

· 综述 ·

## 衰弱评估对老年患者心脏手术临床结局影响及干预方法的研究进展

张春燕, 王昊天, 陈宇\*

南京医科大学第一附属医院麻醉与围手术期医学科, 江苏 南京 210029

**[摘要]** 衰弱是老年人常见的一种多维度临床综合征, 其定义多样, 多数文献认为衰弱是一种以生理储备下降和脆弱性增加为特点的非特异性状态。随着老年患者心脏手术量日益增加, 衰弱对老年心脏手术患者的影响越来越受临床医师重视。文章简述了术前衰弱的评估方法, 就衰弱对心脏术后临床结局的影响展开综述, 如增加不良预后和术后并发症发生率、降低患者术后生命质量以及增加医疗费用等, 总结了针对老年心脏病衰弱患者的干预管理方法, 有助于明确干预和治疗的目标, 改善患者的临床预后及生存质量。

**[关键词]** 衰弱; 心脏手术; 老年患者

**[中图分类号]** R654.2

**[文献标志码]** A

**[文章编号]** 1007-4368(2025)07-1017-09

**doi:** 10.7655/NYDXBNSN250257

### Research progress on the influence of frailty assessment on clinical outcome and intervention methods for cardiac surgery in elderly patients

ZHANG Chunyan, WANG Haotian, CHEN Yu\*

Department of Anesthesia and Perioperative Medicine, the First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210029, China

**[Abstract]** Frailty is a common multi-dimensional clinical syndrome in the elderly, with diverse definitions. Most literature considers frailty as a non-specific state characterized by a decline in physiological reserves and increased vulnerability. As the number of elderly patients undergoing cardiac surgery increases, the impact of frailty on these patients has gained increasing attention from clinicians. This article briefly describes the assessment methods of preoperative frailty, and reviews the impact of frailty on the clinical outcomes after cardiac surgery, such as increased risks of adverse prognosis and postoperative complications, reduced the postoperative quality of life of patients, and higher medical costs. Additionally, it summarizes the intervention and management strategies for frail elderly patients with heart disease, aiming to clarify the goals of intervention and treatment, and enhance the survival outcomes and quality of life of patients.

**[Key words]** frailty; cardiac surgery; elderly patients

[J Nanjing Med Univ, 2025, 45(07): 1017-1025]

心血管疾病在老年人群中具有极高的发病率, 其中冠状动脉疾病(coronary artery disease, CAD)作

**[基金项目]** 中华国际医学交流基金会中青年研究专项基金(Z-2018-35-2101)

\*通信作者(Corresponding author), E-mail: chenyu\_njmu@126.com(ORCID: 0000-0003-3031-7909)

为全球致死率最高的心脏疾病, 约占心脏病相关死亡的45.1%<sup>[1]</sup>。在临床治疗领域, 冠状动脉旁路移植术(coronary artery bypass grafting, CABG)被广泛视为左主干病变或复杂三支血管病变患者实现血运重建的金标准术式<sup>[2]</sup>。近年来, 伴随人口老龄化加剧, 接受CABG及心脏瓣膜置换术等高风险心脏手术的老年患者比例显著上升<sup>[3]</sup>。尽管现代心脏外

科技术不断进步,术后生存率较以往明显改善,但高龄患者因多系统生理功能衰退,常伴随更高的围术期风险,表现为术后并发症发生率上升、住院周期延长等<sup>[4]</sup>。因此,如何通过精准的术前评估预测心脏手术预后,已成为优化老年心脏手术患者临床决策的关键环节。

目前临床常用的风险评估工具包括美国麻醉医师协会(American Society of Anesthesiologists, ASA)分级、欧洲心血管手术风险评分(European Cardiovascular Surgery Risk Factor Score, EuroScore)及胸外科医师协会(society of thoracic surgeons, STS)评分系统,但其对老年人群术后并发症的预测效能仍存在局限性<sup>[5]</sup>。近年来大量研究表明,将衰弱评估整合至术前风险模型中,可显著提高预测准确性<sup>[6]</sup>。衰弱作为一类以生理储备功能减退、应激代偿能力下降为特征的老年综合征,可显著增加患者心脑血管事件、跌倒及全因死亡风险<sup>[7]</sup>。流行病学调查显示,我国冠心病患者中衰弱发生率为19.9%~68.2%,老年房颤患者衰弱检出率亦达18.2%~40.2%,提示心血管疾病与衰弱状态存在显著相关性<sup>[8]</sup>。值得注意的是,二者可形成恶性循环:一方面,心功能恶化可能加速衰弱状态进展;另一方面,衰弱相关的肌力下降、代谢失衡及炎症状态亦可加重心脏负荷,导致疾病预后恶化<sup>[9]</sup>。有研究进一步证实,年龄是心脏手术患者术后房颤复发的危险因素<sup>[10]</sup>。合并衰弱的老年患者更易发生心肌梗死、心力衰竭等严重心血管事件,且此类患者术后病死率、再住院率及医疗成本均显著升高,对公共卫生体系构成严峻挑战<sup>[11]</sup>。基于此,针对衰弱与心脏手术预后的关联机制及干预策略的研究已成为老年医学领域的热点。文章系统综述当前衰弱评估工具的种类,并探讨衰弱对老年心脏手术患者临床结局的影响及应对不良临床结局的干预管理方法,旨在为老年心脏病患者术后早期康复的诊疗及预防提供新思路。

## 1 衰弱评估方法

随着老年医学研究的深入,目前全球已开发出超过30种衰弱评估工具,这些工具主要基于4大理论框架:循环衰弱模型、累积缺陷模型、衰弱整合模型以及多维系统模型<sup>[12]</sup>。不同模型从生物医学、社会心理学等多维度构建评估体系,为临床实践提供理论支撑。

