

心力衰竭患者心肺运动试验特征的探讨

金怡珊^{a,b}, 沈玉芹^{a,b}, 罗倩^{a,b}, 庄波^{a,b}, 沈婷^{a,b}, 刘晓玲^{a,b}, 李广鹤^a, 王乐民^a

【摘要】 目的:探讨不同射血分数心力衰竭患者心肺运动试验特征。**方法:**回顾性收集2007年3月~2019年7月在同济大学附属同济医院心脏康复中心行心肺运动试验检查的438例心力衰竭患者为研究对象,比较不同射血分数心力衰竭患者心肺运动试验特征,其中153例射血分数减少型心力衰竭(HFrEF),115例射血分数中间型心力衰竭(HFmrEF)和170例射血分数保留型心力衰竭(HFpEF)。**结果:**由于3组基线数据部分有统计学差异(HFpEF组年龄、女性比例较另2组高,均 $P<0.05$),故亚组间进行倾向性评分匹配后进行比较,结果显示亚组间峰值循环动力(CP_{peak})、峰值氧脉搏(peak VO_2 /HR)、峰值负荷功率(Load peak)、二氧化碳通气当量斜率(VE/VCO₂ slope)有明显统计学差异(均 $P<0.001$),峰值耗氧量(VO_2 peak)、无氧阈负荷功率(Load AT)有统计学差异(均 $P<0.05$)。**结论:**不同射血分数心衰患者的运动耐力、肺通气效率、峰值循环动力有差异,可能对不同表型心衰之间的关系有一定的提示意义。

【关键词】 倾向性评分;心力衰竭;运动试验;射血分数

【中图分类号】 R49;R541.6 **【DOI】** 10.3870/zgkf.2022.02.002

Characteristics of cardiopulmonary exercise test in heart failure patients: a propensity-matched analysis Jin Yishan, Shen Yuqin, Luo Qian, et al. Tongji University School of Medicine, Shanghai 200092, China

【Abstract】 Objective: To explore the characteristics of cardiopulmonary exercise test in heart failure patients with different ejection fractions. **Methods:** A total of 438 patients with heart failure who underwent cardiopulmonary exercise test in Tongji Hospital Heart Rehabilitation Center Affiliated to Tongji University from March 2007 to July 2019 were collected retrospectively, and the characteristics of cardiopulmonary exercise test in heart failure patients with different ejection fractions were compared, including 153 patients with heart failure with reduced ejection fraction (HFrEF), 115 patients with heart failure with mid-range ejection fraction (HFmrEF) and 170 patients with heart failure with preserved ejection fraction (HFpEF). **Results:** Because there were statistically significant differences in some baseline data among the three groups (the age was older and female ratio was higher in HFpEF group than those in the rest two groups, (all $P<0.05$), the comparison between the subgroups was made after matching the propensity score. The results showed that there were significant differences in peak circulatory power (CP_{peak}), peak oxygen pulse (peak VO_2 /HR), load peak, the slope of minute ventilation versus carbon dioxide production (VE/VCO₂ slope) (all $P<0.01$), peak oxygen consumption (VO_2 peak) and load power at anaerobic threshold (load AT) (all $P<0.05$). **Conclusions:** There are significant differences in exercise endurance, pulmonary ventilation efficiency and peak circulatory power among heart failure patients with different ejection fractions, which may have some implications for the relationship between different phenotypes of heart failure.

【Key words】 Propensity score; Heart failure; Exercise test; Ejection fraction

心力衰竭是一种复杂临床综合征,患者生活质量差、病死率高,常伴随运动不耐受、呼吸困难和疲劳^[1]。2016年ESC指南首次采用射血分数中间型心力衰竭

(heart failure with mid-range ejection fraction, HFmrEF)^[2],这一新分型是介于射血分数减少型心力衰竭(heart failure with reduced ejection fraction, HFrEF)和射血分数保留型心力衰竭(heart failure with preserved ejection fraction, HFpEF)之间的独特分型。2018年,我国心力衰竭诊疗指南也将心衰分为以上三种类型^[3]。心肺运动试验是无创检测运动耐力的金标准,可以客观量化个体最大运动能力,对评估个体运动耐力、心衰严重程度和预测心衰患者生存预后等均有

