Cerebral oxygen desaturation predicts cognitive decline and longer hospital stay after cardiac surgery[J]. *Ann Thorac Surg*, 2009, 87(1): 36–44; discussion 44–45.
- [155] Harilall Y, Adam JK, Biccard BM, et al. The effect of optimising cerebral tissue oxygen saturation on markers of neurological injury during coronary artery bypass graft surgery[J]. *Heart Lung Circ*, 2014, 23(1): 68–74.
- [156] Kara I, Erkin A, Sacli H, et al. The effects of near-infrared spectroscopy on the neurocognitive functions in the patients undergoing coronary artery bypass grafting with asymptomatic carotid artery disease: a randomized prospective study[J]. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*, 2015, 21(6): 544–550.
- [157] Serraino GF, Murphy GJ. Effects of cerebral near-infrared spectroscopy on the outcome of patients undergoing cardiac surgery: a systematic review of randomised trials[J]. *BMJ Open*, 2017, 7(9): e016613.
- [158] Ajtahed SS, Rezapour T, Etemadi S, et al. Efficacy of neurocognitive rehabilitation after coronary artery bypass graft surgery in improving quality of life: an interventional trial[J]. *Front Psychol*, 2019, 10: 1759.
- [159] Meybohm P, Renner J, Broch O, et al. Postoperative neurocognitive dysfunction in patients undergoing cardiac surgery after remote ischemic preconditioning: a double-blind randomized controlled pilot study[J]. *PLoS One*, 2013, 8(5): e64743.
- [160] Gasparovic H, Kopjar T, Rados M, et al. Impact of remote ischemic preconditioning preceding coronary artery bypass grafting on inducing neuroprotection[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2019, 157(4): 1466–1476. e3.
- [161] Jiang Y, Xie Y, Fang P, et al. Cognitive training for reduction of delirium in patients undergoing cardiac surgery: a randomized clinical trial[J]. *JAMA Netw Open*, 2024, 7(4): e247361.
- [162] Brown EN, Lydic R, Schiff ND. General anesthesia, sleep, and coma[J]. *N Engl J Med*, 2010, 363(27): 2638–2650.
- [163] Wildes TS, Mickle AM, Ben Abdallah A, et al. Effect of electroencephalography-guided anesthetic administration on postoperative delirium among older adults undergoing major surgery: the ENGAGES randomized clinical trial[J]. *JAMA*, 2019, 321(5): 473–483.
- [164] Whitlock RP, Devereaux PJ, Teoh KH, et al. Methylprednisolone in patients undergoing cardiopulmonary bypass (SIRS): a randomised, double-blind, placebo-controlled trial[J]. *Lancet*, 2015, 386(10000): 1243–1253.
- [165] Meybohm P, Bein B, Brosteanu O, et al. A multicenter trial of remote ischemic preconditioning for heart surgery[J]. *N Engl J Med*, 2015, 373(15): 1397–1407.
- [166] Avidan MS, Maybrier HR, Abdallah AB, et al. Intraoperative ketamine for prevention of postoperative delirium or pain after major surgery in older adults: an international, multicentre, double-blind, randomised clinical trial[J]. *Lancet*, 2017, 390(10091): 267–275.
- [167] Chou ST, Pogach M, Rock LK. Less pharmacotherapy is more in delirium[J]. *Intensive Care Med*, 2022, 48(6): 743–745.
- [168] Hsieh TT, Yang T, Gartaganis SL, et al. Hospital Elder Life Program: systematic review and meta-analysis of effectiveness[J]. *Am J Geriatr Psychiatry*, 2018, 26(10): 1015–1033.
- [169] Andersen-Ranberg NC, Poulsen LM, Perner A, et al. Haloperidol for the treatment of delirium in ICU patients[J]. *N Engl J Med*, 2022, 387(26): 2425–2435.
- [170] Lee J, Holbrook A. In patients receiving palliative care, risperidone or haloperidol increased delirium symptoms vs placebo[J]. *Ann Intern Med*, 2017, 166(6): JC32.
- [171] Flükiger J, Hollinger A, Speich B, et al. Dexmedetomidine in prevention and treatment of postoperative and intensive care unit delirium: a systematic review and meta-analysis[J]. *Ann Intensive Care*, 2018, 8(1): 92.
- [172] Turan A, Duncan A, Leung S, et al. Dexmedetomidine for reduction of atrial fibrillation and delirium after cardiac surgery (DECADE): a randomised placebo-controlled trial[J]. *Lancet*, 2020, 396(10245): 177–185.
- [173] Gavazzi A, de Rino F, Boveri MC, et al. Prevalence of peripheral nervous system complications after major heart surgery[J]. *Neurol Sci*, 2016, 37(2): 205–209.
- [174] Kirsh MM, Magee KR, Gago O, et al. Brachial plexus injury following median sternotomy incision[J]. *Ann Thorac Surg*, 1971, 11(4): 315–319.