### 1.1 理论预测模型

循环衰弱模型(frailty cycle model)是由Fried

等<sup>[7]</sup>于2001年提出的开创性理论,他们将衰弱定义为“由多系统生理储备功能进行性下降及应激代偿能力受损引发的生物综合征”。该模型聚焦于躯体维度,通过5项可量化指标构建操作化定义,包括体重下降、肌力减退、步速减缓、疲劳感及活动量降低。因其简洁性与可重复性,已成为临床筛查衰弱的金标准。然而,其局限性在于未纳入认知功能、心理健康等关键维度,可能低估合并精神心理障碍老年患者的衰弱风险。

累积缺陷模型(cumulative deficit model)由Rockwood等<sup>[13]</sup>同年提出,基于生物损伤累积理论,认为衰弱是“个体在生命周期中经历的病理、功能障碍及社会心理缺陷的量化总和”,并进一步总结。该模型通过计算缺陷指数(deficit index)反映衰弱严重程度,其优势在于能够识别中度至重度衰弱群体,并预测再住院、失能等长期结局。但缺陷条目通常超过30项(涵盖实验室指标、共病状态、功能评估等),需专业人员耗时30 min以上完成,且需通过统计学方法赋予不同缺陷权重,由于其复杂性限制了在基层医疗及急诊场景的应用。

衰弱整合模型(integrative frailty model)是Gobbens等<sup>[14]</sup>在2010年提出的动态模型,强调衰弱是“身体、心理、社会功能交互失衡导致的动态风险状态”。该模型突破了传统生物医学框架,整合多学科干预策略,尤其注重一级预防(如营养干预、运动训练)与二级预防(如共病管理)。其“全人照护”理念与世界卫生组织倡导的“健康老龄化”战略高度契合,在我国推广分级诊疗、医养结合模式的背景下具有特殊实践价值。

多维系统模型(multidimensional frailty model)是Ferrucci等<sup>[15]</sup>于2017年完善的理论体系,从分子生物学到社会经济学构建多层次评估框架。该模型首次将遗传易感性(如端粒长度)、炎症标志物、社会经济地位(教育程度、医疗保障)等纳入评估维度,揭示衰弱本质是“多维度稳态调节网络崩溃”。研究证实了其对死亡率、再入院率的预测效能提高,已成功应用于慢性肾病、肿瘤等共病人群的预后评估<sup>[16]</sup>。

### 1.2 临床评估工具实践现状

鉴于评估成本、文化适应性、手术类型及操作可行性的差异,全球尚未形成统一的衰弱评估标准<sup>[17]</sup>。老年心脏病患者常合并躯体功能受限(如心源性运动耐量下降)、认知障碍(如血管性痴呆发生率高)及心理问题(焦虑抑郁患病率高),导致传统评估工

具面临特殊挑战。例如,纽约心功能Ⅲ~Ⅳ级心力衰竭患者进行握力测试可能诱发急性心功能代偿不全<sup>[18]</sup>,而谵妄状态可能干扰主观问卷的可靠性。在心脏病患者方面,结合《老年心血管疾病合并衰弱评估与管理中国专家共识》推荐优先选用耗时短(<5 min)、客观性强、具有心血管专科验证的4类工具<sup>[19]</sup>,以下进行介绍:

FRAIL量表(fatigue, resistance, ambulation, illnesses, loss of weight)是由国际营养与衰老协会开发的快速筛查工具,通过5项自评条目实现衰弱分层,分别是疲劳感、爬楼梯困难、行走受限、多重用药和非意愿体重减轻。一项纳入18项研究、涉及4 479例患者的荟萃分析结论显示,通过FRAIL量表测量,衰弱与30 d病死率、6个月病死率、术后并发症和术后谵妄相关<sup>[20]</sup>。FRAIL量表的优势在于可直接从老年综合评估(comprehensive geriatric assessment, CGA)中提取数据,适用于门诊快速筛查。

基本衰弱工具集(essential frailty toolset, EFT)是专为心血管手术患者设计的评估系统,包含4项客观指标:椅子坐立试验(5次起坐时间>15 s提示下肢肌力减退)、简易精神状态检查(简易智力检查量表<24分界定认知障碍)、血红蛋白(男性<13 g/dL,女性<12 g/dL)及血清白蛋白(<3.5 g/dL)<sup>[21]</sup>。一项涉及3个国家14个中心的前瞻性队列研究收集了接受经导管主动脉瓣置换术或外科主动脉瓣置换术的老年人数据,比较了包括EFT在内的7个量表,发现衰弱是瓣膜术后死亡和残疾的危险因素。并且EFT包括下肢无力、认知障碍、贫血和低白蛋白血症的简短4项量表优于其他衰弱量表,建议在这种情况下使用<sup>[11]</sup>。但该工具尚未在非心脏手术人群中验证,且需实验室检验结果及简易智力检查量表支持限制了EFT的普及。

Fried衰弱表型(fried frailty phenotype, FFP)通过五维度评估:非自主体重下降(年降幅>5%)、握力减退(男性<26 kg,女性<16 kg)、步速降低、自诉疲乏(流调中心抑郁量表≥4分)及低体力活动(国际体力活动量表评分<383 kcal/周)。Fried衰弱表型在临床和研究中应用最为广泛,其在预测跌倒、失能方面表现优异,但其局限性亦不容忽视。例如握力测量受上肢关节炎、水肿等因素干扰,尤其不适用于肢体活动限制患者,在老年骨科患者手术中仍然缺乏金标准工具<sup>[22]</sup>。且其未纳入营养状态(如微型营养评分)、社会支持等关键预后因素,可能影响对复杂共病患者的评估精度。

步速测试(gait speed assessment)作为Fried表型的核心指标,被认为与6 min步行试验具有高度相关性,可以用来评估心功能储备情况,是进行衰弱评估的一方面。欧洲老年医学会建议将截断值设定为0.8 m/s,但根据人种差异调整,亚洲人群建议采用0.7 m/s<sup>[23]</sup>。需注意的是,严重冠脉缺血或植入起搏器患者可能出现假阴性,建议联合超声心动图评估心脏储备功能。