基金项目:国家自然科学基金项目(81974359);上海市卫生健康委先进适宜技术推广项目(2019SY014)

收稿日期:2021-05-30

作者单位:同济大学 a. 医学院,上海 200092; b. 附属同济医院心脏康复科,上海 200065

作者简介:金怡珊(1996-),女,住院医师,主要从事心脏康复方面的研究。

通讯作者:沈玉芹, sy_1963@126.com

价值^[4]。本文旨在探讨不同射血分数心力衰竭患者心肺运动试验的特征。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性收集 2007 年 3 月~2019 年 7 月在我院心脏康复中心登记并行心肺运动试验检查的心力衰竭患者 438 例,其中 HFrEF 153 例, HFmrEF 115 例, HFpEF 170 例,男性 375 例,女性 63 例,中位年龄 61 岁。入选标准:在我院心脏康复中心进行心衰登记,并完成心肺运动试验;检查前后 1 天内在我院有心超、B 型利钠肽(B type natriuretic peptide, BNP)和/或 N 末端 B 型利钠肽原(N-terminal pro brain natriuretic peptide, NT-proBNP)结果记录;在我院有住院记录;符合我国 2018 年中国心力衰竭诊断指南标准^[3]:①有心衰症状和/或体征;②利钠肽升高, $\text{BNP} > 35 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$ 和/或 $\text{NT-proBNP} > 125 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$;③左室射血分数(Left Ventricular Ejection Fractions, LVEF) < 0.4 ;④左心室肥厚和/或左心房扩大;⑤心脏舒张功能异常。其中③④⑤满足 1 项即可。排除标准:慢性肺部疾病;致命性心律失常急性心力衰竭(血流动力学不稳定);未控制的高血压;高度房室传导阻滞;急性心肌炎和心包炎;有症状的主动脉狭窄;严重肥厚型梗阻性心肌病;急性全身性疾病;心内血栓;急性冠状动脉综合征早期(2 d 内);心肺运动试验方案非 Ramp10。

1.2 方法 心肺运动试验(cardiopulmonary exercise testing, CPET):根据美国心脏病学会规定的 CPET 禁忌症标准进行排除后,对患者进行心肺运动试验,终止试验标准两项:极量和亚极量运动试验、症状限制性心肺运动试验^[5]。采用的是修订的 Ramp10 方案,即踏车上休息 3min,无负荷状态下踏车 3min,然后从 $0 \text{ J} \cdot \text{s}^{-1}$ 开始,每 30s 增加 $5 \text{ J} \cdot \text{s}^{-1}$,直至患者出现运动峰值或运动终点;运动过程中检测患者心电图、血压及全身反应,患者试验开始后每一次呼出的气体均被肺功能测试系统连续监测。无氧阈值(anaerobic threshold, AT):由 V-Slope 法测定,即 CO_2 排出量陡然增加,呈角度上升,而 VO_2 仍呈直线上升。

1.3 统计学方法 统计分析采用 SPSS 24.0 软件进行。符合正态分布的计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示,不符合正态分布的计量资料用 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,计数资料以率(%)表示。组间分类无序变量(性别、运动震荡通气(exercise oscillatory ventilation, EOv)等)采用 χ^2 检验。对于组间计量资料比较,当数据符合正态分布且方差齐时采用 t 检验;当数据为非正态分布和/或方差不齐时,采用非参数秩和检验。倾向性匹配(Propensity Score Matching, PSM)采用最近邻居匹配法,卡

钳值取 0.02,协变量取年龄、性别、体质量指数(Body Mass Index, BMI)和峰值呼吸比(peak respiratory exchange ratio, RER peak)四个变量, RER peak 表示努力程度。 α 检验水平取 0.05。

2 结果

2.1 研究对象基本资料 各亚组间 BMI、心脏瓣膜病、心房颤动和糖尿病患病率之间无统计学差异,缺血性心肌病和扩张型心肌病患病率、左室射血分数(LVEF)、左室舒张末容积(left ventricular end-diastolic volume, LVEDV)、左室收缩末容积(left ventricular end-systolic volume, LVESV)均有统计学差异(均 $P < 0.05$), HFrEF 组与 HFmrEF 组间年龄、性别、高血压患病率无统计学差异, HFpEF 组年龄、女性比例、高血压患病率与 HFmrEF 组及 HFpEF 组比较有统计学差异(均 $P < 0.05$), HFmrEF 组与 HFpEF 组间左房内径(left atrium diameter, LAD)无统计学差异, HFrEF 组 LAD 与 HFmrEF 组及 HFpEF 组比较有统计学差异($P < 0.01$)。见表 1。