- [175] El-Ansary D, Adams R, Ghandi A. Musculoskeletal and neurological complications following coronary artery

- bypass graft surgery: a comparison between saphenous vein and internal mammary artery grafting[J]. Aust J Physiother, 2000, 46(1): 19–25.
- [176] 漆一伟, 刘传绶. 体外循环术后周围神经损伤 6 例[J]. 中华胸心血管外科杂志, 1999, 15(4): 229–229.
- [177] Hatano Y, Arai T, Iida H, et al. Common peroneal nerve palsy. A complication of coronary artery bypass grafting surgery[J]. Anaesthesia, 1988, 43(7): 568–569.
- [178] Denny-Brown D, Adams RD, Brenner C, et al. The pathology of injury to nerve induced by cold[J]. J Neuropathol Exp Neurol, 1945, 4: 305–323.
- [179] Basbaum CB. Induced hypothermia in peripheral nerve: electron microscopic and electrophysiological observations[J]. J Neurocytol, 1973, 2(2): 171–187.
- [180] Tewari P, Aggarwal SK. Combined left-sided recurrent laryngeal and phrenic nerve palsy after coronary artery operation[J]. Ann Thorac Surg, 1996, 61(6): 1721–1722; discussion 1722–1723.
- [181] Durmaz B, Kirazli Y, Atamaz F. Isolated spinal accessory nerve palsy after coronary artery bypass: an unusual complication[J]. Am J Phys Med Rehabil, 2007, 86(10): 865–867.
- [182] Keleş Z, Zinnuroğlu M, Beyazova M. Impairment of upper trapezius branch of the spinal accessory nerve during bypass grafting: a stretch injury?[J]. Muscle Nerve, 2010, 41(1): 144–147.
- [183] Marini SG, Rook JL, Green RF, et al. Spinal accessory nerve palsy: an unusual complication of coronary artery bypass[J]. Arch Phys Med Rehabil, 1991, 72(3): 247–249.
- [184] Kumar V, Puri D, Negi S, et al. Guillain-Barré syndrome following off-pump coronary artery bypass grafting[J]. J Card Surg, 2018, 33(9): 539–540.
- [185] Hekmat M, Ghaderi H, Foroughi M, et al. Guillain-Barré syndrome after coronary artery bypass graft surgery: a case report[J]. Acta Med Iran, 2016, 54(1): 76–78.
- [186] Aldag M, Albeyoglu S, Ciloglu U, et al. Miller-Fisher syndrome after coronary artery bypass surgery[J]. Cardiovasc J Afr, 2017, 28(6): e4–e5.
- [187] Li X, Zhang C. Guillain-Barré syndrome after surgery: a literature review[J]. Front Neurol, 2024, 15: 1368706.
- [188] Hickey C, Gugino LD, Aglio LS, et al. Intraoperative somatosensory evoked potential monitoring predicts peripheral nerve injury during cardiac surgery[J]. Anesthesiology, 1993, 78(1): 29–35.
- [189] Jellish WS, Oftadeh M. Peripheral nerve injury in cardiac surgery[J]. J Cardiothorac Vasc Anesth, 2018, 32(1): 495–511.
- [190] Pasero D, Koeltz A, Placido R, et al. Improving ultrasonic measurement of diaphragmatic excursion after cardiac surgery using the anatomical M-mode: a randomized crossover study[J]. Intensive Care Med, 2015, 41(4): 650–656.
- [191] Vahl CF, Carl I, Müller-Vahl H, et al. Brachial plexus injury after cardiac surgery. The role of internal mammary artery preparation: a prospective study on 1 000 consecutive patients[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 1991, 102(5): 724–729.
- [192] Shahrizaila N, Lehmann HC, Kuwabara S. Guillain-Barré syndrome[J]. Lancet, 2021, 397(10280): 1214–1228.
- [193] 张毅强, 刘高峰. 冠状动脉旁路移植术后尺神经损伤 7 例[J]. 中华实用诊断与治疗杂志, 2004, 18(1): 76.
- [194] Wilcox PG, Paré PD, Pardy RL. Recovery after unilateral phrenic injury associated with coronary artery revascularization[J]. Chest, 1990, 98(3): 661–666.
- [195] Aguirre VJ, Sinha P, Zimmet A, et al. Phrenic nerve injury during cardiac surgery: mechanisms, management and prevention[J]. Heart Lung Circ, 2013, 22(11): 895–902.
- [196] Tsakiridis K, Visouli AN, Zarogoulidis P, et al. Early hemidiaphragmatic plication through a video assisted mini-thoracotomy in postcardiotomy phrenic nerve paresis[J]. J Thorac Dis, 2012, 4(Suppl 1): 56–68.
- [197] Buchholz DW, Neumann S. Management of vagus nerve injury after carotid endarterectomy[J]. Dysphagia, 1997, 12(1): 58–59.
- [198] Wiater JM, Bigliani LU. Spinal accessory nerve injury[J]. Clin Orthop Relat Res, 1999(368): 5–16.

(文章原载于《中国循环杂志》2025 年 2 月第 40 卷第 2 期)