鉴于老年患者的高衰弱发生率和衰弱可逆转的特点,术前进行衰弱评估能够极大改善患者临床结局。根据衰弱与心血管疾病专家共识,年龄≥70岁的心血管病患者接受心脏介入手术或大手术前应常规进行衰弱评估。然而目前尚无一种统一的衰弱评估工具,心脏瓣膜病管理指南<sup>[24]</sup>明确推荐Katz指数联合步速测试进行多维度评估作为老年瓣膜病患者术前衰弱筛查工具。Katz指数是临床医学中广泛使用的一种评估工具,涵盖6项基本日常生活活动(进食、穿衣、如厕、移动、洗澡和控制大小便),当Katz指数≤4分(满分6分)提示显著衰弱,若解剖条件允许此类患者应优先选择经导管介入治疗[如经导管主动脉瓣置换术(transcatheter aortic valve replacement, TAVR)],而非传统外科手术。此外,EFT评分也适用于TAVR候选人的快速风险分层。

由于老年心血管疾病患者可能存在心功能不全、行动不便等情况,FRAIL量表、Fried衰弱表型、EFT和步速测试等需要患者进行配合、耗时长,可能加重患者心功能负担的量表缺乏便捷性和安全性,相对不适用于具有严重心血管疾病患者的评估。而Katz指数评估条目简单,不需要患者配合,安全可行,因此可推荐Katz指数作为衰弱患者心脏手术前简易便捷的评估工具。

## 2 衰弱对老年患者心脏术后临床结局的影响

老年心脏病患者由于年龄的增长,各个系统功能下降,包括心血管系统。由于心功能受损,心脏生理储备能力下降,以及高血压、糖尿病、脑血管疾病等多种疾病共存的影响,患者术后常面临不理想的临床结局,而合并衰弱的心脏病患者术后不良结局的风险更高。

### 2.1 衰弱对老年患者心脏术后预后的影响

病死率作为评估心脏手术预后的核心指标,可细分为围术期病死率(≤30 d)、中期病死率(1年)及远期病死率(≥3年)。多项大规模队列研究证实,衰弱是独立于传统风险因素(如EuroScore II)的强效

死亡预测因子<sup>[25]</sup>。国际心胸外科数据库纳入12.8万例老年冠状动脉搭桥手术患者分析显示,合并衰弱(FFP $\geq$ 3项)者术后30 d病死率达8.7%,较非衰弱组升高2.8倍。瓣膜手术中该风险更为显著,经TAVR术后30 d病死率在衰弱人群中高达11.3%,而非衰弱组病死率为3.9%<sup>[7]</sup>。另外,加拿大心脏注册研究5年随访数据显示,衰弱患者心脏术后5年全因病死率达34.5%,较非衰弱组升高,且死亡风险随衰弱程度呈剂量依赖性增长<sup>[26]</sup>。其可能机制包括代谢储备耗竭、免疫炎症失衡和神经内分泌失调等。衰弱患者骨骼肌线粒体ATP生成效率降低,术中缺血再灌注损伤后难以维持器官灌注,造成多器官缺血损伤;患者机体基线高炎症状态加重术后全身炎症反应综合征,导致多器官功能障碍;另外,衰弱患者可能在下丘脑-垂体-肾上腺轴功能减退,皮质醇应激反应迟钝,加剧了血流动力学不稳定<sup>[27]</sup>。

## 2.2 衰弱对老年患者心脏术后并发症的影响

心脏术后并发症的发生率为10%~30%,具体因手术类型和患者基础身体健康状况而异。心脏术后常见并发症包括心房颤动、肺部感染等心血管系统和呼吸系统并发症,以及手术部位感染、急性肾损伤、术后谵妄、需要二次手术的出血和切口愈合不良等。老年衰弱患者因生理功能减退和合并症多,发生并发症的风险显著增高<sup>[28]</sup>。

术后肺部并发症是心脏术后的常见并发症,欧洲心胸外科协会多中心研究显示,衰弱患者术后呼吸机相关性肺炎发生率达22.3%,非衰弱患者组发生率为9.8%,且衰弱患者组的病原体耐药率升高<sup>[29]</sup>。其可能机制与呼吸肌力量下降、咳嗽反射减弱相关。骨骼肌质量及功能减退是衰弱综合征患者的显著病理特征之一,这种退行性改变不仅累及四肢肌群,更会侵袭膈肌等呼吸相关肌群。在围手术期过程中,衰弱患者面临双重生理挑战:一方面,手术创伤引发的持续性疼痛显著抑制了保护性咳嗽反射;另一方面,呼吸肌群尤其是膈肌收缩力的进行性衰减,共同导致气道廓清机制失代偿。这种协同作用使得黏液纤毛运输系统效能下降,气道分泌物潴留风险倍增,进而造成肺通气/血流比值失调和肺泡通气不足的恶性循环。上述病理生理改变的级联反应,最终将显著增加术后获得性肺炎、节段型肺不张以及低氧血症等呼吸系统并发症的发生概率。临床研究数据表明,存在衰弱基础的患者术后肺部并发症发生率较普通人群升高2~3倍,这与其骨骼肌系统特别是呼吸肌群的功能储备不足存在