2.2 各亚组间心肺运动试验特征比较

2.2.1 HFrEF 组与 HFmrEF 组 2 组年龄、性别、BMI、峰值吸呼比(RERpeak)无统计学差异,故未进一步行 PSM。2 组间峰值耗氧量(peak oxygen uptake, VO_2peak)、峰值循环动力(peak circulatory power, CP peak)、峰值氧脉搏(peak oxygen pulse, peak VO_2/HR)、峰值负荷功率(Load peak)、二氧化碳通气当量斜率(the slope of minute ventilation versus carbon dioxide production, VE/VCO_2 slope)有明显统计学差异(均 $P < 0.01$),无氧阈值(VO_2 AT)、无氧阈负荷功率(Load AT)有统计学差异(均 $P < 0.05$)。见表 2。

2.2.2 HFrEF 组与 HFpEF 组 2 组间基线数据年龄、性别有统计学差异(均 $P < 0.05$),将年龄、性别、BMI、RER 作为协变量进行 PSM。匹配后的 2 组间基线数据无统计学差异,结果显示:2 组间 VO_2peak 、CP peak、Peak VO_2/HR 、 $\Delta\text{VO}_2/\Delta\text{WR}$ 、Load peak、Load AT、 VE/VCO_2 slope 有明显统计学差异(均 $P < 0.01$), VO_2 AT 有统计学差异($P < 0.05$)。见表 3。

2.2.3 HFmrEF 组与 HFpEF 组 2 组间基线数据(年龄、性别)有统计学差异(均 $P < 0.05$),将年龄、性别、BMI、RERpeak 作为协变量进行 PSM。匹配后的 2 组间基线数据无统计学差异,结果显示:2 组间 CP peak、Peak VO_2/HR 、 $\Delta\text{VO}_2/\Delta\text{WR}$ 、Load peak、Load AT、 VE/VCO_2 Slope 有明显统计学差异(均 $P < 0.01$), VO_2 peak 有统计学差异($P < 0.05$)。见表 4。

表 1 各组一般资料比较					$\bar{x} \pm s, M(Q_1, Q_3)$
项目	所有患者($n=438$)	HFrEF 组($n=153$)	HFmrEF 组($n=115$)	HFpEF 组($n=170$)	P 值
年龄(岁)	59.60±11.60	57.66±11.90	58.96±11.90	61.78±10.80	0.003
性别(男,%)	375(85.6)	135(88.2)	107(93.0)	133(78.2)	<0.001
BMI(kg·m ⁻²)	25.45±3.87	25.06±4.48	25.41±3.30	25.83±3.61	0.132
缺血性心脏病(%)	270(61.6)	52(34.0)	89(77.4)	129(75.9)	<0.001
扩张型心脏病(%)	124(28.3)	95(62.1)	17(14.8)	12(7.1)	<0.001
心脏瓣膜病(%)	12(2.7)	5(3.3)	3(2.6)	4(2.4)	0.879
心房颤动(%)	40(9.1)	12(7.8)	8(7.0)	20(11.8)	0.304
高血压(%)	130(29.7)	31(20.3)	33(28.7)	66(38.8)	0.001
糖尿病(%)	45(10.3)	15(9.8)	12(10.4)	18(10.6)	0.971
BNP(pg/ml)	165.0(75.0,375.0)	265.0(89.5,447.5)	196.0(101.3,460.0)	89.5(57.8,293.0)	0.002
NT-proBNP(pg/ml)	294.0(172.0,662.0)	457.0(233.0,663.5)	343.0(219.0,940.0)	251.0(145.5,576.0)	0.187
NYHA 分级(%)					0.096
I 级	123(28.1)	37(24.2)	41(35.7)	45(26.5)	
II 级	189(43.2)	68(44.4)	39(33.9)	82(48.2)	
III 级	126(28.8)	49(31.4)	34(30.4)	43(25.3)	
心超指标					
LVEF(%)	45.0(35.0,59.0)	31.0(25.0,36.0)	44.0(42.0,47.0)	64.0(56.0,69.0)	<0.001
LVEDV(mm)	56.80±10.50	66.86±9.16	56.89±7.76	49.57±5.54	<0.001
LVESV(mm)	41.86±12.78	55.76±9.79	41.87±8.30	32.38±5.82	<0.001
LAD(mm)	45.0(41.3,51.0)	50.1(46.0,59.0)	44.0(40.0,50.0)	43.0(41.0,47.8)	<0.001

