

# 老年心血管疾病增强型体外反搏康复处方中国专家共识

中国医师协会心脏重症专业委员会 中国医药教育协会重症医学专业委员会 辽宁省老年服务协会 辽宁省互联网协会智慧医养结合工作委员会 沈阳市医师协会医学人文专业委员会  
通信作者:韩宏光, Email: 13309983275@163.com; 曲虹, Email: hanxiyao@163.com

**【摘要】** 心血管疾病仍然是全球高发疾病和人群死亡的最大原因,严重影响老年人的健康。目前人口老龄化趋势已成为一个重大的全球性问题,随年龄增长的生理变化特点,老年人更容易患心血管疾病,同时老年人常发生多病共患,更是导致心力衰竭患病率上升的重要原因。因此亟待采取新的战略,制定适合老年人的个性化医疗保健方案,延缓老龄化心血管疾病进展,逐步提高老年人健康期望寿命。增强型体外反搏(EECP)是一种适合于心血管疾病康复和二级预防的无创性治疗方法。作为被动的有氧运动,EECP为老年心血管疾病患者提供了安全、有效、无创的康复治疗手段。为了规范 EECP 在老年心血管疾病患者中的应用及处方管理,有效增加冠状动脉储备、改善心功能、提高运动耐量、改善其生活质量并获得最佳预后,中国医师协会心脏重症专业委员会、中国医药教育协会重症医学专业委员会等专家组专家多次研讨和对大量循证医学证据进行筛选,制定本共识。本共识侧重临床实践,以需求为导向,梳理流程,包括 EECP 工作原理、对心血管疾病的作用机制、在老年心血管疾病中的应用及操作规程,旨在帮助临床医师开展规范化、系统化的 EECP 治疗,以期提高治疗的有效性和安全性,为老年心血管疾病患者 EECP 的应用提供参考及依据。

**【关键词】** 心血管疾病; 老年; 增强型体外反搏; 运动康复; 治疗; 共识

**【DOI】** 10.3760/j.issn.1673-4777.2024.07.001 **【中图分类号】** R 714.252 **【文献标识码】** A

**Chinese expert consensus on enhanced external counterpulsation rehabilitation prescription for elderly cardiovascular disease** Cardiac Intensive Care Professional Committee of Chinese Medical Doctor Association, Critical Care Medicine Professional Committee of Chinese Medical Education Association, Liaoning Elderly Service Association, Liaoning Province Internet Association Intelligent Combination of Medical Care Professional Committee, Medical Humanities Professional Committee of Shenyang Medical Doctor Association  
Corresponding authors: Han Hongguang, Email: 13309983275@163.com; Qu Hong, Email: hanxiyao@163.com

**【Abstract】** Cardiovascular disease remains a high incidence disease worldwide and the largest cause of mortality among populations and severely affects the health of elderly. At present, the trend of population aging has become a major global problem. With the physiological changes of aging, the elderly are more likely to suffer from cardiovascular diseases. At the same time, the elderly often have multimorbidity, which is an important reason for the increase in the prevalence of heart failure. Therefore, it is urgent to adopt new strategies to develop personalized health care programs suitable for the elderly, delay the progression of cardiovascular disease in the aging population, and gradually improve the healthy life expectancy of the elderly. Enhanced external counterpulsation (EECP) is a non-invasive treatment suitable for cardiovascular rehabilitation and secondary prevention. As a passive aerobic exercise, EECP provides a safe, effective and non-invasive rehabilitation treatment for elderly patients with cardiovascular disease. In order to standardize the application and prescription management of EECP in elderly patients with cardiovascular disease, effectively increase coronary artery reserve, improve cardiac function, improve exercise tolerance, improve their quality of life and obtain the best prognosis, Cardiac Intensive Care Professional Committee of Chinese Medical Doctor Association, Critical Care Medicine Professional Committee of Chinese Medical Education Association, and etc. have developed the consensus by multiple seminars and screened a large number of evidence-based medical evidence. This consensus focuses on clinical practice, is demand-oriented, and summarizes the process, including the working principle of EECP, the mechanism of action on cardiovascular diseases, the application of EECP in elderly cardiovascular diseases, and the operating procedures. The consensus aims to help clinicians to carry out standardized and systematic EECP treatment, so as to improve the effectiveness and safety of treatment, and to provide reference and basis for the application of EECP in elderly patients with

**【引用本文】** 中国医师协会心脏重症专业委员会,中国医药教育协会重症医学专业委员会,辽宁省老年服务协会,等. 老年心血管疾病增强型体外反搏康复处方中国专家共识[J]. 中国医药,2024,19(7):961-969. DOI: 10.3760/j.issn.1673-4777.2024.07.001.

cardiovascular disease.

**【Keywords】** Cardiovascular disease; Elderly; Enhanced external counterpulsation; Exercise rehabilitation; Treatment; Consensus

随着医疗保健工作的不断改善、人群预期寿命延长和出生率下降,人口老龄化已成为一个重大的全球性问题。最近的调查研究估计,世界 $\geq 65$ 岁人口的比例为 10.1%<sup>[1]</sup>。中国拥有世界上最多的老年人口,也是世界上人口老龄化最快的国家之一,截至 2022 年底,中国 $\geq 65$ 岁老年人占总人口的 14.9%;预计到 2057 年,老年人口将达到全国人口的 32.9%~37.6%<sup>[2]</sup>。人口老龄化面临着同一个体同时患有多种疾病的挑战<sup>[1]</sup>。多病共患是指个体同时出现 2 种或 2 种以上疾病的慢性健康状况,研究表明一般人群中多病共患的发病率可能高达 41%,而在 $\geq 60$ 岁老年人中多病共患的发病率高达 89%,随之也增加了住院及功能损伤的风险<sup>[3-4]</sup>。研究显示,我国人口经历的总疾病负担中约有 70% 归因于慢性病,慢性病所致死亡约占死亡人数的 88.5%,已成为中国居民最主要的死亡原因<sup>[5]</sup>。此外,年龄增长会增加高血压病和冠状动脉疾病的风险。男性 60 岁后、女性 80 岁后尸检发现冠状动脉疾病的患病率可能达到 75%<sup>[6]</sup>。因为老年人的生理变化特点,更容易患心血管疾病。此外,人口老龄化及多病共患均可增加心力衰竭发生的风险<sup>[7]</sup>。目前心血管疾病仍然是全球发病率和死亡率最高的疾病类别,因急性冠状动脉综合征(ACS)或心力衰竭等心脏事件住院后,所有患者发生失能的风险均增加,老年患者身体机能会随年龄增长而下降,不断加重的失能和自理能力降低,在发生急性心血管疾病和住院时更加严重,极大增加了个体死亡风险<sup>[8]</sup>。

