

# 慢性冠状动脉综合征增强型体外反搏治疗中国专家共识

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

【关键词】 慢性冠状动脉综合征; 增强型体外反搏; 专家共识

【中图分类号】 R543.3

目前,我国心血管病患率仍处于上升阶段。心血管病现患人数约3.3亿,其中冠心病患者约1139万人<sup>[1]</sup>。2019年《欧洲心脏病学会慢性冠状动脉综合征诊断和管理指南》<sup>[2]</sup>根据临床表现将冠心病分为急性冠状动脉综合征(acute coronary syndromes, ACS)和慢性冠状动脉综合征(chronic coronary syndromes, CCS),对不同临床类型的CCS提出了诊治和管理新理念,并将增强型体外反搏(enhanced external counter-pulsation, EECP)纳入治疗推荐。

EECP是一种无创的体外辅助循环治疗技术,是心血管疾病康复的重要方法之一。为规范EECP在CCS治疗中的临床路径、技术规范、分级诊疗与转诊流程,提高治疗的有效性和安全性,结合国内外临床实践及相关文献<sup>[3-8]</sup>,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组织专家撰写了本共识。

## 1 概述

### 1.1 CCS定义

CCS是冠状动脉粥样硬化疾病动态变化过程中相对稳定的阶段<sup>[2]</sup>,其临床类型包括:(1)疑似冠心病,伴稳定型心绞痛症状和(或)呼吸困难;(2)新发心力衰竭或左室功能不全,可能为冠心病;(3)ACS或冠状动脉血运重建后<1年,无症状或症状稳定;(4)初诊或血运重建后>1年;(5)怀疑血管痉挛或微血管病变导致的心绞痛;(6)筛查时发现的无症状冠心病。

### 1.2 EECP工作原理

EECP是在患者双下肢、臀部分别包裹气囊套,通过实时监测心电波信号,以R波为触发信号于心脏舒张早期触发气囊,由小腿、大腿、臀部自下而上贯充气,驱动双下肢和臀部动脉血液至主动脉,增加舒张期主动脉血压,提高冠状动脉舒张期的血流灌注;在心脏收缩期前气囊同步排气,使得心脏收缩期外周阻力明显下降,心脏后负荷降低。

### 1.3 EECP治疗循证证据

**1.3.1 作用机制** EECP治疗能提高血流对血管壁的剪切应力,改善血管内皮功能,抑制冠状动脉痉挛<sup>[9-14]</sup>;增加心肌灌注,降低左心室耗能,改善外周血管功能,提高患者运动耐量<sup>[15-16]</sup>;降低难治性心绞痛患者外周血单核细胞Toll样受体2的表达<sup>[17]</sup>;降低超敏C反应蛋白、肿瘤坏死因子- $\alpha$ 、水溶性血管细胞黏附分子-1等炎症因子水平<sup>[18]</sup>。

**1.3.2 临床获益** EECP能显著改善冠状动脉血流,治疗稳定型劳力性心绞痛<sup>[3, 19-21]</sup>;配合药物治疗能促进冠状动脉侧支血管形成<sup>[22-24]</sup>,提高难治性心绞痛患者冠状动脉血流储备及运动耐量<sup>[25]</sup>;改善患者的心绞痛症状和生活质量,并且大部分患者在治疗后半年、1年、2年甚至3年的临床随访时间内持续获益<sup>[26-27]</sup>;改善纽约心脏病协会(New York Heart Association, NYHA)心功能分级II~III级缺血性心肌病患者的心功能<sup>[28-31]</sup>;冠状动脉血运重建术后患者,早期行EECP治疗对靶血管再狭窄具有一定的预防作用<sup>[32]</sup>;对仍存在心绞痛症状者,EECP治疗能减少胸痛发作次数和硝酸甘油用量<sup>[3-4, 33-34]</sup>;对无法耐受血运重建者,EECP治疗能提高患者生活质量<sup>[35-36]</sup>;非阻塞性冠状动脉缺血疾病(INOCA)患者,EECP治疗亦可获益<sup>[37]</sup>;此外,EECP治疗还能减轻患者的焦虑、抑郁状态<sup>[38-39]</sup>。