表 2 HFrEF 组与 HFmrEF 组 CPET 数据比较				M(Q ₁ , Q ₃)
项目	HFrEF 组($n=153$)	HFmrEF 组($n=115$)	Z/χ^2	P
VO ₂ AT(ml·min ⁻¹ ·kg ⁻¹)	10.0(8.6,12.1)	11.1(9.1,12.9)	-2.251	0.024
VO ₂ peak(ml·min ⁻¹ ·kg ⁻¹)	13.5(11.2,16.4)	15.3(12.9,17.8)	-3.067	0.002
CP peak(ml·mmHg·min ⁻¹ ·kg ⁻¹)	1 930.5(1 483.6,2 448.1)	2 125.8(1 778.6,2 673.9)	-2.862	0.004
Peak VO ₂ /HR(ml·beat ⁻¹)	8.50(6.5,11.2)	9.9(8.3,11.7)	-3.225	0.001
RER peak	1.05(1.00,1.09)	1.07(1.00,1.11)	-1.108	0.268
ΔVO ₂ /ΔWR(ml·min ⁻¹ ·watt ⁻¹)	7.6(5.1,10.2)	8.6(6.9,10.1)	-1.869	0.062
VE/VCO ₂ slope	36.7(32.5,43.4)	33.3(30.0,37.5)	-4.144	<0.001
EOV(%)	8(5.2)	4(3.5)	0.470	0.493
Load AT (watt)	30.0(20.0,46.0)	35.0(22.5,50.5)	-2.129	0.033
Load peak (watt)	60.0(41.0,80.0)	70.0(60.0,85.0)	-2.647	0.008

表 3 HFrEF 组与 HFpEF 组 PSM 后 CPET 数据比较				M(Q ₁ , Q ₃)
项目	HFrEF 组($n=119$)	HFpEF 组($n=119$)	Z/χ^2	P
VO ₂ AT(ml·min ⁻¹ ·kg ⁻¹)	10.0(8.5,12.2)	10.9(9.3,12.9)	-2.422	0.015
VO ₂ peak(ml·min ⁻¹ ·kg ⁻¹)	13.5(10.7,16.6)	16.1(13.2,18.8)	-4.584	<0.001
CP peak(ml·mmHg·min ⁻¹ ·kg ⁻¹)	1 957.5(1 463.2,2 580.0)	2 715.0(2 131.2,3 210.0)	-6.224	<0.001
Peak VO ₂ /HR(ml·beat ⁻¹)	8.7(6.8,11.3)	10.1(8.0,12.5)	-2.879	0.004
RER peak	1.03(1.00,1.09))	1.04(0.99,1.11)	-0.964	0.335
ΔVO ₂ /ΔWR(ml·min ⁻¹ ·watt ⁻¹)	7.6(5.4,10.2)	9.2(7.8,10.9)	-3.290	0.001
VE/VCO ₂ slope	35.9(32.2,42.6)	31.9(28.4,36.4)	-5.018	<0.001
EOV(%)	7(5.9)	2(1.7)	—	0.171
Load AT (watt)	30.0(20.0,50.0)	45.5(27.0,56.0)	-3.649	<0.001
Load peak (watt)	60.0,40.0,83.0)	80.0(64.0,95.0)	-5.092	<0.001