心血管疾病的自然历史不断变化,亟待在新的战略下制定适合老年人的个性化医疗保健治疗方案,延缓老龄化心血管疾病进展,逐步提高老年人健康期望寿命<sup>[9]</sup>。心脏康复最初是在 20 世纪 60 年代发展起来的,当时人们认识到在冠心病(冠状动脉粥样硬化性心脏病)事件长期住院期间,步行对患者的获益<sup>[10]</sup>。随后,大量研究表明,心脏康复对所有研究对象均安全有效,包括 $\geq 65$ 岁的老年人,心脏康复可改善急性心肌梗死或既往行血运重建患者的结局,可显著提高其生存率或减少复发性心肌梗死;经皮冠状动脉介入(PCI)术和冠状动脉旁路移植术(CABG)后,心脏康复可改善危险因素、患者运动能力以及对二级预防治疗的药物依从性,提高生存率<sup>[11-13]</sup>。而老年心血管疾病患者按照常规标准的主动康复方案,实施较为困难,其原因包括:

①老年患者在发生心血管疾病的同时常合并多种疾病,围手术期常合并其他器官损伤,如脑损伤等<sup>[14-15]</sup>,增加主动康复的难度;②老年心血管疾病患者可能同时伴随老年综合征,如虚弱、多病、认知障碍、功能衰退及营养缺乏等情况,使总体预后风险因素复杂化<sup>[16]</sup>。增强型体外反搏(EECP)通过在患者小腿、大腿和骨盆部位套上充气囊套、使用加压空气的方法,在舒张早期施加续费压力(高达 300 mmHg, 1 mmHg = 0.133 kPa),驱动血液回流至心脏;是一种非侵入性、成本低、安全、无创及被动的有氧运动。我国开展 EECP 治疗已经 40 余年,EECP 治疗技术颠覆了传统的被动医疗模式,运动量极低,可作为被动康复运动向主动康复运动的过渡,可为老年心血管疾病患者提供安全、有效及被动有氧的康复治疗手段<sup>[17]</sup>,帮助老年患者改善生活质量,增强其康复信心,促进其回归社会,有益于实现全流程健康管理。

为了规范 EECP 在老年心血管疾病患者中的应用以及处方管理,中国医师协会心脏重症专业委员会、中国医药教育协会重症医学专业委员会等专家组经多次讨论、反复修改,撰写了本共识。

## 1 EECP 的工作原理

体外反搏技术是美国哈佛大学 Soroff 教授等在 20 世纪 60 年代设计及研制。此后,国内自主研究并不断加以改进,称为 EECP,是以实时监测的心电 R 波为触发信号,在患者的双下肢及臀部包裹特制的充气囊套,在心脏的舒张期自下而上序贯式充气加压,而在心脏收缩期同时排气,达到增加回心血量、降低心脏后负荷以及提高心输出量的目的<sup>[18-19]</sup>。其具体工作原理为:①心脏舒张期触发气囊充气。心脏舒张早期依次从小腿-大腿-臀部序贯充气加压,驱动双下肢和臀部动脉血液回流至主动脉,增加舒张期主动脉血压,提高冠状动脉舒张期血流灌注并改善重要脏器的血流灌注;同时,由于双下肢和臀部静脉系统同步受压、提高右心静脉回心血量,进一步增加心输出量。②心脏收缩期前触发气囊排气。心脏收缩期前,小腿-大腿-臀部三级气囊同步排气,降低心脏后负荷,进而提高心输出量<sup>[18-19]</sup>。基于上述原理,EECP 可以增加舒张期动脉血压和返回主动脉的血液,进一步提高主动脉舒张压,有效改善心血管疾病患者心、脑、肾等重要脏器的血供<sup>[20]</sup>。

## 2 EECF 的作用机制

**2.1 EECF 改善心血管功能** 老年心血管疾病患者常表现为严重的动脉粥样硬化斑块,存在血管钙化、扭曲、伴有冠状动脉开口以及左主干等严重病变。老年心血管疾病的发生机制包括以下几方面:

①大动脉弹力下降。随年龄增长,由于胶原沉积和弹性蛋白纤维降解,导致主动脉和大中动脉僵硬增加,表现为与年龄相关的收缩压升高和舒张压下降,特别是 $\geq 75$ 岁的老年人。②左心室舒张功能障碍。随年龄增长,心肌间质胶原沉积、脂褐素及其他物质沉积增加,这些因素导致心肌顺应性下降和舒张期充盈模式改变,随后导致与年龄相关的舒张功能障碍。③冠状动脉血流量下降。年龄增长增加心肌氧供需失衡的易感性,同时一氧化氮合酶活性下降引起冠状动脉内皮功能受损,上调冠状动脉血流量的能力减弱,引起冠状动脉血流量下降。④心输出量下降。随年龄增长, $\beta$ -肾上腺素能受体的刺激反应减弱,同时最大心率几乎呈线性下降,导致心输出量下降。⑤血栓形成倾向。随年龄增长,血栓形成和纤溶之间不断失衡,有利于血栓形成。这些随年龄增长导致的血管结构和心脏功能的多种变化,使老年人易患冠心病、心肌缺血和 ACS<sup>[8]</sup>。EECF 是一种无创的体外反搏技术,在舒张期和收缩期与心脏同步节奏充气以及排气,提高冠状动脉舒张压,改善逆行主动脉血的氧气供应<sup>[21]</sup>。既往研究显示,经过 45 min EECF 治疗后,冠心病患者颈动脉和外周动脉的平均血管内径、血流速度、阻力指数和平均流速均得到显著改善<sup>[22]</sup>。亦有研究发现 EECF 提供高压的逆向血流以及同期中等压力的前向血流,可提高血流剪切应力<sup>[19,23-24]</sup>。EECF 还可促进侧支循环的形成,改善冠心病患者的长期预后<sup>[25]</sup>。

**2.2 EECF 改善各器官的微循环以及侧支循环** 微循环是指微动脉和微静脉之间的血液循环。循环系统末梢的微循环承担着物质交换以及循环通路的功能。血管内皮功能障碍、代谢紊乱、局部微循环环境改变以及异常的激素水平等因素均可引起微循环障碍<sup>[26]</sup>,进一步导致物质交换以及器官功能状态异常等情况的发生。

首先,EECF 可改善血管内皮功能,提高血流剪切应力,降低微循环阻力,进而改善局部缺血、缺氧状态,提高冠状动脉血流储备,缓解患者心绞痛症状,Braith 等<sup>[27]</sup>通过前瞻性、随机对照研究在顽固性心绞痛患者中证明 EECF 与对照组相比改善了肱动脉和股动脉血流;其次,EECF 在增加心输出量的同时,也显著增加颈动脉血流量,提高了脑部灌注压,从而改善脑局部微循环障碍以及代谢异常等情

况;再次,大量研究证实新侧支血管的发育、内皮功能和血管反应性的改善以及心室功能的增强均可能是 EECF 治疗获益的重要机制<sup>[28-31]</sup>。与此同时有研究显示;EECF 可促进血管内皮生长因子和基质细胞衍生因子 1 $\alpha$  的表达,最终促进心脏新生血管生成<sup>[32-33]</sup>。

