

·临床研究·

电针对运动后心率恢复异常冠心病患者心肺功能及生存质量的影响

胡树罡^{1,2} 王磊³ 欧阳钢² 季鹏² 余萍² 王萍² 励建安^{1,4}

摘要

目的:探讨电针对于心肺运动试验后2min时心率恢复值异常的冠心病患者心肺功能及生存质量的影响。

方法:纳入70例经冠脉造影检查确诊为冠心病且在心肺运动试验终止2min时心率恢复值(HRR2)异常的患者,随机分为以下两组并予以12周相应干预:①电针组35例,常规用药管理和电针治疗;②对照组35例,常规用药管理。12周治疗前后通过心肺运动负荷试验、心率变异性检测测定两组患者的静息心率(RHR)、HRR2、峰值摄氧量(peak VO₂)、无氧阈(AT)、峰值通气量(peak VE)、峰值功率(peak Power)、心率变异性指标,以及简明健康量表(SF-36)评分。

结果:12周后,电针组RHR、HRR2、peak VO₂、AT、peak Power及心率变异性指标均优于治疗前($P < 0.05$),SF-36量表在身体疼痛(BP)、生理功能(PF)、生理职能(RP)、总体健康(GH)、活力(VT)、社会功能(SF)6个维度评分高于治疗前($P < 0.05$);而对照组对应指标与治疗前相比无显著性差异($P > 0.05$)。组间比较,电针组RHR、HRR2、peak VO₂、AT、peak Power结果均显著高于对照组($P < 0.05$),而两组间peak VE相比则无显著性差异($P > 0.05$);SF-36评分在BP、PF、RP、GH、VT、SF这6个维度上显著高于对照组($P < 0.05$)。

结论:电针在改善心率恢复异常冠心病患者的心率恢复情况的同时,可以显著提高患者心肺功能以及生存质量。

关键词 电针;心率恢复;冠心病;心率变异性;心肺运动负荷试验;心肺功能;生存质量

中图分类号:R541.4, R245 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-1242(2016)-12-1318-006

The effect of electro-acupuncture on the cardiopulmonary function and the quality of life for patients with coronary heart disease/HU Shugang, WANG Lei, OUYANG Gang, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2016, 31(12): 1318—1323

Abstract

Objective: To investigate the effect of electro-acupuncture on the cardiopulmonary function and the quality of life for patients with coronary heart disease (CHD) who had abnormal heart rate recovery (HRR2) in 2mins after cardiopulmonary exercise test (CPET).

Method: Seventy patients with abnormal HRR2 diagnosed by coronary angiography were assigned into the electro-acupuncture group (n=35) and the control group randomly. The former received the medication administration and the electro-acupuncture for 12 weeks. At the same time, only the medication administration was given to the latter. We assessed the resting heart rate (RHR), HRR2, peak oxygen uptake (peak VO₂), anaerobic threshold (AT), peak ventilation (peak VE), peak power (peak Power), heart rate variability (HRV) and score of (SF-36) by the CPET, HRV detection and concise health questionnaire at the pre and post treatment.

Result: in the electro-acupuncture group, we observed the significant improvement of the indexes (RHR, HRR2, peak VO₂, AT, peak Power, HRV) and the score of 6 dimensionalities in SF-36 statistically following 12-weeks treatment ($P < 0.05$). However, the same outcomes were not exhibited in the control group ($P > 0.05$). There were significant differences of the results in statistics ($P < 0.05$) between 2 groups except peak VE and

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2016.12.005

1 南京医科大学康复医学院,南京,210029; 2 江苏省老年医院; 3 南京中医药大学康复治疗科学系; 4 通讯作者
作者简介:胡树罡,男,硕士研究生; 收稿日期:2016-04-18

2 dimensionalities in SF-36 ($P>0.05$), emotional function (RE) and mental health (MH).

Conclusion: Electro-acupuncture can improve the heart rate recovery of coronary heart disease patients with abnormal heart rate recovery. At the same time it can also dramatically improve cardiopulmonary function and quality of life of patients.