表 4 HFmrEF 组与 HFpEF 组 PSM 后 CPET 数据比较				M(Q ₁ , Q ₃)
项目	HFmrEF 组($n=111$)	HFpEF 组($n=111$)	Z/χ^2	P
VO ₂ AT(ml·min ⁻¹ ·kg ⁻¹)	11.0(9.1,12.9)	10.9(9.0,12.7)	-0.270	0.787
VO ₂ peak(ml·min ⁻¹ ·kg ⁻¹)	15.1(12.9,17.7)	16.0(13.8,18.7)	-1.968	0.049
CP peak(ml·mmHg·min ⁻¹ ·kg ⁻¹)	2 125.8(1 778.6,2 647.6)	2 656.5(2 072.0,3 227.7)	-4.153	<0.001
Peak VO ₂ /HR(ml·beat ⁻¹)	9.8(8.3,11.5)	10.9(9.0,13.1)	-2.776	0.005
RER peak	1.07(1.00,1.12)	1.03(0.99,1.09)	-1.515	0.130
ΔVO ₂ /ΔWR(ml·min ⁻¹ ·watt ⁻¹)	8.6(7.1,10.1)	9.6(8.0,11.2)	-2.719	0.007
VE/VCO ₂ slope	33.4(30.0,37.6)	31.3(27.7,35.2)	-3.083	0.002
EOV(%)	3(2.7)	3(2.7)	0.000	1.000
Load AT (watt)	35.0(21.0,50.0)	45.0(27.0,59.0)	-2.754	0.006
Load peak (watt)	70.0(60.0,85.0)	83.0(65.0,96.0)	-4.095	0.001

3 讨论

本研究结果显示,与另两组相比,HFpEF 组年龄、女性比例更高,与既往报道研究结果一致^[6]。此外,不同射血分数心衰患者之间峰值循环动力(circulatory power peak,CPpeak)、峰值氧脉搏(peak VO_2/HR)、峰值负荷功率(Load peak)、二氧化碳通气当量斜率(VE/VCO_2 slope)有明显统计学差异,峰值耗氧量(VO_2 peak)、无氧阈负荷功率(Load AT)有统计学差异。 VO_2 peak 是个体运动耐力的量化指标,对心衰患者有预后价值,个体的心脏舒张功能与收缩功能,肺和肌肉功能,性别和年龄等都会对该指标产生影响。 VO_2 AT 表示个体有氧运动能力,超过 AT 强度,个体开始产生乳酸,向无氧代谢过渡。CP peak 是峰值耗氧量与收缩压的乘积,是心脏收缩功能的有力指标^[7],有研究显示 CP peak 与心衰患者预后有关^[8-9]。 VE/VCO_2 slope 是反应个体通气效率的量化指标,受心、肺功能的影响,同样对心衰患者具有预后价值^[10]。本研究排除合并肺部疾病的患者,排除因肺脏自身病变对运动心肺功能的影响,结果显示亚组间运动耐力、通气效率、循环动力有统计学差异,HFmrEF 介于 HFrEF 与 HFpEF 之间。

此前有研究显示不同射血分数心衰患者的临床特征不同,HFmrEF 的临床特征介于 HFrEF 与 HFpEF 之间^[20-21]。而从病理生理结构来看,HFpEF 主要由心室僵硬增加、顺应性降低,导致心室主动舒张受限,HFrEF 主要是心室收缩功能不全,导致心室泵血不足以满足机体组织代谢。HFmrEF 是介于 HFrEF 和 HFpEF 之间的灰色地带,可能有轻度收缩功能障碍,但具备舒张功能不全的特征,提出这一新分型目的是便于开展深入研究^[2]。目前对于该类型病理生理改变、临床特征、预后尚处于研究阶段,治疗上主要针对心血管危险因素、基础疾病和合并症进行综合性治疗^[3]。研究显示,HFmrEF 的预后也介于 HFrEF 与 HFpEF 之间^[20-21],但心血管药物对预后的治疗效果与 HFrEF 相似。有研究表明,HFmrEF 死亡风险比 HFpEF 高,与 HFrEF 一致^[23]。另有研究显示三者之间可以相互转换,转换的形式与终点结局具有相关性^[20,22-24],HFmrEF 改善的患者(既往 $\text{LVEF} < 50\%$ 转化而来)较 HFmrEF 恶化的患者(既往 $\text{LVEF} > 50\%$ 转化而来)具有更好的临床结局^[24]。对于这些临床现象,目前机制研究尚不明确,而本研究结果可能具有一定的提示意义。