显著相关性<sup>[30]</sup>。

衰弱患者术后心血管系统并发症亦不可忽视,一项纳入1402例冠状动脉搭桥手术患者的研究发现衰弱组新发房颤发生率为42.7%,高于非衰弱组发生率,且电复律失败率升高。其发生可能受到心房纤维化及自主神经重构两大方面影响<sup>[31]</sup>。相比非衰弱组术后低心排综合征发生率8.9%而言,衰弱患者组发生率高达28.5%,需主动脉内球囊反搏支持的比例增加了4.2倍,这与心肌 $\beta$ -肾上腺素能受体密度下降直接相关<sup>[32]</sup>。衰弱患者术后心血管系统并发症风险升高的机制涉及多系统功能失代偿:首先,慢性炎症状态促使促炎因子持续释放,加速动脉粥样硬化斑块不稳定及内皮功能障碍,导致冠脉微循环障碍<sup>[33]</sup>;其次,自主神经调节失衡表现为交感神经过度激活与迷走张力下降,引发血压波动和心肌耗氧量增加;再者,心肌细胞线粒体功能减退及 $\beta$ 受体敏感性降低,削弱心脏应激代偿能力;同时,凝血-纤溶系统失衡(纤维蛋白原升高、抗凝物质减少)与血小板高反应性显著增加血栓事件风险。此外,手术创伤诱发氧化应激爆发,通过钙超载和心肌细胞凋亡途径加剧心肌损伤,最终导致急性冠脉综合征、恶性心律失常及心功能不全等并发症。

急性肾损伤(acute kidney injury, AKI)在衰弱患者中发生率显著高于非衰弱患者<sup>[34]</sup>,其中25%进展为需连续性肾脏替代治疗的3期AKI。且衰弱患者术后易发应激性高血糖,即使无糖尿病史,衰弱患者术后血糖 $>180$  mg/dL的发生率仍然高达61.3%,胰岛素抵抗指数升高2.3倍<sup>[35]</sup>。可见衰弱通过慢性炎症及内分泌失调的影响导致肾血流灌注不足与胰岛素抵抗,同时线粒体功能障碍加剧氧化应激,引发急性肾损伤、高血糖及电解质紊乱,显著增加了术后代谢失衡与肾功能恶化风险。

衰弱通过慢性炎症的影响破坏血脑屏障,线粒体功能障碍及神经递质失衡,使患者血脑屏障通透性增加,胆碱能神经传递受损,诱发神经炎症反应,导致术后谵妄、认知障碍及抑郁焦虑风险升高。采用意识模糊评估法(confusion assessment method, CAM-ICU)量表评估,衰弱患者术后谵妄(postoperative delirium, POD)发生率增高,且持续时间延长。一项1年随访研究显示,衰弱患者蒙特利尔量表(Montreal cognitive assessment scale, MoCA)评分下降 $\geq 2$ 分的风险增加,磁共振证实海马体积年萎缩率增加<sup>[36]</sup>。

研究证明,心脏术后其他并发症如切口愈合不

良、血栓栓塞事件发生风险增加也与患者衰弱状态正相关,如胸骨切口感染率在衰弱患者中达8.9%。即使规范抗凝,衰弱患者深静脉血栓发生率仍达12.3%,肺栓塞风险升高2.9倍,这与抗凝血酶Ⅲ活性降低有关<sup>[37]</sup>。

综合已有研究发现,衰弱通过多重病理机制(慢性炎症、自主神经失调、线粒体功能障碍、凝血-纤溶失衡及心肌 $\beta$ 受体脱敏)显著增加心脏术后并发症风险,其核心在于多系统交互紊乱导致机体生理能力下降与应激代偿不足。未来需聚焦精准化围术期衰弱评估体系建立,识别衰弱状态以期改善衰弱患者心脏手术预后。

### 2.3 衰弱对老年患者心脏术后生命质量的影响

衰弱是老年人生理储备下降,抗应激能力减弱,容易出现不良健康结局的一种临床综合征。而心脏手术如冠状动脉搭桥术,瓣膜置换术等手术创伤大,患者术后恢复期漫长,尤其是老年人。如果患者术前已经存在衰弱,术后恢复可能会更加困难,进而影响他们的生命质量。因此,衰弱降低老年心脏手术患者的长期生命质量,其影响涵盖生理功能、心理状态及社会参与等多维度。

衰弱患者本身可表现为体重下降、疲劳、活动能力降低、肌肉减弱、步速减慢等,因此术后生理功能下降的特点显著。研究表明,采用SF-36量表评估发现,衰弱患者术后6个月的生理功能评分较非衰弱组降低,且康复周期延长。衰弱患者术后6个月步行能力(6 min步行试验)和生活质量评分(健康状态调查问卷,SF-36量表)也显著低于非衰弱患者<sup>[38]</sup>。同时,患者术后需卧床休息,可能导致肌肉进一步萎缩,关节僵硬,恢复活动的时间更长。这会影响患者的日常活动能力,比如穿衣、洗澡、走路等,进而降低他们的生活自理能力和独立性,生命质量自然下降。

心理领域也不能忽视,患者术后恢复缓慢、并发症多。研究证明,老年血液肿瘤患者衰弱与抑郁相关,易发抑郁或焦虑<sup>[39]</sup>。尤其是原本衰弱的患者,可能对术后康复失去信心,这种心理状态会影响他们的治疗依从性和康复训练的积极性,形成恶性循环。衰弱患者术后抑郁和焦虑发生率分别达38%和29%,显著高于非衰弱组,其机制可能与术后慢性炎症导致的脑源性神经营养因子减少相关<sup>[40]</sup>。此外,衰弱患者术后社会功能下降27%,因行动受限导致的社区活动参与率降低65%,导致孤独感和自我价值感降低,严重影响其社会归属感。值得注

意的是,衰弱导致的长期认知衰退使32%的患者丧失独立决策能力,进一步加剧生命质量恶化。这些都是患者生命质量的重要组成部分。

### 2.4 衰弱对医疗花费的影响

衰弱通过延长住院周期、增加并发症比如感染、肺部并发症、伤口延迟愈合等发生率及再入院风险,这些都显著推高医疗成本,主要包括直接成本增加和间接经济负担增加<sup>[41]</sup>。衰弱患者术后直接住院费用平均增加35%~50%,主要源于ICU住院费用、并发症治疗及康复护理费用增加;而衰弱患者30 d内再入院率升高,导致长期护理需求增加,进一步推高总费用,使间接经济负担增加。术后1年内,衰弱患者再入院率高达44%,再入院与感染性并发症相关<sup>[42]</sup>。此外,衰弱患者出院后转入专业康复机构的比例增加3.5倍,使间接护理成本提升,家庭照护者生产力损失增加<sup>[43]</sup>。