Author's address School of Rehabilitation Medicine Nanjing Medical University, Jiangsu,Province Geriatric Hospital

Key word electro-acupuncture; heart rate recovery; coronary heart disease; heart rate variability; cardiopulmonary exercise test; cardiopulmonary; quality of life

近年来,我国冠心病发病率的上升和死亡率的下降导致带病生存人群越来越多,而随着心血管康复医学的发展,冠心病患者的预后及生存质量受到广泛关注。传统中医针刺疗法作为中医康复的重要手段之一,已经得到世界卫生组织的认可,可以治疗包括心血管疾病在内的多种疾病^[1],对于冠心病患者自主神经功能的调节作用也已得到诸多研究证实^[2-4]。但针刺能否提高冠心病患者的心肺功能和运动能力仍然存在争议,作用机制尚不清楚。

心率恢复(heart rate recovery, HRR)是指运动结束后各时段的即时心率与运动中峰值心率的差值。既往研究表明,心率恢复异常与冠状动脉病变显著相关^[5],是预测心血管疾病死亡的独立危险因素,且运动试验终止后 2min 的心率恢复值(HRR2) < 42bpm 可作为心率恢复异常的可靠诊断标准^[6]。截至目前为止,通过针刺对 HRR 影响的角度来分析针刺对冠心病患者心肺功能以及生存质量影响的研究甚少,本研究旨在从这个角度来探讨电针对冠心病患者心肺功能、生存质量的作用及其机制。

1 对象与方法

1.1 研究对象

依下述标准选取 2013 年 4 月—2015 年 9 月行冠脉造影检查的冠心病患者 70 例。所有患者签署知情同意后,采用随机数表法分配为电针组(n=35)和对照组(n=35)。两组患者性别组成、年龄、体重指数、冠心病病程等相关方面一般资料见表 1。

纳入标准:①冠状动脉造影发现任何一支主要冠脉血管或其分支发现狭窄≥50%血管直径;②HRR2 < 42bpm^[6];③症状稳定及接受最优化药物治疗至少 4 周。

排除标准:①已行冠脉介入或冠脉搭桥手术;②

表 1 患者一般资料 (x±s)

项目	治疗组(n=35)	对照组(n=35)	P 值
年龄(岁)	54.14±5.74	54.78±5.53	0.472
性别(男/女)	18/17	19/16	0.318
病程(月)	9.77±3.25	10.53±2.92	0.206
吸烟[n(%)]	19(54.29)	18(51.43)	0.610
高血压[n(%)]	23(65.71)	22(62.86)	0.521
糖尿病[n(%)]	12(34.29)	13(37.14)	0.828
高脂血症[n(%)]	18(51.43)	16(45.71)	0.973
教育水平[n(%)]			0.887
小学	5(14.29)	6(17.14)	
中学	11(31.43)	12(34.29)	
大学	19(54.29)	17(48.57)	
体重指数	25.42±3.97	24.87±4.03	0.987
冠脉狭窄 Genesini 评分	31.23±4.79	27.57±6.83	0.439
主要用药史情况[n(%)]			
抗血小板类	33(94.29)	34(97.14)	0.879
调脂药	29(82.86)	32(91.43)	0.799
硝酸酯类	20(57.14)	24(68.57)	0.837
ACEI/ARB	31(88.57)	33(94.29)	0.932
CCB	32(91.43)	30(85.71)	0.755
β受体阻滞剂	34(97.14)	32(91.43)	0.769

装有心脏起搏器或心脏移植者;③急性冠脉综合征、重度心力衰竭(NYHA 心功能分级Ⅳ级或左心室射血分数 < 40%)、病态窦房结综合征、器质性心脏瓣膜病、心肌病、预激综合征等;④严重心率失常(如室性心动过速、室上性心动过速、Ⅱ度以上房室传导阻滞等);⑤未控制的严重糖尿病、高血压(收缩压≥180mmHg 或舒张压≥100mmHg)或运动试验中因血压过度升高(收缩压≥220mmHg 或舒张压≥120mmHg)而被迫终止运动者;⑥全身严重器质性疾病及电解质紊乱者;⑦服用影响心率药物且不能停用者;⑧电针或运动心肺试验禁忌者;⑨严重精神疾病、认知功能障碍或无法交流配合者;⑩慢性支气管炎、慢性阻塞性肺疾病等影响呼吸功能的胸肺部疾病者;⑪不同意参加研究者。