因此,本研究结果表明,不同表型心衰患者的运动耐力、肺通气效率、峰值循环动力有差异。本研究就不

同表型心衰患者的运动心肺功能特点进行探讨,研究结果可能对不同表型心衰之间的关系有一定的提示意义。因此,未来可就心肺运动试验对心衰表型的诊断和预后预测作用进行深入研究。

本研究存在一定的局限性:未考虑患者肌肉质量和运动习惯。影响运动耐力的因素有心脏舒张和收缩功能,肺脏功能,肌肉质量,年龄、性别,尽力程度等等,虽然本研究排除肺部疾病患者,矫正年龄、性别、BMI 及尽力程度,但仍不能排除肌肉质量和运动习惯对研究结果的影响。

【参考文献】

- [1] Pina I L, Apstein C S, Balady G J, et al. Exercise and heart failure: A statement from the American Heart Association Committee on exercise, rehabilitation, and prevention[J]. *Circulation*, 2003, 107(8): 1210-1225.
- [2] Ponikowski P, Voors A A, Anker S D, et al. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC). Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC[J]. *Eur J Heart Fail*, 2016, 18(8): 891-975.
- [3] 中华医学会心血管病学分会心力衰竭学组,中国医师协会心力衰竭专业委员会,中华心血管病杂志编辑委员会. 中国心力衰竭诊断和治疗指南 2018[J]. *中华心血管病杂志*, 2018, 46(10): 760-789.
- [4] Malhotra R, Bakken K, Delia E, et al. Cardiopulmonary Exercise Testing in Heart Failure[J]. *JACC Heart Fail*, 2016, 4(8): 607-616.
- [5] Fletcher G F, Ades P A, Kligfield P, et al. Exercise standards for testing and training: a scientific statement from the American Heart Association[J]. *Circulation*, 2013, 128(8): 873-934.
- [6] Harada E, Mizuno Y, Shono M, et al. Plasma Levels of BNP are Lower in Patients With Heart failure With Preserved EF (HFpEF) as Compared With Those With Reduced EF (HFrEF)[J]. *Circulation*, 2015, 132(3): 15352-15352.
- [7] Mezzani A. Cardiopulmonary Exercise Testing: Basics of Methodology and Measurements[J]. *Ann Am Thorac Soc*, 2017, 14(1): 3-11.
- [8] Cohen-Solal A, Tabet J Y, Logeart D, et al. A non-invasively determined surrogate of cardiac power ('circulatory power') at peak exercise is a powerful prognostic factor in chronic heart failure[J]. *Eur Heart J*, 2002, 23(10): 806-814.
- [9] Corra U, Mezzani A, Giordano A, et al. Exercise haemodynamic variables rather than ventilatory efficiency indexes contribute to risk assessment in chronic heart failure patients treated with carvedilol[J]. *Eur Heart J*, 2009, 30(24): 3000-3006.
- [10] Myers J, Christle J W, Tun A, et al. Cardiopulmonary Exercise Testing, Impedance Cardiography, and Reclassification of Risk in Patients Referred for Heart Failure Evaluation[J]. *J Card Fail*,