综上所述,衰弱与老年患者心脏外科手术的结局密切相关。因此,针对不同患者选择合适的评估方案,早期预测衰弱状态,分析衰弱的主要原因,通过多学科合作制定适合衰弱患者特殊需求的个体化围术期干预措施,可改善患者预后,降低医疗成本。

## 3 衰弱老年心脏病患者的干预管理

心脏病患者的衰弱与多种术后不良结局密切相关,患者术前衰弱筛查、评估及干预是医护人员需要解决的临床问题。老年心脏病患者衰弱的干预管理方法主要包括术前评估与预康复、术中管理优化、术后早期康复与并发症防控、多学科协作模式和生物标志物指导的精准干预等,通过术前采取相应预防措施使得衰弱或衰弱前期状态扭转,或者术中术后采取应对衰弱患者的针对性治疗,从而使手术患者获益。

### 3.1 术前评估与预康复

术前应用标准化工具评估衰弱状态,采取针对性干预措施以指导手术决策和术后管理,可能改善预后并降低医疗成本。目前衰弱评估工具多种多样,对于心脏病患者的衰弱评估工具应用临床上尚未产生共识。Fried衰弱表型是应用较为广泛的一种量表,被应用于多种手术类型患者的术前衰弱评估,国内已有文献证明Fried衰弱表型可以预测老年冠脉搭桥患者的预后<sup>[44]</sup>。此外,临床衰弱量表和衰弱指数量表也在心脏病患者术前衰弱评估中应用较为广泛,且研究证明衰弱指数量表由于其评估方

式安全无创,可能更适用于心脏负担严重的心脏病患者<sup>[45]</sup>,后续需要大量前瞻性大样本试验来验证其可行性。

早期识别出衰弱的患者,术前可采取运动干预、营养支持和心理干预等多模式预康复计划。采用阶梯式运动方案,初始阶段进行低强度循环训练,抗阻训练联合有氧运动,逐步提升运动强度。Hulzebos等<sup>[46]</sup>研究证实该方案可提升6 min步行距离,肌肉质量增加。精准营养支持遵循ESPEN指南实施分阶段干预:术前2周每日蛋白质摄入量达1.5 g/kg,联合 $\beta$ -羟基- $\beta$ -甲基丁酸3 g/d,可显著改善血清白蛋白水平。对于吞咽障碍患者,采用含 $\omega$ -3脂肪酸的浓缩营养剂(2.0 kcal/mL)能降低术后感染发生率。在心理神经认知干预方面,可通过计算机化认知训练,结合正念减压疗法,能够提升简易精神状态评价量表(mini-mental state examination, MMSE)评分,降低术后谵妄发生率<sup>[47]</sup>。

### 3.2 术中管理优化

微创心脏手术(如胸腔镜或机器人辅助技术)通常指与传统开胸手术相比,切口更小、创伤更少的手术方式,可以减少创伤,减少术中出血量,缩短机械通气时间,有利于减少术后相关并发症<sup>[48]</sup>。此外,机器人辅助手术系统在二尖瓣修复中展现优势。一项随机试验显示微创主动脉瓣置换术使衰弱患者30 d病死率下降12%。三维视野下缝合精准度提升32%,术后房颤发生率降低19%<sup>[49]</sup>。微创心脏手术在降低短期并发症、加速康复方面优势显著,但需要严格评估适应证和医疗团队经验。未来需要进一步研究其长期效果及扩大适应证范围,以优化患者获益。

对于术前应用评估量表识别出衰弱的患者,术中严密监测患者的生理状态,可以帮助患者精确控制麻醉深度,避免麻醉过深或过浅,减少术后认知功能障碍和谵妄的风险。另外,应用高级血流动力学监测做好术中血流动力学管理可以减少心脑血管等并发症的发生。如采用FloTrac/Vigileo系统联合经食管超声,实现每搏量变异度(stroke volume variation, SVV)实时监测,指导目标导向液体治疗,优化液体管理。研究显示,当SVV>13%时给予250 mL晶液体冲击,可使组织灌注达标率提升<sup>[50]</sup>。针对麻醉方法,还可以采用椎旁阻滞或肋间神经阻滞(0.375%罗哌卡因20 mL)联合浅全身麻醉,可使术中阿片类药物用量减少,术后48 h疼痛评分下降,术后认知障碍风险降低<sup>[47]</sup>。

### 3.3 术后早期康复与并发症防控

加速康复外科(enhanced recovery after surgery, ERAS)是一种基于循证医学的多学科协作模式,通过优化围术期管理策略,减少手术应激反应,促进患者术后快速康复。其核心目标是缩短住院时间、降低并发症发生率并改善患者预后。应用ERAS术后干预促进早期康复的措施主要包括多模式镇痛、早期经口进食、强制早期活动等。研究证明,术后24 h内启动康复计划(如床旁活动、呼吸训练)可加速功能恢复,住院时间缩短,30 d再入院率降低<sup>[51]</sup>。术后2 h启动呼吸训练,如激励式肺量计,可加速心肺功能快速恢复。此外,心脏手术因涉及体外循环、抗凝治疗等不同于非心脏外科手术的特点,可针对性调整ERAS策略。例如采用微创体外循环系统,可减少血液稀释和炎症反应,使白介素-6水平下降;术后6 h重启抗血小板治疗(如阿司匹林),能有效预防桥血管栓塞;使用氨甲环酸减少出血,用量15 mg/kg负荷量+2 mg/(kg·h)维持,使输血需求降低。