1.2 主要仪器设备

心肺运动试验采用意大利 COSME 公司生产的

K4b2型心肺运动测试训练系统;心率变异性检测采用美国GP/DMasia公司生产的Holter-TECH 8000型仪器测量;电针治疗采用深圳市东迪欣科技有限公司生产NT-6021型电针治疗和无锡佳健医疗器械有限公司产一次性无菌针灸针。

1.3 干预方法

电针组:①给予戒烟、合理饮食及日常生活方式等健康指导和药物治疗管理;②电针治疗:两组患者取俯卧位,取双侧内关、神门穴,穴位皮肤常规消毒,以长40mm毫针直刺0.5—1寸,施平补平泻法(小幅度均匀提插、捻转手法,频率约100次/min),一组导线的两个接头分别连接同侧内关、神门穴,选疏密波,刺激强度以患者能耐受为度,留针30min。治疗1次/天,每周治疗5天,连续治疗12周。

对照组:给予和电针组相同的健康教育指导、药物治疗管理;依个人情况进行定期回访或者要求复诊。

试验期间,如果患者有因治疗产生不良反应、个人要求停止试验、主观或因病情变化接受给定干预措施以外的对试验结果有影响的其他治疗措施、或其他不宜继续参与试验的情况之一的,则该患者将被剔除出试验。

所有治疗由专人进行,操作者不清楚患者的具体分组。

1.4 评估方法和指标

在治疗前和12周治疗后对患者采用心肺运动试验、心率变异性检测和SF-36评分^[7]进行评估。所有评估由专人进行,评估者不知道患者的具体分组。具体方法如下:

1.4.1 心肺运动试验(cardiopulmonary exercise test, CPET):采用症状限制性连续踏车负荷递增法,患者取骑坐位,头带固定面罩,检查无漏气后连接能耗测试系统,并同时连接至监护仪行心电、血压、血氧饱和度监测。首先0W踏车热身2min,然后根据个体情况,自5W开始以10—15W/min负荷幅度递增,患者保持50—60r/min的转速,直至达到预测最大心率值或力竭,或出现典型的胸闷胸痛、呼吸困难等不适症状、心电图ST-T段降低、反应性低血压、严重心率失常等符合CPET终止指征的表现时以及患者要求停止运动时,即终止评估。之后,立即取下通气面罩,继续观察患者心电图及心率恢复情

况。对于服用CCB和 β 受体阻滞剂等对心率有影响药物的患者,接受CPET前需停药至少2d。

1.4.2 心率变异性检测:检查前平卧休息5min,临床采样心电图20min,心电信号输入微机上采用短时HRV软件进行分析并通过人机对话去除伪差、干扰后得到时域和频域参数。其中频域参数采用快速傅立叶转换(fast Fourier transform, FFT)方法获得。参加分析的有效心率达96%以上。

1.4.3 SF-36量表:采用中文版SF-36评分,包括生理功能(physical functioning, PF)、生理职能(role-physical, RP)、身体疼痛(bodily pain, BP)、总体健康(general health, GH)、活力(vitality, VT)、社会功能(social functioning, SF)、情感职能(role-emotional, RE)、精神健康(mental health, MH)等8个维度,36个条目,生存质量各维度运用累加法计分,再用标准公式计算转换分数为0—100的标准分。得分越高,生存质量越好。

1.4.4 评价指标:CPET指标:①静息心率(resting heart rate, RHR):患者行心肺运动试验前静息安静状态下的心率水平。②CPET终止2min时的心率恢复值(HRR2);③峰值摄氧量(peak oxygen uptake, peak VO_2):达到最大运动负荷时的摄氧量。④无氧阈值(anaerobic threshold, AT):递增负荷运动时,机体由有氧代谢为主向无氧代谢为主过渡的临界点;⑤峰值通气量(peak ventilation, peak VE):极量运动时的通气量;⑥峰值功率(peak power):患者所能耐受的最大运动负荷。

生存质量指标:中文版SF-36量表评分。

心率变异性(heart rate variability, HRV)指标:

①低频功率(low frequency, LF),频段0.04—0.15Hz,主要反映交感神经和部分迷走神经活性^[8];②高频功率(high frequency, HF),频段0.15—0.40Hz,反映迷走神经活性^[9];③低/高频比值(ratio of LF to HF, LF/HF),反映交感神经和迷走神经张力平衡性^[10];④正常心搏间期标准差(the standard deviation of NN intervals, SDNN),反映自主神经整体变化^[10]。