DOI: 10.3969/j.issn.1004-8812.2022.02.001

通信作者:葛均波, Email: ge.junbo@zs-hospital.sh.cn

**1.3.3 临床应用** 基础研究及临床实践表明,EECP对不同<sup>1</sup>类型CCS患者均可获益,所以在排除治疗禁忌证后,EECP可作为CCS临床治疗的方法之一。

## 2 EECF规范化治疗建议

### 2.1 患者评估

**2.1.1 临床信息采集** CCS患者诊断明确,在EECP治疗前,需要进行详细的临床信息采集(表1)。

**2.1.2 禁忌证** 在EECP治疗前需要进行安全性评估,排除不宜行EECP治疗的禁忌证。CCS患者合并以下情况均不宜行EECP治疗:(1)中~重度主动脉瓣关闭不全;(2)夹层动脉瘤,胸腹主动脉瘤,脑动脉瘤;(3)中~重度肺动脉高压和(或)右心功能不全;(4)各种出血性疾病,口服抗凝药物伴出血风险;(5)活动性静脉炎,静脉血栓形成;(6)需包裹囊套的部位有感染灶或中重度水肿;(7)未控制的高血压(>170/110 mmHg,1 mmHg=0.133 kPa);(8)未控制的心律失常(包括频发期前收缩,异位心动过速,二度、三度房室传导阻滞,心室率>100次/分的心房颤动、心房扑动等),或伴有可能干扰EECP心电门控功能的心律失常;(9)心力衰竭急性发作期;(10)下肢动脉支架置入;(11)妊娠。

**2.1.3 知情同意** 首次行EECP治疗的患者需进行详细知情谈话,告知患者在EECP治疗过程中可能出现皮肤轻微磨损或下肢及腰背部短暂一过性疲劳酸痛感、治疗过程中不能停用药物等情况。确保患者对EECP治疗的疗效与风险有充分的理解,征得患者同意。建议签署知情同意书。

### 2.2 EECF治疗注意事项

EECP治疗室应备有急救药品和急救设备,工

作人员应具备急救技能。治疗过程中应密切观察患者和设备工作状态,如患者出现心绞痛、心律失常、心力衰竭急性发作、血氧饱和度逐渐下降且<90%等,或治疗过程中设备出现异常情况,均应立即停止EECP治疗并寻找原因,待重新评估治疗安全性后,再考虑是否继续治疗。EECP治疗过程中的具体注意事项见表2。

### 2.3 规范化操作流程建议

EECP工作人员应严格执行体外反搏操作规范,依照操作流程进行(图1)。

### 2.4 治疗时间及疗程

推荐每天治疗1 h,一疗程总治疗时长为35~36 h<sup>[26-27,32]</sup>;如果患者耐受性差,可适当减少每次治疗时长,每天治疗1~2次;每周治疗天数和治疗疗程数可根据患者实际情况适当调整。

## 3 EECF治疗参数调整建议

### 3.1 充气压力

在EECP治疗过程中,可通过压力调整使增压波达到有效范围。一般建议初始压力从下肢收缩压值+30~50 mmHg起始,然后逐步增加至患者能耐受的合适治疗压力。在保持有效增压波的原则下,选用最小治疗压力。压力可根据患者病情、年龄、体型、耐受程度等酌情调整。

### 3.2 充、排气时间

EECP治疗过程中,一般要求增压波D和收缩波S的比值(D/S比值)>1.2。如果D/S比值未达到1.2,建议先调节充排气起始时间点,必要时检查设备气路是否漏气、气囊包裹是否紧贴等因素。如果D/S比值仍未

表1 临床信息采集

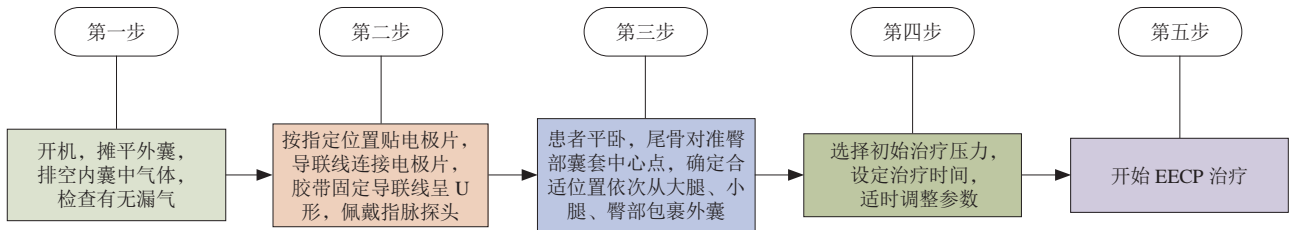
项目	内容
现病史及目前治疗	有无心绞痛、呼吸困难等症状,有无心肌梗死,是否已接受血运重建,目前用药情况
既往病史	有无动脉瘤、心脏瓣膜病、心肌病、各种类型心律失常、活动性出血、下肢静脉血栓形成等
生命体征	体温、血压、心率、心律、呼吸、血氧饱和度
实验室检查	血常规、凝血功能、D-二聚体、肌钙蛋白(cTnT或cTnI)、N末端B型脑钠肽前体、肝肾功能、血糖、血脂、肌酸激酶、肌酸激酶同工酶、电解质
辅助检查	心电图、超声心动图、双下肢动静脉血管超声;根据需要,必要时完善食管超声心动图、冠状动脉CT成像、冠状动脉造影、胸腹主动脉CT血管造影、颅脑动脉CT血管造影、头颅CT或核磁共振成像、颈部血管超声、核素心肌显像等
心肺功能评估	根据各级医疗机构和患者具体情况,酌情选择心肺功能评估(如心肺运动试验或6 min步行试验)