**2.3 EECF 改善肌力及运动耐力** 肌肉是健康的基石,是人体保持健康的关键储备。一旦到了 50 岁,骨骼肌含量以每年 1%~2% 的速度减少,60 岁以上慢性肌肉衰减可达到 30%,80 岁以上为 50% 左右。通常人体肌肉减少 30% 时,其正常机体功能就会受到影响<sup>[34]</sup>。随着胰岛素抵抗不断增加,胰岛素敏感性也随之下降<sup>[35]</sup>。肌肉的衰减直接导致运动能力减低或丧失,同时老年人的身体储备下降、代谢异常,进而加重血脂异常、炎症反应及胰岛素抵抗,最终导致心血管疾病的发病率逐年升高<sup>[36]</sup>。心血管疾病的发生将引起老年人活动进一步受限,肌力下降加重,从而形成恶性循环,影响老年心血管疾病患者的日常活动以及心脏主动康复。EECF 治疗时,气囊规律的充放气能够建立血管压力阶差,使下肢血运得到改善,氧摄取能力增加,进一步增强肌肉对氧的利用能力,提高运动耐力,改善老年患者生活质量。

**2.4 EECF 的其他生物学作用** 目前大量有关 EECF 康复治疗改善心血管疾病的临床证据充分,可能的研究机制涉及改善血管内皮细胞、抑制炎症因子和减轻氧化应激。首先,EECF 可减轻急性心肌梗死患者心肌缺血再灌注损伤,其机制是通过调控核转录因子 E2 相关因子 2 介导的铁死亡和氧化应激损伤<sup>[37]</sup>;其次,EECF 还可通过增加搏动剪切应力,增加一氧化氮的生物利用度及 6-酮前列腺素,进而改善血管内皮功能,缓解顽固性心绞痛症状;再次,EECF 抑制促炎信号通路,抑制促炎细胞因子表达,包括肿瘤坏死因子  $\alpha$ 、单核细胞趋化蛋白 1、可溶性血管细胞黏性因子及高敏 C 反应蛋白<sup>[38-40]</sup>。最后,EECF 可通过改善内源性内皮祖细胞的修复机制,改善高血压引起的血管损伤,增加高血压病患者血流介导的内皮扩张,进而降低其收缩压和舒张压<sup>[41]</sup>,EECF 还可通过抑制促血小板聚集因子的表达,延缓动脉粥样硬化形成<sup>[42]</sup>。

## 3 EECF 在老年心血管疾病患者康复中的应用

**3.1 冠心病** 国际患者登记处的数据表明,EECF 有效地降低了心绞痛发作的频率和硝酸盐使用频次,并增加了患者的运动耐受性,适用于对标准的血运重建程序和积极药物治疗无效的稳定型或不稳定型心绞痛患者<sup>[27]</sup>。Yang 等<sup>[43]</sup>研究发现 EECF 可改善冠心病患者的内皮功能不全,提高其长期的

运动耐力。Wu 等<sup>[44]</sup>研究发现 EECF 可减轻顽固性心绞痛患者的症状,缓解心脏相关焦虑,增加活动耐受力,从而改善患者的生活状况。急性心肌梗死患者行 EECF 治疗后,静脉回流增加,前负荷增加,心脏指数增加,增加心房利钠肽而不增加 B 型脑钠肽(BNP),这是 EECF 治疗效果的重要机制<sup>[45]</sup>。PCI 后 1 个月内进行 EECF 治疗,随访 6 个月后发现,与单纯常规药物组相比,EECF 组患者 PCI 后再狭窄发生率显著下降<sup>[46]</sup>。对于无法进一步行血运重建的患者,EECF 可能是一种安全且最佳的治疗方法<sup>[47]</sup>。同时,很多冠心病患者由于病程长,症状反复,容易出现焦虑、抑郁等心理问题,EECF 在治疗冠心病症状的同时,还能改善上述心理状态<sup>[48-49]</sup>。

**3.2 心力衰竭** 老年人更容易患心血管疾病,人口老龄化是导致心力衰竭患病率上升的因素之一<sup>[50]</sup>。随着我国心血管临床诊治能力的不断提升,心血管专业技术水平的全面提高和发展,心源性猝死预防成功率显著提升,心肌梗死后救治存活率显著增加。Melin 等<sup>[51]</sup>研究发现 EECF 可明显改善慢性心力衰竭患者 6 min 步行试验的结果,进一步引起 BNP 水平下降,左心室射血分数升高,改善心力衰竭症状。PEECH 研究证明,EECF 可提高慢性心功能不全患者运动耐量,35% 患者的最大运动耐受时长增加 $\geq 1$  min,心功能分级改善持续达到 6 个月,EECF 治疗 1 周后明尼苏达生活评分明显改善,同时亚组分析结果显示在 $\geq 65$  岁的老年人中更为明显<sup>[52-53]</sup>。此外,对于心功能较差、无法行 PCI 或者 CABG 的冠心病患者,EECF 治疗后可明显改善患者西雅图心绞痛量表评分以及纽约心脏病协会心功能分级<sup>[54]</sup>。

**3.3 高血压病** 高血压是心血管疾病的危险因素,随着人们生活水平的不断提高以及运动量的不断减少,其发病率逐渐增加。原发性高血压在高血压病中占大多数,使其成为了一个主要的公共卫生问题。内皮是血管壁的重要组成部分,是血管反应性和血压的主要调节因子,在高血压发生发展过程中,血管内皮损伤、血浆内皮素/一氧化氮比例失衡发挥了重要作用。EECF 通过增加一氧化氮、降低内皮素水平,改善血管内皮功能,进而达到控制高血压的目标。Sardari 等<sup>[55]</sup>评价了 EECF 对冠心病患者心率恢复的影响,患者年龄为 $(64.82 \pm 8.28)$  岁,结果显示 34 例冠心病患者经 35 次 EECF 治疗后,左心室射血分数由 $(42.65 \pm 11.82)\%$  增至 $(44.26 \pm 11.86)\%$  ( $P < 0.001$ ),静息收缩压由 $(125.59 \pm 22.35)$  mmHg 降至 $(116.26 \pm 14.93)$  mmHg ( $P = 0.013$ ),显著降低心脏后负荷。Lin 等<sup>[56]</sup>通过穴位

刺激联合 EECF 治疗评价原发性高血压患者内皮细胞功能,结果显示穴位刺激联合 EECF 组显著改善了患者的内皮功能(一氧化氮、内皮素及颈-股动脉搏波传导速度值均有显著改善),在治疗原发性高血压方面具有可行性。张丹丹等<sup>[57]</sup>通过对老年高血压患者给予 EECF 治疗的研究发现,EECF 治疗可达到即刻降压的效果,6 周的 EECF 治疗可持续降压,且在治疗结束后 4~12 周仍可维持血压稳定。此外,EECF 既可以降低血压,对于基线血压低的患者又具有升压作用,表明 EECF 可双向调节血压<sup>[58]</sup>。但需要注意的是,对于老年高血压病患者,EECF 对高血压控制的即刻效应及持续影响仍存在一定的争议<sup>[59-60]</sup>,今后仍需大规模临床研究证实其效果。