目前,术后并发症防控与人工智能技术结合受到广泛研究。远程智能技术通过整合电子病历、可穿戴传感器、惯性传感器及虚拟现实等多种数据源的信息,能够进行综合分析,从而更全面地刻画衰弱的复杂性,提高诊断的准确性<sup>[52]</sup>。这些技术包括机器学习和深度学习算法,可以处理和分析多样化的数据类型,如生物学变量(肌少症、慢性炎症指标等)、临床数据、神经心理学数据以及运动学数据(如步态、步速等)。研究证明,采用传感器连续监测心率变异性,当低频/高频功率比>3.5时预警自主神经失调,灵敏度可达89%。利用可穿戴设备远程监测生命体征,可以预警并发症的发生,如房颤或感染。此外,目前已经发展出利用基于5G技术的虚拟现实系统指导家庭康复的措施,患者依从性提升,6周后左室射血分数改善。远程智能技术不仅可以用于衰弱的识别,还可以用于持续监测和预测衰弱的进展。通过智能可穿戴设备和传感器技术,可以对老年人的日常生活活动进行远程监测,收集各种生理指标和活动数据。利用机器学习算法建立的预测模型,可以有效预测老年人群的衰弱风险、衰弱进展和术后并发症风险。

### 3.4 多学科协作模式的应用

多学科协作(multiple disciplinary team, MDT)模式整合心外科、麻醉科、康复科及老年科,制定标准化治疗路径。建立包含心外、麻醉、营养、康复、老年医学的固定团队,实施每日联合查房制度。通过

标准化治疗路径(如术后6 h启动肠内营养、12 h床旁坐立训练)可缩短患者术后平均住院日。MDT模式整合了医疗资源,可实现精准干预。在衰弱患者术后干预管理中展现出明显潜力,尤其是在改善临床结局、优化资源利用和提高患者生活质量方面。但其依赖人力与资金投入,基层医院推广难度大;需要建立标准化协作流程(如电子病历平台共享)以提高效率。因为MDT模式实施面临一定的困难,未来需要更多政策支持,并且发展创新技术来应对挑战。

### 3.5 生物标志物指导的精准干预

研究证明,炎症标志物,如白介素-6、C反应蛋白联合肌肉减少症相关指标(如血清肌酸激酶)可用于风险分层,指导靶向治疗,预测术后并发症风险<sup>[53]</sup>。针对高危患者,术前7 d应用妥珠单抗可使白介素-6水平下降,切口愈合时间缩短。肌肉减少症患者予重组人生长激素治疗2周,肌纤维横截面积增加。由此可见,生物标志物指导的精准干预有利于患者精准预防和治疗,但目前仍处于研究阶段,后续需大量临床试验证明其可行性。

## 4 小结

综上所述,衰弱是一种常见的多维度老年临床综合征,在老年心脏病患者中有较高的患病率,是患者心脏术后不良临床结局的重要危险因素,对预后和术后并发症产生不良影响,既降低了患者术后的生命质量也增加了医疗费用支出,对患者健康及其家庭经济造成极大负担。因此,精确评估患者术前衰弱状态,根据评估结果识别高危患者,从而进行一系列干预管理可能有助于扭转患者衰弱状态、最大限度地改善患者的临床预后及生存质量。目前临床术前衰弱评估工具多种多样,衰弱心脏手术患者的干预管理正向个性化、多学科整合及技术创新发展,但仍存在一些问题亟待解决。如缺乏适用于心脏病患者的特异性高、实用性强的衰弱评估工具,患者预康复等干预措施依从性差,微创手术技术门槛高等。因此,开发适用于老年心脏病患者特异、实用的衰弱评估工具及优化针对性干预措施将是进一步研究的方向。老年衰弱心脏病患者的干预需以“精准评估-功能优化-损伤最小化-快速恢复”为核心,通过多学科协作整合运动、营养、心理及新技术,最终改善手术预后及长期生存质量,未来需大量前瞻性试验进一步验证个体化方案的长期效益和新兴策略的长期效益,推动技术普惠化。

### 利益冲突声明:

所有作者声明不存在利益冲突。

### Conflict of Interests:

All authors disclose no relevant conflict of interests.

### 作者贡献声明:

张春燕负责文章的撰写,王昊天、张春燕共同完成参考文献的收集。陈宇负责文章指导和审阅,经费支持。

### Author's Contributions:

ZHANG Chunyan was responsible for writing the article; WANG Haotian and ZHANG Chunyan jointly completed the collection of references. CHEN Yu provided article guidance, review, and financial support.

### [参考文献]

- [1] VIRANI S S, ALONSO A, APARICIO H J, et al. Heart disease and stroke statistics - 2021 update: a report from the American Heart Association [J]. *Circulation*, 2021, 143(8): e254-e743
- [2] NEUMANN F J, SOUSA-UVA M. 'Ten Commandments' for the 2018 ESC/EACTS guidelines on myocardial revascularization[J]. *Eur Heart J*, 2018, 39(42): 3759
- [3] MAGANTI M, RAO V, BRISTER S, et al. Decreasing mortality for coronary artery bypass surgery in octogenarians [J]. *Can J Cardiol*, 2009, 25(2): e32-e35
- [4] AFILALO J, MOTTILLO S, EISENBERG M J, et al. Addition of frailty and disability to cardiac surgery risk scores identifies elderly patients at high risk of mortality or major morbidity [J]. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*, 2012, 5(2): 222-228
- [5] NASHEF S A, ROQUES F, SHARPLES L D, et al. EuroSCORE II [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2012, 41(4): 734-745
- [6] LIN H S, WATTS J N, PEEL N M, et al. Frailty and post-operative outcomes in older surgical patients: a systematic review [J]. *BMC Geriatr*, 2016, 16(1): 157
- [7] FRIED L P, TANGEN C M, WALSTON J, et al. Frailty in older adults: evidence for a phenotype [J]. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2001, 56(3): M146-M156
- [8] ZHANG Y, YUAN M, GONG M, et al. Frailty and clinical outcomes in heart failure: a systematic review and meta-analysis [J]. *J Am Med Dir Assoc*, 2018, 19(11): 1003-1008
- [9] CLEGG A, YOUNG J, ILIFFE S, et al. Frailty in elderly people [J]. *Lancet*, 2013, 381(9868): 752-762
- [10] 蔡岩坡, 顾嘉玺, 刘 鸿, 等. 心脏手术同期迷宫消融术后房颤复发的风险预测模型构建 [J]. *南京医科大学学报(自然科学版)*, 2024, 44(6): 868-875  
CAI Y P, GU J X, LIU H, et al. Construction of a risk prediction model for recurrence of atrial fibrillation after si-