1.5 统计学分析

采用SPSS 19.0软件进行统计分析。计量资料采用均数 $\pm$ 标准差进行描述,组内治疗前后比较采

用配对 *t* 检验,两组之间参数的比较采用独立样本 *t* 检验;计数资料采用 χ^2 检验进行比较。设定 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

两组间患者一般资料均无显著差异($P>0.05$),具有可比性。最终,电针组及对照组所有的患者都按要求完成了全部治疗及测评,所获得数据准确有效,无不良反应及脱落。治疗前两组患者各项评价指标差异均无显著性意义($P>0.05$)。12周治疗后,电针组患者心肺运动试验结果指标中RHR、HRR2、peak VO₂、AT、peak Power较治疗前均显著改善,差异具有显著性意义($P<0.05$),而peak VE治疗前后

无明显变化,差异无显著性意义($P>0.05$);SF-36评分中PF、RP、BP、GH、VT、SF 6个维度评分较治疗前显著上升,差异具有显著性意义($P<0.05$),而RE与MH 2个维度与治疗前相比变化不大,差异无显著性意义($P>0.05$);心率变异性指标中LF和LF/HF显著下降,HF和SDNN显著上升,差异均具有显著性意义($P<0.05$)。对照组患者各项指标较治疗前均无明显变化,差异无显著性意义($P>0.05$)。组间比较,电针组各项指标中除了peak VE、RE及MH与对照组比较无显著性差异($P>0.05$),其他各项指标均较对照组显著改善,差异具有显著性意义($P<0.05$)。见表2—4。

表2 两组患者12周前后心率恢复以及心肺功能比较 (x±s)

项目	对照组(n=35)			电针组(n=35)			治疗后组间比较P值
	治疗前	治疗后	组内前后比较P值	治疗前	治疗后	组内前后比较P值	
HRR2(b/min)	38.5±3.35	39.6±2.95	0.743	39.5±4.68	45.0±3.21 ^{①②}	0.012	0.023
RHR(b/min)	78.65±10.12	79.43±11.37	0.674	80.04±11.07	75.12±9.97 ^{①②}	0.034	0.043
peak VO ₂ (L/min)	1.26±0.35	1.28±0.23	0.212	1.26±0.42	1.58±0.31 ^{①②}	0.028	0.014
AT(L/min)	1.28±0.32	1.27±0.12	0.423	1.26±0.35	1.39±0.33 ^{①②}	0.016	0.029
峰值通气量(L/min)	42.08±9.96	42.14±8.43	0.649	41.06±10.18	41.11±9.13	0.133	0.238
峰值功率(W)	82.50±19.83	81.33±18.48	0.729	83.25±20.39	89.93±19.31 ^{①②}	0.037	0.017

电针组治疗前后比较:① $P<0.05$;治疗后两组间比较:② $P<0.05$

表3 两组患者12周前后SF-36评分比较 (x±s)

项目	对照组(n=35)			电针组(n=35)			治疗后组间比较P值
	治疗前	治疗后	组内前后比较P值	治疗前	治疗后	组内前后比较P值	
生理功能(PF)	69.35±18.23	68.13±12.87	0.359	63.54±17.91	68.12±18.34 ^{①②}	0.021	0.014
生理职能(RP)	46.74±21.32	45.67±13.24	0.439	32.73±16.82	45.76±15.44 ^{①②}	0.017	0.012
身体疼痛(BP)	63.68±19.15	64.77±17.35	0.239	60.81±18.07	69.47±18.15 ^{①②}	0.038	0.015
总体健康(GH)	62.42±16.33	61.33±16.67	0.573	50.86±10.36	63.79±11.09 ^{①②}	0.036	0.023
活力(VT)	45.33±16.71	43.12±15.99	0.482	39.62±17.43	45.65±16.31 ^{①②}	0.027	0.013
社会功能(SF)	55.67±12.26	55.77±11.57	0.647	51.48±10.18	57.09±12.43 ^{①②}	0.018	0.009
情感职能(RE)	31.51±14.38	29.94±13.78	0.289	29.35±12.56	30.01±11.55	0.125	0.099
精神健康(MH)	60.26±11.40	61.12±12.78	0.145	58.17±10.75	59.09±12.53	0.276	0.176

电针组治疗前后比较:① $P<0.05$;治疗后两组间比较:② $P<0.05$

表4 两组患者12周前后心率变异性指标比较 (x±s)