注:cTnT,心肌肌钙蛋白T;cTnI,心肌肌钙蛋白I。

表2 CCS患者EECP治疗注意事项

EECP治疗前	(1)建议饮食后60 min以上(不建议饱腹或空腹) (2)治疗前排尿,少饮水 (3)治疗前禁茶、烟、酒、咖啡等 (4)穿着贴身、棉质、有弹性的长裤
EECP治疗中	(1)患者应放松身心,保持安静 (2)医护人员需注意观察患者的心电、血压、血氧饱和度等指标变化 (3)注意观察并调节充排气时间、充气压力、增压波与收缩波比值(简称D/S比值)等 (4)如出现患者或设备异常情况,可按EECP治疗床上红色紧急按钮,停止反搏治疗
EECP治疗后	(1)依次从小腿、大腿、臀部松开囊套,取下心电图极片和导联线 (2)观察包裹部位是否有异常,测量心率和血压,询问患者是否有不适 (3)患者平躺休息后,缓慢坐起、下床,可以饮少量温开水 (4)继续观察5 min以上,无不适可离开EECP治疗室

注:CCS,慢性冠状动脉综合征;EECP,增强型体外反搏。



注：EECP，增强型体外反搏；贴电极时，选择受气囊振动影响较小的部位、避开气囊包裹的部位、保证心电R波主波向上。

图1 EECPP治疗操作流程

达到1.2，继续治疗仍可获益，部分患者随着治疗进程D/S比值也会逐步增高。

### 3.3 保压时间

根据患者心率快慢和患者耐受情况，在保持有效增压波情况下，调整保压时间（充、排气之间的时间）。合适的保压时间有助于获得较佳的冠状动脉血流灌注。

## 4 CCS患者EECP分级诊疗建议

### 4.1 EECPP治疗危险分层

建议CCS患者排除EECP治疗禁忌后，在二级及以上医院评估并进行危险分层（表3），按照低危、中危和高危进行分级诊疗管理<sup>[40-41]</sup>。

### 4.2 CCS患者分级诊疗双向转诊

**4.2.1 CCS患者下转至基层医疗卫生机构** 建议高危CCS患者在二级及以上医院行EECP治疗。经EECP治疗后病情稳定、耐受性好，或治疗后再次评估危险分层为低中危的患者，可转诊到基层医疗卫生机构进行EECP治疗。

**4.2.2 CCS患者上转至二级及以上医院** 低中危CCS患者排除禁忌后，可在基层医疗卫生机构进行

EECP治疗。对中危CCS患者建议在上级医院的指导下开展治疗。基层医疗卫生机构行EECP治疗时，出现以下情况之一应及时转诊至有冠心病急症救治能力的二级及以上医院治疗：（1）出现阵发性胸痛或胸闷，考虑ACS；（2）新发心律失常或原有心律失常明显加重；（3）出现呼吸困难，考虑新发心力衰竭或心力衰竭加重；（4）血压波动较大；（5）需要调整康复治疗方案；（6）遵医嘱的上级医院随访。