- 2019, 25(12): 961-968.
- [11] 沈玉芹, 王乐民, 等. 应用气体代谢指标判定慢性充血性心力衰竭患者的运动耐受能力[J]. 中华医学杂志, 2010, 26(20): 1395-1398.
- [12] Tokmakova M, Kostianev S, Dobрева B, et al. Comprehensive assessment of ventilatory functions of patients with chronic heart failure[J]. Folia Med (Plovdiv), 1999, 41(4): 12-18.
- [13] Pugliese N R, De Biase N, Conte L, et al. Cardiac Reserve and Exercise Capacity: Insights from Combined Cardiopulmonary and Exercise Echocardiography Stress Testing[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2021, 34(1): 38-50.
- [14] Olson T P, Johnson B D, Borlaug B A. Impaired Pulmonary Diffusion in Heart Failure With Preserved Ejection Fraction[J]. JACC Heart Fail, 2016, 4(6): 490-498.
- [15] Woods P R, Olson T P, Frantz R P, et al. Causes of breathing inefficiency during exercise in heart failure[J]. J Card Fail, 2010, 16(10): 835-842.
- [16] Phillips D B, Collins S E, Stickland M K. Measurement and Interpretation of Exercise Ventilatory Efficiency[J]. Front Physiol, 2020, 25(11): 659-706.
- [17] Mapelli M, Salvioni E, Bonomi A, et al. How Patients With Heart Failure Perform Daily Life Activities: An Innate Energy-Saving Strategy[J]. Circ Heart Fail, 2020, 13(11): e007503.
- [18] Franciosa J A, Park M, Levine T B. Lack of correlation between exercise capacity and indexes of resting left ventricular performance in heart failure[J]. Am J Cardiol, 1981, 47(1): 33-9.
- [19] Bengt W, Litchfield R L, Marcus M L. Exercise capacity in patients with severe left ventricular dysfunction[J]. Circulation, 1980, 61(5): 955-959.
- [20] Tsuji K, Sakata Y, Nochioka K, et al. Characterization of heart failure patients with mid-range left ventricular ejection fraction-a report from the CHART-2 Study[J]. Eur J Heart Fail, 2017, 19(10): 1258-1269.
- [21] Koh A S, Tay W T, Teng T H K, et al. A comprehensive population-based characterization of heart failure with mid-range ejection fraction[J]. Eur J Heart Fail, 2017, 19(12): 1624-1634.
- [22] Savarese G, Vedin O, Damario D, et al. Prevalence and Prognostic Implications of Longitudinal Ejection Fraction Change in Heart Failure[J]. JACC Heart Fail, 2019, 7(4): 306-317.
- [23] Bhambhani V, Kizer J R, Lima J a C, et al. Predictors and outcomes of heart failure with mid-range ejection fraction[J]. Eur J Heart Fail, 2018, 20(4): 651-659.
- [24] Rastogi A, Novak E, Platts A E, et al. Epidemiology, pathophysiology and clinical outcomes for heart failure patients with a mid-range ejection fraction[J]. Eur J Heart Fail, 2017, 19(12): 1597-1605.
- [25] Lupon J, Gavidia-Bovadilla G, Ferrer E, et al. Heart Failure With Preserved Ejection Fraction Infrequently Evolves Toward a Reduced Phenotype in Long-Term Survivors[J]. Circ Heart Fail, 2019, 12(3): e005652.

• 外刊拾粹 •

高频脊髓刺激治疗糖尿病神经病变

大约 20% 的糖尿病患者会出现疼痛性糖尿病神经病变(PND)。本项 10kHz 脊髓刺激联合常规治疗与单独 CMM 治疗神经性肢体疼痛(SENZA-PDN)的研究比较了 SCS 联合 CMM 与单独 CMM 治疗难治性 PDN 的疗效。受试者为患有 PND,对加巴喷丁或普瑞巴林耐药,并对至少一种其他类型的镇痛药耐药的患者。治疗开始前对所有受试者进行神经系统检查,包括下肢运动功能、轻触觉和反射。SCS 组在硬膜外放置 2 条经皮导联,给予频率 10kHz、脉宽 30 μ s、振幅 0.5~3.5 mA 的 SCS 治疗。结局指标是治疗 3 个月时 VAS 评分提示疼痛缓解 50% 及以上且神经功能缺损较治疗前无恶化者所占的比例。随访 3 个月时,5% 的 CMM 组和 79% 的 SCS 组受试者达到了主要结局指标($P<0.01$)。随访 6 个月时,CMM 组 VAS 平均评分保持不变,SCS 组 VAS 平均评分改善 76.3%。与 CMM 组相比,SCS 组在 EQ5D-5L VAS 生活质量评分方面有显著改善($P<0.001$)。在随访 6 个月时,CMM 组因疼痛引起的睡眠障碍增加了 5.3%,而 SCS 组减少了 61.9%。结论:本项针对疼痛性糖尿病下肢神经病变患者的研究发现,与常规治疗相比,联合脊髓刺激可以显著减轻疼痛。

(宋沙沙译)

Peterson E, et al. Effect of High-Frequency (10 kHz) Spinal Cord Stimulation in Patients with Painful Diabetic Neuropathy: A Randomized Clinical Trial. JAMA Neurol. 2021, 78(6): 688-698.

中文翻译 由 WHO 康复培训与研究合作中心(武汉)组织
本期由山东大学齐鲁医院 岳寿伟教授主译编