项目	对照组(n=35)			电针组(n=35)			治疗后组间比较P值
	治疗前	治疗后	组内前后比较P值	治疗前	治疗后	组内前后比较P值	
低频功率(LF)(ms ²)	575.7±137.3	569.4±148.7	0.372	615.9±143.2	556.4±147.5 ^{①②}	0.019	0.021
高频功率(HF)(ms ²)	179.6±7.8	181.5±6.9	0.427	109.8±9.7	168.7±6.8 ^{①②}	0.004	0.005
LF/HF	2.54±1.56	2.49±1.43	0.211	4.51±1.47	2.43±1.78 ^{①②}	0.001	0.011
SDNN(ms)	78.3±5.62	78.5±4.97	0.209	63.5±6.13	77.2±6.56 ^{①②}	0.009	0.013

电针组治疗前后比较:① $P<0.05$;治疗后两组间比较:② $P<0.05$;LF/HF:低/高频比值;SDNN:正常心搏间期标准差

3 讨论

近年来,全球范围内冠心病研究领域的专家学者在致力于研究如何降低冠心病患者病死率、提高治愈率和生存率的过程中,也逐渐认识到运动耐力

和生存质量作为自身生活水平和健康状况的评价指标在冠心病治疗和康复中的重要性,因此,探索有效的康复治疗手段来提高运动耐力和生存质量已逐渐成为冠心病研究领域的热点。以运动康复为主的心

脏康复在这方面的作用已经有了充分的循证医学支持^[11],已有多个国家和国家指南推荐冠心病患者应进行心脏康复^[12-13]。然而,临床中存在大量的运动功能障碍或不愿意参与运动康复的患者,针对这部分人群寻找切实有效的被动康复方法也十分具有临床意义。本研究的结果显示,电针疗法可以改善冠心病患者的异常HRR,提高患者心肺功能以及生存质量。

HRR在冠心病患者的预后判断、冠心病的诊断及心功能的预测等方面有着重要的应用价值。Gulati等^[14]发现运动后HRR异常与死亡危险性增加密切相关,且与冠脉狭窄的严重程度强烈相关^[15]。Gharacholou等^[16]研究发现心室舒张功能不全与症状限制性运动后异常的HRR独立相关。另外,既往研究中发现,HRR的水平与患者的运动能力具有一定正相关性^[17]。HRR受控于心脏交感神经和迷走神经,是评定心脏自主神经功能的常用指标^[18],HRR异常是自主神经功能减弱和紊乱的标志^[19]。本研究发现,患者HRR2治疗后显著上升($P < 0.05$),心率变异性检查结果提示,安静时迷走神经活性、交感和迷走神经张力的平衡性增强,交感神经活性降低。这说明经治疗后患者自主神经功能状态得到了改善。

我国传统医学认为,冠心病属于“胸痹”、“真心痛”和“厥心痛”的范畴。心经及心包经的许多穴位都有改善心功能的作用。大量研究表明,针刺治疗冠心病取穴时,最常用的是内关和神门穴^[20-22]。目前,大量研究也已经证实了针刺对人体自主神经功能的调节作用^[3,23]。Jones等^[24]对20例受试者经皮穴位电刺激(Acu-TENS)内关穴治疗,发现与安慰针组相比,试验组受试者的HRR升高,通过对心率变异性的监测认为HRR的升高和自主神经功能改善有关。Mehta等^[2]对心绞痛的患者进行12周的针刺治疗发现针刺组的心率变异性高于假针刺组,时域指标和频域指标证实治疗后针刺组患者副交感神经活性和迷走神经活性均提高,这与本研究结果类似。

本研究也发现,随着患者HRR水平上升及自主神经功能状态改善的同时,心肺功能及运动耐力也得到了提升[peak VO₂、AT、peak Power均显著上升($P < 0.05$)]。其主要机制可能是:①针刺对自主神经功能的调节引起静息心率减慢、心率储备提高,使