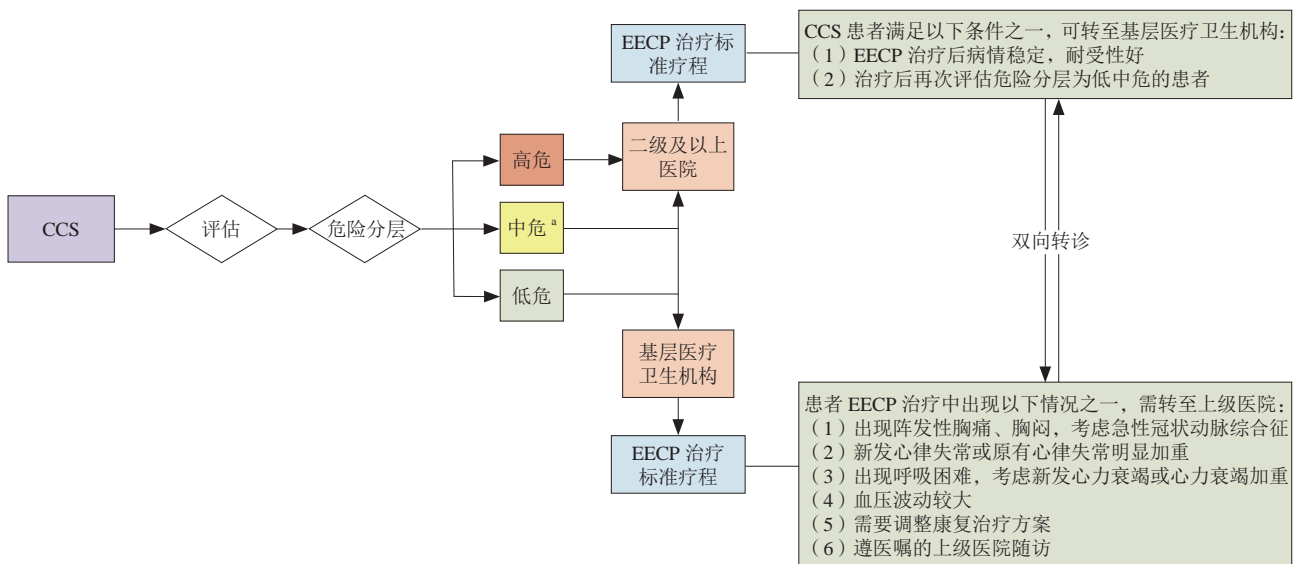
### 4.2.3 CCS患者双向转诊流程图（图2）

## 5 CCS伴其他临床情况的治疗建议

对于CCS伴其他临床情况的患者，需要行EECP治疗时，建议如下<sup>[42-50]</sup>（表4）。

## 6 EECPP与运动康复联合治疗

EECP治疗可提高冠状动脉疾病患者的运动耐量<sup>[10, 16, 25]</sup>。无运动康复禁忌者，EECP治疗可结合运动康复同步进行；存在运动康复禁忌者，可先予EECP治疗，待病情好转后再开始运动康复。



注：CCS，慢性冠状动脉综合征；EECP，增强型体外反搏；a，基层医疗卫生机构开展中危CCS患者EECP治疗，建议在上级医院的指导下进行。

图2 CCS患者EECP分级诊疗转诊流程

## 7 CCS患者EECP疗效评价

在EECP治疗过程中可通过即时、近期、中远期观察来评估疗效(表5)。

## 8 质量控制

CCS患者EECP治疗质量控制包括首次接诊、治疗全程、治疗结束等评价内容(表6)。

表3 CCS患者EECP治疗危险分层

指标	低危	中危	高危
年龄	≤ 65岁	66~79岁	≥ 80岁
左心室射血分数	≥ 50%	40%~49%	< 40%
静息心率	正常	正常	> 100次/分或< 50次/分
心房颤动	无	无	有
室壁瘤	无	无	有
急性心肌梗死史	无	无	有
起搏器植入史	无	无	有
心绞痛分级 <sup>a</sup>	I级	II级	III级

注: CCS, 慢性冠状动脉综合征; EECP, 增强型体外反搏; 低危, 每一项都符合为低危; 中危, 每一项都符合为中危或不符合低危和高危者也为中危; 高危, 存在任意一项为高危; a, 心绞痛分级: 加拿大心血管病学会心绞痛分级。