**3.4 缺血性心肌病** 一项针对缺血性心肌病患者的多中心、前瞻性、随机对照试验(MUST-EECF 试验)结果显示,缺血性心肌病患者给予 EECF 治疗后,心绞痛发作频率显著下降,并显著提高了运动耐量,70% 的患者症状改善可持续 1 年<sup>[61]</sup>。Sardari 等<sup>[55]</sup>研究发现在接受 17 次半疗程 EECF 治疗后,缺血性心肌病患者的主动脉压和左心室充盈压明显降低,主动脉收缩张力时间指数和左心室后负荷降低,心肌耗氧量下降,心肌灌注改善,且心绞痛分级显著改善,硝酸酯类药物使用剂量减少。在 EECF 治疗有效的缺血性心肌病患者中发现,75% 的患者在 3~5 年内可持续获益,而 64% 的患者在 5 年内无主要不良心血管事件发生<sup>[62]</sup>。此外,缺血性心肌病合并心力衰竭患者在出院 90 d 内接受 EECF 治疗后,再入院率明显低于预期,心功能状态、步行距离和心力衰竭症状也有得到显著改善<sup>[63]</sup>。

#### 4 老年心血管疾病患者 EECF 治疗的适应证和禁忌证

**4.1 EECF 治疗的适应证** ①顽固性心绞痛;②慢性稳定性心力衰竭;③既往行 PCI 或 CABG 后左心室功能严重受损,不宜再行血运重建患者;④有严重合并症会增加围手术期或术后并发症或死亡风险,例如脑血管疾病、糖尿病的晚期并发症和慢性肾脏病;⑤心肌病患者;⑥控制不达标的高血压病患者。

**4.2 EECF 治疗的禁忌证** ①未控制的心律失常:如频发室性期前收缩、II 度以上房室传导阻滞、伴快速心室率的心房扑动、心房颤动等;②口服抗凝药物伴出血倾向,或合并各种出血性疾病;③下肢深静脉血栓形成或合并活动性血栓性静脉炎;④失代偿性心力衰竭或心力衰竭急性发作期;⑤重度肺动脉高压和/或右心功能不全;⑥重度主动脉瓣狭窄和/或关闭不全,重度二尖瓣狭窄;⑦严重慢性阻

塞性肺疾病;⑧夹层动脉瘤、胸腹主动脉瘤、脑动脉瘤及需要外科手术的主动脉瘤;⑨下肢肢体以及臀部反搏部位存在感染灶或者中重度水肿<sup>[16,19,52]</sup>。

## 5 EECP 规范化操作与注意事项

### 5.1 安全评估

EECP 是一种适合于心血管疾病康复和二级预防的无创、安全的治疗方法。但老年患者动脉硬化常较重,合并症常较多,且常常多病共存,治疗前为了保证 EECP 安全顺利,应进行安全评估。首先,应了解患者治疗前的整体状态,监测一般生命体征(包括体温、脉搏、呼吸、血压及血氧饱和度),有无心绞痛、呼吸困难等症状,有无急性心肌梗死、血运重建以及目前用药情况。其次,了解患者的既往史,如动脉瘤、心脏瓣膜病、心律失常、活动性出血和下肢深静脉血栓形成等。再次,评估患者的实验室检查指标,包括血常规、凝血常规、血气分析、肝肾功能、心肌酶学、离子及 BNP 等情况。最后,进一步评估辅助检查,如心电图、超声心动图、双下肢血管超声等。对于高危患者,可通过 6 min 步行试验或心肺运动试验评估运动耐力、进行无创血流动力学监测,必要时完善冠状动脉造影或者冠状动脉 CT 检查、核素心肌灌注显像检查、头颈部 CT 及血管超声检查、胸腹部 CT 血管造影等检查,以进一步评估其心肺功能。

### 5.2 EECP 参数与疗程的设定

EECP 贯穿于心脏康复运动处方的各个阶段。老年心血管疾病患者由于合并症较多,病情复杂,应制定个性化的 EECP 治疗方案。初始治疗时间为 10~30 min/次,治疗压力设定为 26 kPa,经过 3~5 次治疗后滴定个体化治疗。患者适应后治疗压力设定为 30 kPa,治疗时间可增至 60 min/次,并逐步调整舒张期增压波与收缩波比值 > 1.2、舒张压面积与收缩压面积比值为 1.5~2.0。需要注意的是,老年心血管疾病患者多合并血管动脉硬化、多支血管病变等因素,增压波与收缩波比值未达标并不代表体外反搏无效,部分患者随着治疗进程增压波与收缩波比值指标会逐步增高。

EECP 推荐治疗 1 h/d,1 个疗程总治疗时长为 35~36 h;部分老年患者耐受能力差,治疗时长可缩短至 0.5 h/d,治疗 1~2 次/d;根据患者实际情况,可适当调整每周治疗天数和总治疗疗程数。在 6 个月,根据患者的个体情况,也可再次进行 1 个疗程的 EECP 治疗。

### 5.3 EECP 规范化操作与注意事项

在临床实践中,EECP 工作人员严格执行标准,按照规范操作。具体操作步骤见图 1,在临床实践过程中需要注意的事项见表 1。

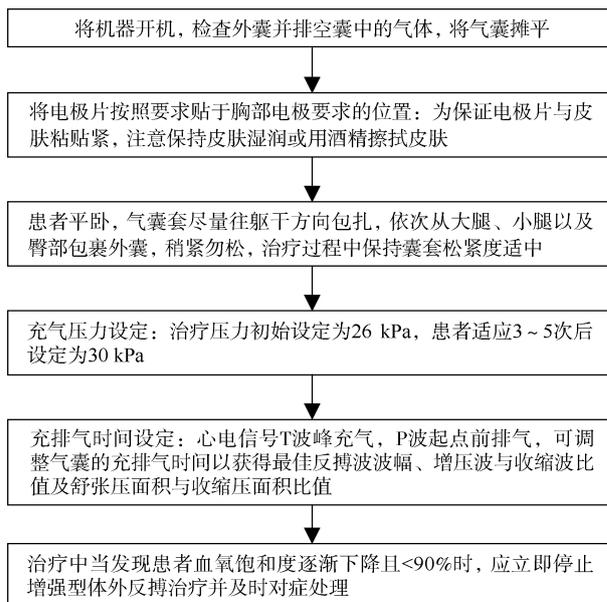


图 1 增强型体外反搏机器参数与疗程的设定

## 6 EECP 的质控与疗效评价

### 6.1 质控

①EECP 治疗前后:评估患者用药(尤其抗凝药物)及危险因素的控制情况。监测患者的一般生命体征,特别是心率、血压,排除心律失常,询问患者是否有心绞痛及呼吸困难。根据评估及监测数据情况,对患者制定个体化 EECP 方案。②EECP 治疗过程中:常规进行心电、血压等多功能监护,心力衰竭或老年患者,推荐进行无创血流动力学监测,包括每搏输出量、心输出量、心脏指数、心肌收缩力、前负荷及外周血管阻力等。EECP 治疗中常规监测充排气时间、充气压力、增压波与收缩波比值及舒张压面积与收缩压面积比值等指标,同时对监测数据进行储存和追溯。

### 6.2 疗效评价

①EECP 即时疗效:可通过心率、血压、心功能及血流动力学指标来评价。②EECP 长期临床疗效:长期临床疗效评价需要关注患者症状改善情况。③EECP 远期预后评价:远期疗效评价包括无创血流动力学指标、血管功能评价、超声心动图指标、动态心电图指标、6 min 步行试验、心肺运动试验、神经功能评价、日常生活能力和生活质量评价及老年综合评估等手段<sup>[37]</sup>。