心脏泵血功能适应运动时代谢需要的能力上升;另外,运动时,自主神经调节能力增强使机体能更有效地通过增加心率、血压、摄氧量来满足肌肉运动时的能量所需,故CPET中可以达到的最大运动强度提高。②针刺可以激发心脏心力储备的潜力,提高运动中心脏的舒张和泵血机能^[25]。研究也证明,针刺可以改善冠心病患者左心功能,增强心肌缺血时的收缩力^[26-27]。原因可能是针刺可以增强冠状动脉和小阻力血管的神经代谢和内皮调节功能,使冠脉血流量一定程度上增多,心肌微循环改善,加强了运动时心肌的氧供以及心肌耐缺氧时间;另外,针刺还可能通过提高机体清除氧自由基和促进保护性效应分子(如CGRP)和抑制伤害性因子(如ET)起到心肌保护作用^[28]。③针刺对患者心理具有调节作用^[29],可以缓解患者对病情的紧张情绪、振奋精神,增强患者自身心理效能及从事活动的主动性。此外,本研究中,患者CPET测试显示,患者peak VE治疗前后并无明显变化($P > 0.05$),其原因可能是影响peak VE的主要因素是胸部结构的完整性、呼吸肌的力量、呼吸道的顺畅程度及肺组织的弹性,而自主神经功能状态对其影响较小。

冠心病患者的心肺功能和生存质量紧密相关,心肺储备和运动耐力得到提高生存质量才能得到改善。Kitzman等^[30]在分析心力衰竭患者运动耐力下降的病理生理机制时发现,低下的运动耐力常伴随患者生存质量的显著下降,两者之间有显著相关性。本研究中患者SF-36评分的总体变化情况也反映了这点。至于RE与MH 2个维度没有明显变化($P > 0.05$)的原因可能是这2个维度主要与心理活动水平相关,心肺功能的提高对于心理活动水平的影响有限。

电针疗法作为现代中医康复的重要治疗手段,本研究为其在心脏康复中发挥更大的作用,在临床实践中更多的推广应用提供了临床理论依据。HRR的调控机制复杂,除了受自主神经功能状态的影响外,还可能受静脉回流伴随的对心脏起搏组织在心房内的张力感受器的拉伸度的独立影响^[31],因此电针的作用机制还需多方面研究。此外,电针对患者运动耐力的影响也还需要更多研究从心理、生理等多方面角度观察和证实。在取穴以及刺激方法