表4 CCS伴其他临床情况的处理建议

合并临床情况	建议处理方案
静息心率> 100次/分	建议控制静息心率在100次/分以下再考虑EECP治疗
心房颤动	经超声心动图或经食管超声心动图明确心腔内和左心耳无血栓形成, 且能够耐受治疗压力高低波动和治疗节律的不规则, 可试行EECP治疗 <sup>[42]</sup>
室壁瘤	室壁瘤患者是EECP治疗的高危人群, 建议在有经验的中心谨慎进行, 尤其是室壁瘤大、左心功能差、室壁薄的患者。建议选用较小的初始反搏压力, 治疗过程中密切关注患者的生命体征
起搏器植入	植入频率应答起搏器的患者行EECP治疗, 气囊充气过程中产生的躯体运动可能导致频率应答触发心动过速, 从而影响EECP治疗的疗效 <sup>[43]</sup> 。体内埋藏式除颤仪(ICD或CRT-D)患者行EECP治疗是否安全, 尚缺乏充足的循证医学证据。这两类起搏器植入患者是否行EECP治疗, 建议参考起搏电生理专家建议后决定, 或在病情允许的前提下在治疗前调整起搏器参数
高血压病	建议将血压控制在正常范围内再考虑EECP治疗
糖尿病	糖尿病神经病变易导致下肢感觉障碍, 应密切观察下肢皮肤是否有治疗引起的磨损等, 一旦发现应终止治疗, 待皮肤完全愈合后, 再评估是否继续治疗。EECP可辅助控制血糖 <sup>[44-46]</sup> , 故在治疗过程中应注意防止低血糖反应
缺血性脑血管病	建议急性缺血性脑血管病患者, 在脑水肿消退后再加用EECP治疗 <sup>[8]</sup> ; 慢性缺血性脑血管病患者, 启动EECP治疗可增加脑血流量, 改善脑代谢 <sup>[8, 47-49]</sup> 。治疗前均应注意排除脑动脉瘤和出血性脑病
下肢动脉疾病	下肢动脉硬化性疾病患者在EECP治疗过程中应密切观察下肢动脉搏动、皮肤温度以及是否存在缺血情况等 <sup>[50]</sup>

注: CCS, 慢性冠状动脉综合征; EECP, 增强型体外反搏; ICD, 植入式心律转复除颤器; CRT-D, 心脏再同步化治疗除颤器。

表5 CCS患者EECP疗效评价

分期	观察指标
即时疗效	D/S比值
近期疗效	症状、体征、运动耐量、心肌缺血、危险因素、睡眠、心理、生活质量等
中远期疗效	ACS再住院、急性心力衰竭再住院、心血管死亡等终点事件

注: CCS, 慢性冠状动脉综合征; EECP, 增强型体外反搏; D/S比值, 增压波与收缩波比值; ACS, 急性冠状动脉综合征。

表6 CCS患者EECP治疗质量控制

过程	内容	完成情况	执行者	时间	备注
首次接诊	禁忌证及安全评估 知情同意				
治疗全程	操作是否规范 患者临床症状观察 生命体征监测及记录 D/S比值监测及记录				
治疗结束	定期反搏床单位消毒 有效性评价 分级转诊记录 随访计划制订				

注: CCS, 慢性冠状动脉综合征; EECP, 增强型体外反搏; D/S比值, 增压波与收缩波比值。

## 9 展望

EECP治疗操作相对简便, 患者有良好的耐受性, 不良事件发生相对较少, 适宜包括基层的各级医疗卫生机构开展。充分发挥二级及以上医院的优势带动基层医疗卫生机构共同开展EECP治疗, 不仅能促进CCS患者EECP分级诊疗体系的建立, 也有助于EECP治疗网络化管理, 提高CCS患者EECP的参与率和依从性。

作为CCS患者心脏康复综合管理的重要方法之一, EECP治疗如何有效地与运动、心理、营养等心脏康复处方相融合, 治疗疗程和实施方案的优化, 以及EECP治疗相关分子生物学机制的进一步探讨, 均需要更多基础及临床研究来证实。

写作组成员: 弭守玲(复旦大学附属中山医院), 钱菊英(复旦大学附属中山医院), 吴永健(中国医学科学院阜外医院), 郑洁皎(复旦大学附属华东医院), 霍勇(北京大学第一医院), 葛均波(复旦大学附属中山医院)