## 7 展望

随着社会发展及人口老龄化进程加速,目前心血管疾病仍然是世界范围内人类发病和死亡的主要原因。尽管近几十年来,许多发达国家由于诊断方法的改进和对急性心血管疾病更成功的救治手段,使得心血管疾病的病死率有所下降。但随着心肌梗死后存活人数的增加,心力衰竭发病率显著增加,尤其在人口老龄化趋势背景下,人类面临着

表 1 EECP 在临床实践中的注意事项

疾病种类	注意事项
高血压病	EECP 治疗前, 血压应 < 150/90 mmHg
急性缺血性脑卒中	血压 ≤ 180/100 mmHg 为宜, 注意排除动脉瘤的可能
心动过速及心房颤动	①应将心率控制在 100 次/min 以下 ②心房颤动患者因心电图 R 波绝对不齐, 影响气囊充排气的节奏以及 EECP 治疗的舒适度, 心室率控制范围为 50 ~ 90 次/min; 心房颤动合并心房血栓时, 不宜行 EECP 治疗
植入频率应答起搏器	①气囊充、排气时的躯体运动可能导致频率应答增加, 触发起搏器介导的心动过速, 此时应程控关闭频率应答功能 ②植入体内埋藏式除颤仪的患者, 建议咨询起搏电生理专家后决定是否采用 EECP 治疗, 必要时治疗前调整起搏器参数
心力衰竭	①应在优化容量负荷、心力衰竭稳定后开始 EECP 治疗 ②EECP 治疗过程中监测患者的生命体征, 必要时可行无创血流动力学监测 ③左心室功能差、室壁瘤大、室壁薄以及合并附壁血栓的患者需谨慎开展 EECP 治疗
接受抗凝治疗	EECP 治疗时, 调整口服抗凝药物剂量使国际标准化比值 < 2.5
下肢动脉阻塞性疾病	①EECP 治疗应从较小压力、短时间开始, 根据患者的耐受情况, 逐步增加气囊压力和延长治疗时间 ②治疗过程中应密切监测患者有无严重不良反应, 出现时应停止治疗。注意避免气囊包裹下肢动脉支架置入部位, 以防止支架变形、移位的发生
髋部、股骨头术后及严重骨质疏松	①EECP 治疗前, 应咨询骨科和康复医师的意见 ②EECP 治疗时产生的肢体震动可能加重腰痛症状, 腰椎间盘突出患者需谨慎使用
糖尿病	EECP 治疗时容易出现皮肤破溃, 建议治疗时下身着棉质的紧身弹力裤以保护皮肤, 必要时在骨突处加用垫衬
老年患者	①嘱患者在 EECP 治疗前排尿 ②EECP 治疗过程中如需排尿应及时停机, 防止心率加快、血压增高等情况 ③对于排尿次数过多的患者, 可能影响 EECP 疗效, 建议使用一次性纸尿裤

注: EECP 为增强型体外反搏

老年心血管疾病防治的严峻挑战。老年心血管疾病患者的治疗需要慢性长期的综合措施, 采取医养结合模式, 适应老年人的心脏康复方案是解决这一困境的重要方式之一。

EECP 作为一种无创、有氧的被动康复运动, 尤其适合老年心血管疾病患者的康复治疗。同时由于 EECP 操作简便、耐受性好且不良事件发生率低, 更适合在包括基层的各级医疗卫生机构开展。EECP 治疗与运动训练、危险因素管理、心理咨询及营养等心脏康复处方相融合, 不仅降低了住院率和死亡率, 更显著提高了老年心血管疾病患者的生活质量。期待未来不断优化 EECP 的疗程和制定个性化方案, 促进 EECP 相关的分级诊疗体系形成以及网络化管理, 让更多老年心血管疾病患者获益, 未来尚需进一步进行基础及临床研究探讨 EECP 治疗的分子机制。

顾问 张海涛(同济大学附属东方医院); 张静(阜外华中心血管病医院); 周飞虎(解放军总医院); 王述民(北部战区总医院); 赵荣(空军军医大学西京医院); 李春方(辽宁省老年服务协会); 门正昆(沈阳市第一人民医院); 张良清(广东医科大学附属第二医院)

负责人 韩宏光(辽宁省老年服务协会); 罗哲(复旦大学附属中山医院); 沈春健(沈阳市第四人民医院); 邓丽(哈尔滨医科大学附属第一医院); 周成斌(广东省人民医院)

共同执笔人 白杨(吉林大学第一医院); 粮与恒(天津市第三中心医院); 姚野(广州医科大学附属第一医院); 王四清(哈尔滨医科大学附属第四医院)

编写组成员(排名不分先后) 曹芳芳(中国医学科学院阜外医院);

曹晓多(辽宁大学); 陈怿(暨南大学附属东莞医院); 蔡昕姝(辽宁省金秋医院); 杜雨(中国医学科学院阜外医院); 冯斯婷(首都医科大学附属北京安贞医院); 方璐(哈尔滨医科大学附属第一医院); 赵成秀(河北省邯郸市第一医院); 霍岩松(首都医科大学附属北京安贞医院); 黄曼(浙江大学医学院附属第二医院); 黄日红(大连医科大学附属第一医院); 胡晓旻(天津市第三中心医院); 季芳(北部战区总医院); 井玲(哈尔滨医科大学附属第一医院); 金志清(北部战区总医院); 李白翎(海军军医大学第一附属医院); 李宁(北部战区总医院); 刘文源(北部战区总医院); 刘丽敏(沈阳医学院附属第二医院); 蒋金(北部战区总医院); 刘楠(首都医科大学附属北京安贞医院); 刘婷婷(哈尔滨医科大学附属第二医院); 刘宇翔(辽宁省金秋医院); 麻天齐(辽宁中医药大学附属医院); 马大实(吉林大学第一医院); 马丽园(哈尔滨医科大学附属第一医院); 孟庆涛(大连大学附属中山医院); 秦颖(哈尔滨医科大学附属第一医院); 石恒(浙江大学医学院附属第二医院); 单海燕(中国医科大学附属第一医院); 宋默微(哈尔滨医科大学附属第一医院); 宋建(辽宁师范大学); 沈洪涛(哈尔滨医科大学附属第一医院); 宋平梅(沈阳市第一人民医院); 孙孟尧(吉林大学第一医院); 孙云鹏(吉林大学第一医院); 隋海静(哈尔滨医科大学附属第二医院); 田丽(辽宁省金秋医院); 吴琼(北部战区总医院); 吴健锋(中山大学附属第一医院); 王春生(中国融通沈阳一二一医院); 王洋(北部战区空军医院); 谢波(上海交通大学医学院附属仁济医院); 徐礼胜(东北大学); 于海龙(北部战区总医院); 易容(沈阳市第四人民医院); 左姝(哈尔滨医科大学附属第二医院); 张鑫(哈尔滨医科大学附属肿瘤医院); 赵洪梅(哈尔滨医科大学附属肿瘤医院); 张瑞春(哈尔滨医科大学附属肿瘤医院); 王莉莉(辽宁省人民医院); 周宏艳(中国医学科学院阜外医院); 张亮(辽宁省人民医院); 周大鹏(北部战区总医院); 赵昕(大连医科大学附属第二医院); 张燕搏(中国医学科学院阜外医院); 曲虹(北部战区总医院); 李明哲(辽宁中医药大学附属医院); 方芳(广东医科大学附属第二医院); 夏清平(牡丹江医科大学); 刘涛(中国融通沈阳一二一医院); 历志(北部战区总医院)