的优化上,也需要进行更细致的研究。这些都是在今后研究中需要探索的内容。

参考文献

- [1] Longhurst JC. Chapter 138-acupuncture regulation of cardiovascular function [M]. Paton DRBBALFR (ed). Primer on the autonomic nervous system (third edition). San Diego: Academic Press, 2012.653—657.
- [2] Mehta PK, Polk DM, Zhang X, et al. A randomized controlled trial of acupuncture in stable ischemic heart disease patients[J]. *Int J Cardiol*, 2014, 176(2):367—374.
- [3] Lee S, Lee MS, Choi JY, et al. Acupuncture and heart rate variability: a systematic review[J]. *Auton Neurosci*, 2010, 155(1—2):5—13.
- [4] Hsieh C-L. Acupuncture as treatment for nervous system diseases[J]. *Biomedicine*, 2012,2(2):51—57.
- [5] Gayda M, Bourassa MG, Tardif JC, et al. Heart rate recovery after exercise and long-term prognosis in patients with coronary artery disease[J]. *Can J Cardiol*, 2012, 28(2):201—207.
- [6] Azarbal B, Hayes SW, Lewin HC, et al. The incremental prognostic value of percentage of heart rate reserve achieved over myocardial perfusion single-photon emission computed tomography in the prediction of cardiac death and all-cause mortality: superiority over 85% of maximal age-predicted heart rate[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2004, 44(2):423—430.
- [7] 李鲁,王红妹,沈毅.SF-36健康调查量表中文版的研制及性能测试[J].*中华预防医学杂志*,2002,36(2):109—113.
- [8] Brown TE, Beightol LA, Koh J, et al. Important influence of respiration on human R-R interval power spectra is largely ignored[J]. *J Appl Physiol* (1985), 1993, 75(5):2310—2317.
- [9] Furlan R, Guzzetti S, Crivellaro W, et al. Continuous 24-hour assessment of the neural regulation of systemic arterial pressure and RR variabilities in ambulant subjects[J]. *Circulation*, 1990, 81(2):537—547.
- [10] 陈尔冬,周菁.心率变异性的研究及应用进展[J].*心血管病学进展*,2014,35(4):435—439.
- [11] 中华医学会心血管病学分会,中国康复医学会心血管病专业委员会,中国老年学学会心脑血管病专业委员会.冠心病康复与二级预防中国专家共识[J].*中华心血管病杂志*,2013,41(4):267—275.
- [12] Leon AS, Franklin BA, Costa F, et al. Cardiac rehabilitation and secondary prevention of coronary heart disease: an American Heart Association scientific statement from the Council on Clinical Cardiology (Subcommittee on Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention) and the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism (Subcommittee on Physical Activity), in collaboration with the American association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation[J]. *Circulation*, 2005, 111(3):369—376.
- [13] Piepoli MF, Corrà U, Benzer W, et al. Secondary prevention through cardiac rehabilitation: from knowledge to implementation. A position paper from the Cardiac Rehabilitation Section of the European Association of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation[J]. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*, 2010, 17(1):1—17.
- [14] Gulati M, Shaw LJ, Thisted RA, et al. Heart rate response to exercise stress testing in asymptomatic women: the st. James women take heart project[J]. *Circulation*, 2010, 122(2):130—137.
- [15] Ghaffari S, Kazemi B, Aliakbarzadeh P. Abnormal heart rate recovery after exercise predicts coronary artery disease severity[J]. *Cardiol J*, 2011, 18(1):47—54.
- [16] Gharacholou SM, Scott CG, Borlaug BA, et al. Relationship between diastolic function and heart rate recovery after symptom-limited exercise[J]. *J Card Fail*, 2012, 18(1):34—40.
- [17] 王磊,高真真,潘化平.个性化有氧运动对冠心病患者心率恢复及运动能力的影响[J].*中国康复医学杂志*,2015,30(3):242—246.
- [18] Pierpont GL, Stolpman DR, Gornick CC. Heart rate recovery post-exercise as an index of parasympathetic activity[J]. *J Auton Nerv Syst*, 2000, 80(3):169—174.
- [19] Buchheit M, Richard R, Doutreleau S, et al. Effect of acute hypoxia on heart rate variability at rest and during exercise[J]. *Int J Sports Med*, 2004, 25(4):264—269.
- [20] 林冬群,林宇,胡佳心,等.电针内关、神门穴对冠心病冠脉旁路移植术后心功能的影响[J].*现代中西医结合杂志*,2009,18(19):2241—2242.
- [21] 丛华,贾青顺,杨卫东.针刺内关穴对高压负荷冠心病心绞痛患者心脏动力学的影响[J].*山东中医杂志*,2003,22(7):415.
- [22] 张朝晖,王强.针刺内关神门对冠心病患者血小板活性的影响[J].*中国针灸*,2000,20(2):119—120.
- [23] Anderson B, Nielsen A, McKee D, et al. Acupuncture and heart rate variability: a systems level approach to understanding mechanism[J]. *Explore (NY)*, 2012, 8(2):99—106.
- [24] Jones AYM, Ngai SPC. Acu-tens lowers blood lactate levels and enhances heart rate recovery after exercise [J]. *Journal of Traditional Chinese Medical Sciences*,2014, 1(1):73—80.
- [25] 龚明波.针刺内关穴对中长跑运动员心血管系统机能的影响[J].*天津体育学院学报*,2005,20(3):66—68.
- [26] 曹建萍.近十年针灸治疗冠心病临床研究概况[J].*中国针灸*, 2001,21(1):57—60.
- [27] 罗明富,王平,刘俊岭,等.电针“内关”穴对家兔急性心肌缺血区肌原纤维、线粒体和血小板的影响[J].*针刺研究*,2001,26(2):119—121.
- [28] 刁利红,严洁,易受乡,等.针药结合对冠心病心肌缺血患者ET和CGRP的影响[J].*针灸临床杂志*,2006,22(5):3—5.
- [29] 张安民,张青元,李晓旭,等.针灸提高运动能力的研究进展和分析[J].*上海针灸杂志*,2010,29(5):330—333.
- [30] Kitzman DW, Little WC, Brubaker PH, et al. Pathophysiological characterization of isolated diastolic heart failure in comparison to systolic heart failure[J]. *JAMA*, 2002, 288(17):2144—2150.
- [31] Verrier RL, Tan A. Heart rate, autonomic markers, and cardiac mortality[J]. *Heart Rhythm*, 2009, 6(11 Suppl):S68—S75.