专家组成员(按姓氏汉语拼音排序): 卜军(上海交通

大学医学院附属仁济医院),蔡大卫(上海市第一人民医院),蔡迺绳(复旦大学附属中山医院),车琳(同济大学附属同济医院),陈琮(香港大学深圳医院),陈纪言(广东省人民医院),陈亚丽(河北医科大学第二医院),陈韵岱(解放军总医院第一医学中心),陈志君(上海中治医院),傅向华(河北医科大学第二医院),高炜(北京大学第三医院),葛均波(复旦大学附属中山医院),格桑罗布(西藏自治区人民医院),宫丽鸿(辽宁中医药大学附属医院),胡志耕(山西省中医药大学附属医院),黄欣(西安交通大学第一附属医院),霍勇(北京大学第一医院),贾绍斌(宁夏医科大学总医院),姜红(复旦大学附属中山医院),蒋峻(浙江大学医学院附属第二医院),江孙芳(复旦大学附属中山医院),兰为群(武汉市汉口医院),冷秀玉(中山大学附属第一医院),李国庆(新疆维吾尔自治区人民医院),李平(广西壮族自治区玉林市第一人民医院),李岩松(上海市松江区中心医院),李莹(同济大学附属东方医院),李颖(武汉亚洲心脏病医院),黎镇赐(广州市第一人民医院),林威(福建省立医院),刘伟利(阜外华中心血管病医院),刘新灿(河南中医药大学第一附属医院),龙曼云(广西医科大学第一附属医院),鹿庆华(山东大学第二医院),陆士娟(海南省人民医院),鲁永花(山东省威海市立医院),罗素新(重庆医科大学附属第一医院),马晶(解放军总医院第一医学中心),马礼坤(中国科学技术大学附属第一医院),马梅(天津胸科医院),马翔(新疆医科大学第一附属医院),弭守玲(复旦大学附属中山医院),祁珩(湖南省长沙市第一人民医院),钱菊英(复旦大学附属中山医院),钱宗杰(桂林医学院附属医院),秦晋梅(太原市中心医院),曲新凯(复旦大学附属华东医院),邵琴(上海交通大学附属胸科医院),沈成兴(上海交通大学附属第六人民医院),石蓓(遵义医科大学附属医院),寿锡凌(陕西省人民医院),宋志明(河南大学第一附属医院),苏晞(武汉亚洲心脏病医院),孙艳玲(河南中医药大学附属洛阳市中医院),唐靖一(上海中医药大学附属龙华医院),王昌会(安徽医科大学第一附属医院),汪朝晖(华中科技大学附属协和医院),王绍举(山东省临沭县人民医院),王媛媛(日照心脏病医院),伍贵富(中山大学附属第八医院),吴健(哈尔滨医科大学附属第二医院),吴强(贵州省人民医院),吴延庆(南昌大学第二附属医院),吴永健(中国医学科学院阜外医院),吴致安(新疆医科大学附属中医医院),肖长江(湖南省中医药研究院附属医院),肖强

(山东第一医科大学第二附属医院),谢萍(甘肃省人民医院),徐伟健(上海金惠康复医院),徐亚伟(上海市第十人民医院),徐迎佳(复旦大学附属上海市第五人民医院),徐翌(杭州师范大学附属医院),杨天伦(中南大学湘雅医院),叶旭军(武汉大学中南医院),尹向辉(青海红十字医院),于海初(青岛大学附属医院),于慧卿(河北省石家庄市中医院),喻鹏铭(四川大学华西医院),于伟(山东省济南市章丘区人民医院),苑海涛(山东省立医院),袁永梅(江苏省南通市老年康复医院),曾高峰(南华大学附属第二医院),张爱元(山东省潍坊市人民医院),张辉(郑州大学第二附属医院),张锦(兰州大学第一医院),张云梅(云南省第一人民医院),张兆国(北京市第一中西医结合医院),赵威(北京大学第三医院),赵兴胜(内蒙古自治区人民医院),赵璇(美国约翰霍普金斯医院),赵娅(上海市杨浦区控江医院),赵嫣(浙江省人民医院),赵玉娟(哈尔滨医科大学附属第一医院),郑宏超(上海市徐汇区中心医院),郑洁皎(复旦大学附属华东医院),郑义(吉林省松原市中心医院),周明成(上海市第一康复医院),周滔(南方医科大学第三医院),左后娟(华中科技大学同济医学院附属同济医院),左可方(湖北省十堰市中医医院)

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

## 参 考 文 献

- [1] 《中国心血管健康与疾病报告》编写组.《中国心血管健康与疾病报告2020》概述[J].中国心血管病研究,2021,19(7):582-590.
- [2] Knuuti J, Wijns W, Saraste A, et al. 2019 ESC guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes [J]. Eur Heart J, 2020, 41(3):407-477.
- [3] 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.
- [4] Arora RR, Chou TM, Jain D, et al. Effects of enhanced external counterpulsation on health related quality of life continue 12 months after treatment: a substudy of the multicenter study of enhanced external counterpulsation [J]. J Investig Med, 2002, 50:25-32.
- [5] Montalescot G, Sechtem U, Achenbach S, et al. 2013 ESC guidelines on the management of stable coronary artery disease: the task force on the management of stable coronary artery disease of the European Society of Cardiology [J]. Eur Heart J, 2013, 34(38):2949-3003.
- [6] Gibbons RJ, Abrams J, Chatterjee K, et al. ACC/AHA 2002 guideline update for the management of patients with chronic stable angina--summary article: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on practice