- multaneous maze ablation for cardiac surgery [J]. *Journal of Nanjing Medical University (Natural Sciences)*, 2024, 44(6): 868-875
- [11] AFILALO J, LAUCK S, KIM D H, et al. Frailty in older adults undergoing aortic valve replacement: the FRAILTY-AVR study [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2017, 70(6): 689-700
- [12] XUE Q L, WALSTON J D, FRIED L P. Global perspectives on frailty assessment tools: a comprehensive review [J]. *Aging Clin Exp Res*, 2020, 32(6): 987-1001
- [13] ROCKWOOD K, MITNITSKI A. Frailty in relation to the accumulation of deficits [J]. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2007, 62(7): 722-727
- [14] GOBBENS R J, VAN ASSEN M A, LUIJKX K G, et al. The tilburg frailty indicator: psychometric properties [J]. *J Am Med Dir Assoc*, 2010, 11(5): 344-355
- [15] FERRUCCI L, FABBRI E, WALSTON L P. Multidimensional frailty and health outcomes in older adults [J]. *J Gerontol Med Sci*, 2017, 72(8): 1015-1022
- [16] CHOWDHURY R, PEEL N M, KROSCHE M, et al. Frailty and chronic kidney disease: a systematic review [J]. *Arch Gerontol Geriatr*, 2017, 68: 135-142
- [17] CESARI M, VELLAS B, GAMBASSI G. The challenge of frailty assessment in clinical practice [J]. *J Am Med Dir Assoc*, 2018, 19(3): 188-192
- [18] VERONESE N, CEREDA E, STUBBS B, et al. Risk of cardiovascular disease morbidity and mortality in frail and pre-frail older adults: Results from a meta-analysis and exploratory meta-regression analysis [J]. *Ageing Res Rev*, 2017, 35: 63-73
- [19] 盛莉, 王晓娜, 肖文凯, 等. 老年心血管疾病合并衰弱评估与管理中国专家共识 [J]. *中华老年多器官疾病杂志*, 2023, 22(7): 481-491
- SHENG L, WANG X N, XIAO W K, et al. Chinese expert consensus on assessment and management of frailty in the elderly with cardiovascular diseases [J]. *Chinese Journal of Multiple of Organ in the Elderly*, 2023, 22(7): 481-491
- [20] GONG S, QIAN D, RIAZI S, et al. Association between the FRAIL scale and postoperative complications in older surgical patients: a systematic review and meta-analysis [J]. *Anesth Analg*, 2023, 136(2): 251-261
- [21] 李亚姿, 许晓萌, 刘晓颖, 等. 老年心血管疾病合并衰弱的研究进展 [J]. *中国医药科学*, 2024, 14(11): 42-45
- LI Y Z, XU X M, LIU X Y, et al. Research progress of senile cardiovascular disease complicated with asthenia [J]. *China Medical and Pharmacy*, 2024, 14(11): 42-45
- [22] ROOPSAWANG I, ZASLAVSKY O, THOMPSON H, et al. Frailty measurements in hospital is ed orthopaedic populations age 65 and older: a scoping review [J]. *J Clin Nurs*, 2022, 31(9-10): 1149-1163
- [23] CHEN L K, WOO J, ASSANTACHAI P, et al. Asian Working Group for sarcopenia: 2019 consensus update on sarcopenia diagnosis and treatment [J]. *J Am Med Dir Assoc*, 2020, 21(3): 300-307.e2
- [24] VAHANIAN A, BEYERSDORF F, PRAZ F, et al. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease [J]. *Eur Heart J*, 2022, 43(21): 2022
- [25] SHINALL M C J R, ARYA S, YOUK A, et al. Association of preoperative patient frailty and operative stress with postoperative mortality [J]. *JAMA Surg*, 2020, 155(1): e194620
- [26] GRAHAM M M, GALBRAITH P D, O'NEILL D, et al. Frailty and outcome in elderly patients with acute coronary syndromes [J]. *Can J Cardiol*, 2013, 29(12): 1610-1617
- [27] BRIVIO P, PALADINI M S, RACAGNI G, et al. From healthy aging to frailty: in search of the underlying mechanisms [J]. *Curr Med Chem*, 2019, 26(20): 3685-3701
- [28] FANG J, LIANG H, CHEN M, et al. Association of preoperative cognitive frailty with postoperative complications in older patients under general anesthesia: a prospective cohort study [J]. *BMC Geriatr*, 2024, 24(1): 851
- [29] PAPACHRISTOFI O, SHARPLES L D, MACKAY J H, et al. The contribution of the anaesthetist to risk-adjusted mortality after cardiac surgery [J]. *Anaesthesia*, 2016, 71(2): 138-146
- [30] FAN G, FU S, ZHENG M, et al. Association of preoperative frailty with pulmonary complications after cardiac surgery in elderly individuals: a prospective cohort study [J]. *Aging Clin Exp Res*, 2023, 35(11): 2453-2462
- [31] ESTEVE-PASTOR M A, MARTÍN E, ALEGRE O, et al. Impact of frailty and atrial fibrillation in elderly patients with acute coronary syndromes [J]. *Eur J Clin Invest*, 2021, 51(5): e13505
- [32] SÜNDERMANN S H, DADEMASCHE A, SEIFERT B, et al. Frailty is a predictor of short- and mid-term mortality after elective cardiac surgery independently of age [J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2014, 18(5): 580-585
- [33] 于尚辰, 张文翠, 张咸伟. 衰弱的研究进展: 概念、危险因素、评估工具、机制及预防 [J]. *神经损伤与功能重建*, 2025, 20(2): 119-124
- YU S C, ZHANG W C, ZHANG X W. Research progress on frailty: concept, risk factors, assessment tools, mechanisms, and prevention [J]. *Neural Injury and Functional Reconstruction*, 2025, 20(2): 119-124
- [34] BAI Y X, WANG Z H, LV Y, et al. Association between frailty and acute kidney injury after cardiac surgery: un-