学术秘书 杜金伟、拱艳羽、孙悦、张佩潇(学术秘书单位均为中国医科大学)

利益冲突 所有参与人员均声明不存在利益冲突

### 参考文献

- [1] Kabir A, Tran A, Ansari S, et al. Impact of multimorbidity and complex multimorbidity on mortality among older Australians aged 45 years and over; a large population-based record linkage study[J]. *BMJ Open*, 2022, 12(7): e060001. DOI: 10.1136/bmjopen-2021-060001.
- [2] Gao S, Sun S, Sun T, et al. Chronic diseases spectrum and multimorbidity in elderly inpatients based on a 12-year epidemiological survey in China[J]. *BMC Public Health*, 2024, 24(1): 509. DOI: 10.1186/s12889-024-18006-x.
- [3] 王增武,北京高血压防治协会,中国卒中学会高血压预防与管理分会,等.老年心血管病多学科诊疗共识[J].中国合理用药探索,2022,19(11):1-32. DOI: 10.3969/j.issn.2096-3327.2022.11.001.  
Wang ZW, Beijing Hypertension Association, Hypertension Prevention and Management Branch, Chinese Stroke Association, et al. Consensus on multidisciplinary diagnosis and treatment of cardiovascular diseases in the elderly[J]. *China Licensed Pharmacist*, 2022, 19(11): 1-32. DOI: 10.3969/j.issn.2096-3327.2022.11.001.
- [4] Beridze G, Abbadi A, Ars J, et al. Patterns of multimorbidity in primary care electronic health records: a systematic review[J]. *J Multimorb Comorb*, 2024, 14: 26335565231223350. DOI: 10.1177/26335565231223350.
- [5] Ai Z, Tang C, Wen X, et al. Examining the impact of chronic diseases on activities of daily living of middle-aged and older adults aged 45 years and above in China; a nationally representative cohort study[J]. *Front Public Health*, 2024, 11: 1303137. DOI: 10.3389/fpubh.2023.1303137.
- [6] Neil W, Jesse E, Thomas D. The relationship of the degree of coronary atherosclerosis with age, in men[J]. *Circulation*, 1950, 1(4): 645-654.
- [7] Pagano M, Corallo F, D'Aleo P, et al. A set of possible markers for monitoring heart failure and cognitive impairment associated: a review of literature from the past 5 years[J]. *Biomolecules*, 2024, 14(2): 185. DOI: 10.3390/biom14020185.
- [8] Damluji AA, Forman DE, Wang TY, et al. Management of acute coronary syndrome in the older adult population: a scientific statement from the American Heart Association[J]. *Circulation*, 2023, 147(3): e32-e62. DOI: 10.1161/CIR.0000000000001112.
- [9] Puntmann VO, Valbuena S, Hinojar R, et al. Society for Cardiovascular Magnetic Resonance (SCMR) expert consensus for CMR imaging endpoints in clinical research: part I—analytical validation and clinical qualification[J]. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2018, 20(1): 67. DOI: 10.1186/s12968-018-0484-5.
- [10] Ades PA. Cardiac rehabilitation and secondary prevention of coronary heart disease[J]. *N Engl J Med*, 2001, 345(12): 892-902. DOI: 10.1056/NEJMra001529.
- [11] Pasquali SK, Alexander KP, Peterson ED. Cardiac rehabilitation in the elderly[J]. *Am Heart J*, 2001, 142(5): 748-755. DOI: 10.1067/mhj.2001.119134.
- [12] Colantonio LD, Deng L, Chen L, et al. Medical expenditures among medicare beneficiaries with statin-associated adverse effects following myocardial infarction[J]. *Cardiovasc Drugs Ther*, 2018, 32(6): 601-610. DOI: 10.1007/s10557-018-6840-8.
- [13] Rosenson RS, Farkouh ME, Mefford M, et al. Trends in use of high-intensity statin therapy after myocardial infarction, 2011 to 2014[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2017, 69(22): 2696-2706. DOI: 10.1016/j.jacc.2017.03.585.
- [14] 中国医师协会心脏重症专业委员会,中国医药教育协会重症医学专业委员会,中国研究型医院学会神经再生与修复专业委员会心脏重症脑保护学组,等.心脏重症围手术期脑损伤中西医结合诊治专家共识[J].解放军医学杂志,2023,48(5): 489-500. DOI: 10.11855/j.issn.0577-7402.2023.05.0489.  
Cardiac Intensive Care Professional Committee of Chinese Medical Doctor Association, Critical Care Medicine Professional Committee of Chinese Medical Education Association, Severe Cardiac Disease Brain Protection Group of the Neural Regeneration and Repair Professional Committee of Chinese Research Hospital Association, et al. Expert consensus on the diagnosis and treatment of perioperative brain injury by integrated traditional Chinese and Western medicine in cardiac intensive disease[J]. *Medical Journal of Chinese People's Liberation Army*, 2023, 48(5): 489-500. DOI: 10.11855/j.issn.0577-7402.2023.05.0489.
- [15] 中国研究型医院学会神经再生与修复专业委员会心脏重症脑保护学组,中国研究型医院学会神经再生与修复专业委员会神经重症护理与康复学组.亚低温脑保护中国专家共识[J].中华危重病急救医学,2020,32(4): 385-391. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20200117-00137.  
Severe Cardiac Disease Brain Protection Group of the Neural Regeneration and Repair Professional Committee of Chinese Research Hospital Association, Neural Intensive Nursing and Rehabilitation Group, Neural Regeneration and Repair Committee, Chinese Research Hospital Association. Chinese consensus for mild hypothermia brain protection[J]. *Chinese Critical Care Medicine*, 2020, 32(4): 385-391. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20200117-00137.
- [16] 姚晓华,邵丽莉,信栓力.体外反搏在老年人心脏康复中的应用[J].中华老年医学杂志,2019,38(5): 488-491. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-9026.2019.05.005.  
Yao XH, Shao LL, Xin SL. Application of external counterpulsation in cardiac rehabilitation among the elderly people[J]. *Chinese Journal of Geriatrics*, 2019, 38(5): 488-491. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-9026.2019.05.005.
- [17] 胡大一.老年人心脏康复[J].中华老年医学杂志,2019,38(5): 473-475. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-9026.2019.05.001.  
Hu DY. Cardiac rehabilitation in elderly population[J]. *Chinese Journal of Geriatrics*, 2019, 38(5): 473-475. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-9026.2019.05.001.
- [18] 中华医学会老年医学分会心血管病学组,《中华老年医学杂志》编辑委员会,中国生物医学工程学会体外反搏分会老年学组.老年人体外反搏临床应用中国专家共识(2019)[J].中华老年医学杂志,2019,38(9): 953-961. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-9026.2019.09.001.  
Cardiovascular Group, Geriatrics Branch, Chinese Medical Association, Editorial Board of the Chinese Journal of Geriatrics, Gerontol-