- guidelines (Committee on the Management of Patients With Chronic Stable Angina) [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2003, 41 (1): 159-168.
- [ 7 ] 中华医学会心血管病学分会, 中华心血管病杂志编辑委员会. 慢性稳定性心绞痛诊断与治疗指南 [J]. *中华心血管病杂志*, 2007, 35 (3): 195-206.
- [ 8 ] 蔡大卫. 体外反搏 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2004.
- [ 9 ] Michael S, Shlomi M, Micha SF, et al. External counterpulsation therapy improves endothelial function in patients with refractory angina pectoris [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2003, 42 (12): 2090-2095.
- [ 10 ] Beck DT, Martin JS, Casey DP, et al. Enhanced external counterpulsation improves endothelial function and exercise capacity in patients with ischemic left ventricular dysfunction [J]. *Clin Exp Pharmacol Physiol*, 2014, 41 (9): 628-636.
- [ 11 ] Buschmann EE, Brix M, Li L, et al. Adaptation of external counterpulsation based on individual shear rate therapy improved endothelial function and claudication distance in peripheral artery disease [J]. *Vasa*, 2016, 45 (4): 317-324.
- [ 12 ] 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.
- [ 13 ] 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.
- [ 14 ] Levenson J, Pernollet MG, Iliou MC, et al. Cyclic GMP release by acute enhanced external counterpulsation [J]. *Am J Hypertens*, 2006, 19 (8): 867-872.
- [ 15 ] 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.
- [ 16 ] May O, Lynggaard V, Mortensen JC, et al. Enhanced external counterpulsation - effect on angina pectoris, QoL and exercise capacity after 1 year [J]. *Scand Cardiovasc J*, 2015, 49 (1): 1-6.
- [ 17 ] Shaker SR, Al-Amran F, Fatima G, et al. Trimetazidine improves the outcome of eecp therapy in patients with refractory angina pectoris [J]. *Med Arch*, 2020, 74 (3): 199-204.
- [ 18 ] Sardina PD, Martin JS, Dzieza WK, et al. Enhanced external counterpulsation (EECP) decreases advanced glycation end products and proinflammatory cytokines in patients with non-insulin-dependent type II diabetes mellitus for up to 6 months following treatment [J]. *Acta Diabetol*, 2016, 53 (5): 753-760.
- [ 19 ] Sinval RM, Gowda RM, Khan IA. Enhanced external counterpulsation for refractory angina pectoris [J]. *Heart*, 2003, 89: 830-833.
- [ 20 ] Bozorgi A, Nasab EM, Sardari A, et al. Effect of enhanced external counterpulsation (EECP) on exercise time duration and functional capacity in patients with refractory angina pectoris [J]. *J Tehran Heart Cent*, 2014, 9 (1): 33-37.
- [ 21 ] Gallone G, Baldetti L, Tzanis G, et al. Refractory angina: from pathophysiology to new therapeutic nonpharmacological technologies [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2020, 13 (1): 1-19.
- [ 22 ] Braith RW, Casey DP, Beck DT. Enhanced external counterpulsation for ischemic heart disease: a look behind the curtain [J]. *Exerc Sport Sci Rev*, 2012, 40 (3): 145-152.
- [ 23 ] Casey DP, Beck DT, Nichols WW, et al. Effects of enhanced external counterpulsation on arterial stiffness and myocardial oxygen demand in patients with chronic angina pectoris [J]. *Am J Cardiol*, 2011, 107: 1466-1472.
- [ 24 ] Buschmann EE, Utz W, Pagonas N, et al. Improvement of fractional flow reserve and collateral flow by treatment with external counterpulsation (Art. Net.-2 Trial) [J]. *Eur J Clin Invest*, 2009, 39 (10): 866-875.
- [ 25 ] Masuda D, Nohara R, Hirai T, et al. Enhanced external counterpulsation improved myocardial perfusion and coronary flow reserve in patients with chronic stable angina: evaluation by N-ammonia positron emission tomography [J]. *Eur Heart J*, 2001, 22 (16): 1451-1458.
- [ 26 ] Barsness G, Feldman AM, Holmes DR, et al. The International EECP Patient Registry (IEPR) design, methods, baseline, characteristics, and acute results [J]. *Clin Cardiol*, 2001, 24 (6): 435-442.
- [ 27 ] Michaels AD, Linnemeier G, Soran O, et al. Two-year outcomes after enhanced external counterpulsation for stable angina pectoris (from the International EECP Patient Registry [IEPR]) [J]. *Am J Cardiol*, 2004, 93 (4): 461-464.
- [ 28 ] 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.
- [ 29 ] Feldman AM, Silver AM, Francis GS, et al. Treating heart failure with enhanced external counterpulsation (EECP): design of the prospective evaluation of EECP in heart failure (PEECH) trial [J]. *J Cardiac Failure*, 2005, 11 (3): 240-245.