- raveling the moderation effect of body fat through an international, retrospective, multicohort study [J]. *Int J Surg*, 2025, 111(1): 761-770
- [35] KOTAGAL M, SYMONS R G, HIRSCH I B, et al. Perioperative hyperglycemia and risk of adverse events among patients with and without diabetes [J]. *Ann Surg*, 2015, 261(1): 97-103
- [36] EVERED L A, SILBERT B S. Postoperative cognitive dysfunction and noncardiac surgery [J]. *Anesth Analg*, 2018, 127(2): 496-505
- [37] ZÖLLER B, CONNORS J M. Multimorbidity, comorbidity, frailty, and venous thromboembolism [J]. *Haematologica*, 2024, 109(12): 3852-3859
- [38] APÓSTOLO J, COOKE R, BOBROWICZ-CAMPOS E, et al. Effectiveness of interventions to prevent pre-frailty and frailty progression in older adults: a systematic review [J]. *JBI Database System Rev Implement Rep*, 2018, 16(5): 1282-1283
- [39] 杜越冰,赵金影,庄淑梅,等.老年血液肿瘤患者衰弱与抑郁的相关性研究[J].*军事护理*, 2025, 42(3): 18-21
- DU Y B, ZHAO J Y, ZHUANG S M, et al. Correlation study of frailty and depression in elderly patients with hematological neoplasms [J]. *Military Nursing*, 2025, 42(3): 18-21
- [40] POL R A, VAN LEEUWEN B L, IZAKS G J, et al. C-reactive protein predicts postoperative delirium following vascular surgery [J]. *Ann Vasc Surg*, 2014, 28(8): 1923-1930
- [41] CHI J, CHEN F, ZHANG J, et al. Impacts of frailty on health care costs among community-dwelling older adults: a meta-analysis of cohort studies [J]. *Arch Gerontol Geriatr*, 2021, 94: 104344
- [42] CHAN D C, TSOU H H, CHEN C Y, et al. Frailty predicts increased hospital costs in geriatric patients undergoing cardiac surgery [J]. *J Formos Med Assoc*, 2020, 119(1): 436-443
- [43] HOOGENDIJK E O, AFILALO J, ENSRUD K E, et al. Frailty: implications for clinical practice and public health [J]. *Lancet*, 2019, 394(10206): 1365-1375
- [44] PAN R, LI X, HAN J, et al. Preoperative frailty assessment could be a predictive factor for the prognosis of elderly patients undergoing coronary artery bypass grafting: a retrospective case-control study [J]. *BMC Anesthesiol*, 2023, 23(1): 63
- [45] 姜曦,闫翔,王晶,等.改良衰弱指数与老年患者非心肺转流冠状动脉搭桥手术预后的相关性[J].*临床麻醉学杂志*, 2024, 40(10): 1017-1021
- JIANG X, YAN X, WANG J, et al. Association between modified frailty index with prognosis in elderly patients undergoing off-pump coronary artery bypass grafting [J]. *Journal of Clinical Anesthesiology*, 2024, 40(10): 1017-1021
- [46] HULZEBOS E H, SMIT Y, HELDERS P P, et al. Preoperative physical therapy for elective cardiac surgery patients [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2012, 11(11): CD010118
- [47] LI Z, ZHU Y, KANG Y, et al. Neuroinflammation as the underlying mechanism of postoperative cognitive dysfunction and therapeutic strategies [J]. *Front Cell Neurosci*, 2022, 16: 843069
- [48] HA B, USMAN A A, AUGOUSTIDES J G. Minimally invasive cardiac surgery - identifying opportunities for further improvement in the quality of postoperative patient recovery [J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2020, 34(12): 3231-3233
- [49] DI BACCO L, MICELI A, GLAUBER M. Minimally invasive aortic valve surgery [J]. *J Thorac Dis*, 2021, 13(3): 1945-1959
- [50] PINSKY M R, CECCONI M, CHEW M S, et al. Effective hemodynamic monitoring [J]. *Crit Care*, 2022, 26(1): 294
- [51] RAMOS DOS SANTOS P M, AQUARONI RICCI N, APARECIDA BORDIGNON SUSTER É, et al. Effects of early mobilisation in patients after cardiac surgery: a systematic review [J]. *Physiotherapy*, 2017, 103(1): 1-12
- [52] 梅小丽,黄雨晨,周健,等.无线可穿戴设备连续监测胸腔镜肺癌切除术后患者基本生命体征的前瞻性自身对照研究[J].*中国胸心血管外科临床杂志*, 2024, 31(2): 229-235
- MEI X L, HUANG Y C, ZHOU J, et al. Continuous vital signs monitoring using wireless wearable devices in patients after video-assisted thoracoscopic surgery for lung cancer: a prospective self-control study [J]. *Chinese Journal of Clinical Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 2024, 31(2): 229-235
- [53] JONES R L, PAUL L, STEULTJENS M P M, et al. Biomarkers associated with lower limb muscle function in individuals with sarcopenia: a systematic review [J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2022, 13(6): 2791-2806

[收稿日期] 2025-03-09

(本文编辑:唐震)