- tology Group, External Counterpulsation Branch, Chinese Society of Biomedical Engineering. Expert consensus on the clinical application of enhanced external counterpulsation in elderly people[J]. Chinese Journal of Geriatrics, 2019, 38(9):953-961. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-9026.2019.09.001.
- [19] 中国医师协会心血管内科医师分会, 中国医院协会心脏康复管理专业委员会, 上海市康复医学会体外反搏专业委员会. 慢性冠状动脉综合征增强型体外反搏治疗中国专家共识[J]. 中国介入心脏病学杂志, 2022, 30(2):81-87. DOI: 10.3969/j.issn.1004-8812.2022.02.001.
- Cardiovascular Physicians Branch of Chinese Medical Doctor Association, Cardiovascular Rehabilitation Management Professional Committee of Chinese Hospital Association, External counterpulsation Professional Committee of Shanghai Association of Rehabilitation Medicine. Chinese expert consensus on enhanced external counterpulsation therapy for chronic coronary syndrome[J]. Chinese Journal of Interventional Cardiology, 2022, 30(2):81-87. DOI: 10.3969/j.issn.1004-8812.2022.02.001.
- [20] Raza A, Steinberg K, Tartaglia J, et al. Enhanced external counterpulsation therapy: past, present, and future[J]. Cardiol Rev, 2017, 25(2):59-67. DOI: 10.1097/CRD.000000000000122.
- [21] Ihsdayhid AR, Chopra S, Rankin J. Intra-aortic balloon pump: indications, efficacy, guidelines and future directions[J]. Curr Opin Cardiol, 2014, 29(4):285-292. DOI: 10.1097/HCO.000000000000075.
- [22] Zhang Y, Chen Z, Mai Z, et al. Acute hemodynamic responses to enhanced external counterpulsation in patients with coronary artery disease[J]. Front Cardiovasc Med, 2021, 8:721140. DOI: 10.3389/fevm.2021.721140.
- [23] Ozawa ET, Bottom KE, Xiao X, et al. Numerical simulation of enhanced external counterpulsation[J]. Ann Biomed Eng, 2001, 29(4):284-297. DOI: 10.1114/1.1359448.
- [24] Zhang Y, He X, Chen X, et al. Enhanced external counterpulsation inhibits intimal hyperplasia by modifying shear stress responsive gene expression in hypercholesterolemic pigs[J]. Circulation, 2007, 116(5):526-534. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.106.647248.
- [25] 滕晓焕, 赵兰蒂. 增强型体外反搏在心脏康复中的应用[J]. 安徽医药, 2020, 24(2):217-220. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6469.2020.02.002.
- Teng XH, Zhao LD. Clinical application of enhanced external counterpulsation in cardiac rehabilitation[J]. Anhui Medical and Pharmaceutical Journal, 2020, 24(2):217-220. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6469.2020.02.002.
- [26] Sara JD, Widmer RJ, Matsuzawa Y, et al. Prevalence of coronary microvascular dysfunction among patients with chest pain and non-obstructive coronary artery disease[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2015, 8(11):1445-1453. DOI: 10.1016/j.jcin.2015.06.017.
- [27] Braith RW, Conti CR, Nichols WW, et al. Enhanced external counterpulsation improves peripheral artery flow-mediated dilation in patients with chronic angina; a randomized sham-controlled study[J]. Circulation, 2010, 122(16):1612-1620. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.109.923482.
- [28] Bonetti PO, Holmes DR Jr, Lerman A, et al. Enhanced external counterpulsation for ischemic heart disease; what's behind the curtain? [J]. J Am Coll Cardiol, 2003, 41(11):1918-1925. DOI: 10.1016/s0735-1097(03)00428-5.
- [29] Jacobey JA, Taylor WJ, Smith GT, et al. A new therapeutic approach to acute coronary occlusion[J]. Surg Forum, 1961, 12:225-227.
- [30] Feldman AM. Enhanced external counterpulsation: mechanism of action[J]. Clin Cardiol, 2002, 25(12 Suppl 2):II11-15. DOI: 10.1002/clc.4960251405.
- [31] Gurovich AN, Braith RW. Enhanced external counterpulsation creates acute blood flow patterns responsible for improved flow-mediated dilation in humans[J]. Hypertens Res, 2013, 36(4):297-305. DOI: 10.1038/hr.2012.169.
- [32] Wu GF, Du ZM, Hu CH, et al. Microvessel angiogenesis; a possible cardioprotective mechanism of external counterpulsation for canine myocardial infarction[J]. Chin Med J (Engl), 2005, 118(14):1182-1189.
- [33] Luo JY, Wu GF, Xiong Y, et al. Enhanced external counterpulsation promotes growth cytokines-mediated myocardial angiogenesis in a porcine model of hypercholesterolemia[J]. Chin Med J (Engl), 2009, 122(10):1188-1194.
- [34] Auyeung TW, Lee SW, Leung J, et al. Age-associated decline of muscle mass, grip strength and gait speed: a 4-year longitudinal study of 3018 community-dwelling older Chinese[J]. Geriatr Gerontol Int, 2014, 14 Suppl 1:76-84. DOI: 10.1111/ggi.12213.
- [35] Lee SW, Youm Y, Lee WJ, et al. Appendicular skeletal muscle mass and insulin resistance in an elderly Korean population; the Korean social life, health and aging project-health examination cohort[J]. Diabetes Metab J, 2015, 39(1):37-45. DOI: 10.4093/dmj.2015.39.1.37.
- [36] von Haehling S, Ebner N, Dos Santos MR, et al. Muscle wasting and cachexia in heart failure: mechanisms and therapies[J]. Nat Rev Cardiol, 2017, 14(6):323-341. DOI: 10.1038/nrcardio.2017.51.
- [37] Wang S, Wang B, Guo G, et al. Cardiac external counterpulsation attenuates myocardial injury by regulating NRF2-mediated ferroptosis and oxidative stress injury[J]. Evid Based Complement Alternat Med, 2022, 2022:6477778. DOI: 10.1155/2022/6477778.
- [38] Akhtar M, Wu GF, Du ZM, et al. Effect of external counterpulsation on plasma nitric oxide and endothelin-1 levels[J]. Am J Cardiol, 2006, 98(1):28-30. DOI: 10.1016/j.amjcard.2006.01.053.
- [39] 顾迎春, 韩凌, 李杨, 等. 增强型体外反搏对心血管血流动力学影响的研究进展[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2023, 21(22):4157-4161. DOI: 10.12102/j.issn.1672-1349.2023.22.017.
- Gu YC, Han L, Li Y, et al. Research progress on the effect of enhanced extracorporeal counterpulsation on cardiovascular hemodynamics[J]. Chinese Journal of Integrative Medicine on Cardio/Cerebrovascular Disease, 2023, 21(22):4157-4161. DOI: 10.12102/j.issn.1672-1349.2023.22.017.
- [40] Martin JS, Braith RW. Anti-inflammatory effects of enhanced external counterpulsation in subjects with abnormal glucose tolerance[J]. Appl Physiol Nutr Metab, 2012, 37(6):1251-1255. DOI: 10.1139/h2012-112.
- [41] Liang J, Shi J, Wei W, et al. External counterpulsation attenuates