- [ 30 ] Manchanda A, Soran O. Enhanced external counterpulsation and future directions: step beyond medical management for patients with angina and heart failure [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2007, 50 (16): 1523-1531.
- [ 31 ] Wu E, Mårtensson J, Desta L, et al. Predictors of treatment benefits after enhanced external counterpulsation in patients with refractory angina pectoris [J]. *Clin Cardiol*, 2021, 44 (2): 160-167.
- [ 32 ] Chou TM. EECP. ACC Educational Highlights/Summer, 1998.
- [ 33 ] McKenna C, McDaid C, Suekarran S, et al. Enhanced external counterpulsation for the treatment of stable angina and heart failure: a systematic review and economic analysis [J]. *Health Technol Assess*, 2009, 13 (24): 1-90.
- [ 34 ] Abdelwahab AA, Elsaied AM. Can enhanced external counterpulsation as a non-invasive modality be useful in patients with ischemic cardiomyopathy after coronary artery bypass grafting [J]? *Egypt Heart J*, 2018, 70 (2): 119-123.
- [ 35 ] 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.
- [ 36 ] 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.
- [ 37 ] Kunadian V, Chieffo A, Camici PG, et al. An EAPCI expert consensus document on ischaemia with non-obstructive coronary arteries in collaboration with European Society of Cardiology Working Group on coronary pathophysiology & microcirculation endorsed by coronary vasomotor disorders international study Group [J]. *EuroIntervention*, 2021, 16 (13): 1049-1069.
- [ 38 ] 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.
- [39] May O, Sjøgaard 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.
- [40] 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. 慢性冠状动脉综合征患者运动康复分级诊疗中国专家共识 [J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2021, 29 (7): 361-370.
- [41] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 关于印发冠状动脉粥样硬化性心脏病和脑血管疾病分级诊疗技术方案的通知 [EB/OL]. 2017-02-09. <http://www.nhc.gov.cn/yzygj/s3594q/201702/11ce6a0d283e4aed81b204975adecc61.shtml>
- [42] Michaels AD, McCullough PA, Soran OZ, et al. Primer: practical approach to the selection of patients for and application of EECP [J]. *Nat Clin Pract Cardiovasc Med*, 2006, 3 (11): 623-632.
- [43] Celik O, Aydin A, Yilmazer MS, et al. Interaction between cardioverter defibrillator and enhanced external counterpulsation device [J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2013, 36 (9): 1104-1106.
- [44] Sardina PD, Martin JS, Avery JC, et al. Enhanced external counterpulsation (EECP) improves biomarkers of glycemic control in patients with non-insulin-dependent type II diabetes mellitus for up to 3 months following treatment [J]. *Acta Diabetol*, 2016, 53 (5): 745-752.
- [45] Martin JS, Braith RW. Anti-inflammatory effects of enhanced external counter pulsation in subjects with abnormal glucose tolerance [J]. *Appl Physiol Nutr Metab*, 2012, 37 (6): 1251-1255.
- [46] Adams JA, Uryash A, Lopez JR, et al. The endothelium as a therapeutic target in diabetes: a narrative review and perspective [J]. *Front Physiol*, 2021, 12: 638491.
- [47] Ye S, Yang M, Zhu Y, et al. Numerical analysis of hemodynamic effect under different enhanced external counterpulsation (EECP) frequency for cerebrovascular disease: a simulation study [J]. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*, 2021, 19: 1-11.
- [48] Guluma KZ, Liebeskind DS, Raman R, et al. Feasibility and safety of using external counterpulsation to augment cerebral blood flow in acute ischemic stroke - the counterpulsation to upgrade forward flow in stroke (CUFFS) trial [J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2015, 24 (11): 2596-2604.
- [49] Jing YL, Li X, Stinear CM, et al. External counterpulsation enhances neuroplasticity to promote stroke recovery [J]. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2019, 90 (3): 361-363.
- [50] Badtieva VA, Voroshilova DN, Sichinava NV. Use of enhanced external counterpulsation in the treatment and rehabilitation of patients with atherosclerosis obliterans of the lower extremity [J]. *Vopr Kurortol Fizioter Lech Fiz Kult*, 2019, 96 (4): 5-11.

(收稿日期: 2022-01-20)

(编辑: 齐彤)