- hypertensive vascular injury through enhancing the function of endothelial progenitor cells[J]. *Front Physiol*, 2021,11:590585. DOI: 10.3389/fphys.2020.590585.
- [42] Wang Y, Xu D. The effect of enhanced external counterpulsation on platelet aggregation in patients with coronary heart disease[J]. *Cardiovasc Drugs Ther*, 2022,36(2):263-269. DOI: 10.1007/s10557-020-07140-4.
- [43] Yang H, Song L, Ning X, et al. Enhanced external counterpulsation ameliorates endothelial dysfunction and elevates exercise tolerance in patients with coronary artery disease[J]. *Front Cardiovasc Med*, 2022,9:997109. DOI: 10.3389/fcvm.2022.997109.
- [44] Wu E, Desta L, Broström A, et al. Effectiveness of enhanced external counterpulsation treatment on symptom burden, medication profile, physical capacity, cardiac anxiety, and health-related quality of life in patients with refractory angina pectoris[J]. *J Cardiovasc Nurs*, 2020,35(4):375-385. DOI: 10.1097/JCN.0000000000000638.
- [45] Taguchi I, Ogawa K, Kanaya T, et al. Effects of enhanced external counterpulsation on hemodynamics and its mechanism [J]. *Circ J*, 2004,68(11):1030-1034. DOI: 10.1253/circj.68.1030.
- [46] Lawson WE, Hui JC, Guo T, et al. Prior revascularization increases the effectiveness of enhanced external counterpulsation [J]. *Clin Cardiol*, 1998, 21(11):841-844. DOI: 10.1002/clc.4960211111.
- [47] Caceres J, Atal P, Arora R, et al. Enhanced external counterpulsation: a unique treatment for the "No-Option" refractory angina patient[J]. *J Clin Pharm Ther*, 2021,46(2):295-303. DOI: 10.1111/jcpt.13330.
- [48] May O, Sogaard HJ. Enhanced external counterpulsation is an effective treatment for depression in patients with refractory angina pectoris[J]. *Prim Care Companion CNS Disord*, 2015,17(4):10.4088/PCC.14m01748. DOI: 10.4088/PCC.14m01748.
- [49] 王翠华,刘素兰,赵立峰,等.运动疗法联合增强型体外反搏对冠心病患者心脏功能和生活质量的影响[J].*山东医药*,2023,63(4):17-21. DOI: 10.3969/j.issn.1002-266X.2023.04.004.
- Wang CH, Liu SL, Zhao LF, et al. Effects of exercise therapy combined with enhanced external counterpulsation on cardiac function and quality of life in patients with coronary heart disease[J]. *Shandong Medical Journal*, 2023,63(4):17-21. DOI: 10.3969/j.issn.1002-266X.2023.04.004.
- [50] 王伟玲,由倍安,沈琳.体外反搏在老年人心力衰竭中的应用[J].*中华老年医学杂志*,2019,38(5):480-483. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-9026.2019.05.003.
- Wang WL, You BA, Shen L. Application of enhanced external counterpulsation on heart failure in the elderly[J]. *Chinese Journal of Geriatrics*, 2019,38(5):480-483. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-9026.2019.05.003.
- [51] Melin M, Montelius A, Rydén L, et al. Effects of enhanced external counterpulsation on skeletal muscle gene expression in patients with severe heart failure[J]. *Clin Physiol Funct Imaging*, 2018, 38(1):118-127. DOI: 10.1111/cpf.12392.
- [52] Shen L, Wang XM, Wu GF. Expert consensus on the clinical application of enhanced external counterpulsation in elderly people (2019)[J]. *Aging Med(Milton)*, 2020,3(1):16-24. DOI: 10.1002/agm2.12097.
- [53] Feldman AM, Silver MA, Francis GS, et al. Enhanced external counterpulsation improves exercise tolerance in patients with chronic heart failure[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2006,48(6):1198-1205. DOI: 10.1016/j.jacc.2005.10.079.
- [54] Jan R, Khan A, Zahid S, et al. The effect of enhanced external counterpulsation(EECP) on quality of life in patient with coronary artery disease not amenable to PCI or CABG[J]. *Cureus*, 2020, 12(5):e7987. DOI: 10.7759/cureus.7987.
- [55] Sardari A, Hosseini SK, Bozorgi A, et al. Effects of enhanced external counterpulsation on heart rate recovery in patients with coronary artery disease[J]. *J Tehran Heart Cent*, 2018,13(1):13-17.
- [56] Lin M, Wang X, Ye B, et al. External counterpulsation stimulation combined with acupuncture for vascular endothelial function in patients with hypertension: a randomized pilot trial[J]. *Clin Exp Hypertens*, 2023,45(1):2181355. DOI: 10.1080/10641963.2023.2181355.
- [57] 张丹丹,王少华,马娟,等.增强型体外反搏对老年高血压患者血压的即刻作用和持续影响[J].*中华老年医学杂志*,2021,40(12):1512-1516. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-9026.2021.12.008.
- Zhang DD, Wang SH, Ma J, et al. Immediate and lasting effects of enhanced external counterpulsation on blood pressure in elderly patients with hypertension [J]. *Chinese Journal of Geriatrics*, 2021,40(12):1512-1516. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-9026.2021.12.008.
- [58] Campbell AR, Satran D, Zenovich AG, et al. Enhanced external counterpulsation improves systolic blood pressure in patients with refractory angina[J]. *Am Heart J*, 2008,156(6):1217-1222. DOI: 10.1016/j.ahj.2008.07.024.
- [59] Beck DT, Casey DP, Martin JS, et al. Enhanced external counterpulsation reduces indices of central blood pressure and myocardial oxygen demand in patients with left ventricular dysfunction[J]. *Clin Exp Pharmacol Physiol*, 2015,42(4):315-320. DOI: 10.1111/1440-1681.12367.
- [60] Lin W, Xiong L, Han J, et al. External counterpulsation augments blood pressure and cerebral flow velocities in ischemic stroke patients with cerebral intracranial large artery occlusive disease[J]. *Stroke*, 2012,43(11):3007-3011. DOI: 10.1161/STROKEAHA.112.659144.
- [61] Arora RR, Chou TM, Jain D, et al. The multicenter study of enhanced external counterpulsation(MUST-EECP): effect of EECP on exercise-induced myocardial ischemia and anginal episodes[J]. *J Am Coll Cardiol*, 1999,33(7):1833-1840. DOI: 10.1016/s0735-1097(99)00140-0.
- [62] Lawson WE, Hui JC, Kennard ED, et al. Enhanced external counterpulsation is cost-effective in reducing hospital costs in refractory angina patients[J]. *Clin Cardiol*, 2015,38(6):344-349. DOI: 10.1002/clc.22395.
- [63] Tecson KM, Silver MA, Brune SD, et al. Impact of enhanced external counterpulsation on heart failure rehospitalization in patients with ischemic cardiomyopathy[J]. *Am J Cardiol*, 2016, 117(6):901-905. DOI: 10.1016/j.amjcard.2015.12.024.

(收稿:2024-04-01)

(本文编辑:董帅)