

临床研究

DOI: 10.13406/j.cnki.cyx.003327

非阻塞性冠状动脉疾病患者动态血压升高与运动性
高血压相关性研究张悦¹, 黄刚², 刘晓翰¹, 何韵², 朱煜欣¹, 王天博¹, 李静廷¹, 蒋晖², 陈丽芳², 张震², 徐俊波²

(1. 西南交通大学医学院、生物医学工程研究院, 成都 610031;

2. 西南交通大学附属医院/成都市第三人民医院心内科, 成都 610014)

【摘要】目的:运动性高血压(hypertensive response to exercise, HRE)与不良心血管事件有关,早期识别和适当干预HRE对预防心血管事件非常重要。本研究旨在探讨非阻塞性冠状动脉疾病(non-obstructive coronary artery disease, NOCAD)患者动态血压升高与HRE之间的潜在联系。**方法:**纳入517名疑似冠心病的患者,行冠状动脉造影术判断冠状动脉的狭窄程度。选取其中的NOCAD患者,根据心肺运动试验(cardiopulmonary exercise testing, CPET)期间的血压情况诊断HRE。使用logistic回归模型分析动态血压升高和HRE之间的关系。**结果:**最终共有347名NOCAD患者纳入统计分析。患者的平均年龄为(61.15±9.14)岁,其中42.4%为男性。约51.3%的患者有高血压,13.8%的患者有糖尿病。logistic分析结果显示,动态血压升高是HRE的危险因素($OR=2.163$, 95%CI=1.094~4.275, $P=0.026$)。在按性别分层进行亚组分析后,发现在女性NOCAD患者中,动态血压升高是发生HRE的危险因素($OR=3.310$, 95%CI=1.387~7.902, $P=0.007$),而在男性NOCAD患者中,没有发现动态血压升高与HRE相关($OR=1.154$, 95%CI=0.370~3.603, $P=0.805$)。**结论:**在NOCAD患者特别是女性NOCAD患者中,动态血压升高与发生HRE相关。这一发现可能有助于早期诊断HRE,并进一步指导这些患者在心脏康复时进行适当的有氧运动。

【关键词】非阻塞性冠状动脉疾病;心肺运动试验;运动性高血压;动态血压**【中图分类号】**R543**【文献标志码】**A**【收稿日期】**2023-03-24Association between elevated ambulatory blood pressure and hypertensive
response to exercise in patients with non-obstructive coronary artery diseaseZhang Yue¹, Huang Gang², Liu Xiaohan¹, He Yun², Zhu Yuxin¹, Wang Tianbo¹, Li Jingting¹, Jiang Hui²,
Chen Lifang², Zhang Zhen², Xu Junbo²

(1. Institute of Biomedical Engineering, College of Medicine, Southwest Jiaotong University; 2. The Affiliated Hospital of Southwest Jiaotong University/The Third People's Hospital of Chengdu, Chengdu Cardiovascular Disease Research Institute, The Second Affiliated Chengdu Clinical College of Chongqing Medical University)

【Abstract】Objective: Hypertensive response to exercise (HRE) is associated with adverse cardiovascular events, and early identification and proper intervention of HRE is of great importance for the prevention of cardiovascular events. This study aims to investigate the potential association between elevated ambulatory blood pressure (BP) and HRE in patients with non-obstructive coronary artery disease (NOCAD). **Methods:** A total of 517 patients with suspected coronary heart disease were enrolled in this study, and coronary angiography was performed to observe the degree of coronary artery stenosis. Cardiopulmonary exercise testing (CPET) was performed for the patients with NOCAD, and HRE was diagnosed based on BP records during CPET. The logistic regression model was used to analyze the association between elevated ambulatory BP and HRE. **Results:** Finally, a total of 347 patients with NOCAD were included in the statistical analysis, with a mean age of (61.15 ± 9.14) years, and male patients accounted for 42.4%. Among these patients,

51.30% had hypertension and 13.8% suffered from diabetes. The logistic regression analysis showed that elevated ambulatory BP [odds ratio (OR)=2.163, 95%CI=1.094~4.275, $P=0.026$] was a risk factor for HRE. The subgroup analysis based on sex showed that in the female patients with NOCAD, elevated ambulatory BP ($OR=3.310$, 95%CI=1.387~7.902, $P=0.007$) was a risk factor for HRE, while in the male patients with NOCAD, elevated ambulatory BP was not found to be associated with HRE ($OR=1.154$, 95%CI=0.370~3.603, $P=0.805$). **Conclusion:** Elevated ambulatory BP is associated with HRE in patients with NOCAD, especially in female patients with NOCAD. This finding may help with the early diagnosis

作者介绍:张悦, Email: 601817673@qq.com,

研究方向: 心脏康复、心力衰竭、高血压。

通信作者:徐俊波, Email: xujunbo2000@sina.com。**基金项目:**四川省人力资源和社会保障厅资助项目(编号:2021-11);成都市卫计委资助项目(编号:2021200、2022392);成都市科技局技术创新研发资助项目(编号:2019-YF05-00523-SN);西南交通大学医工结合资助项目(编号:2682022ZTPY029、2682021ZTPY026)。**优先出版:** <https://link.cnki.net/urlid/50.1046.R.20230927.1731.020>
(2023-10-07)

of HRE and guide such patients to take proper aerobic exercise during cardiac rehabilitation.

[Key words] non-obstructive coronary artery disease; cardiopulmonary exercise testing; hypertensive response to exercise; ambulatory blood pressure

高血压不仅在中国,甚至在全球都是最常见最重要的疾病之一^[1-3]。从已有的流行病学调查结果来看,过去 40 年收缩压 ≥ 140 mmHg 的人群比例大幅增加,特别是中低收入国家^[4]。心血管事件和高血压导致的死亡也随之增加,在 35~79 岁的高血压患者中约有 1/3 死于心血管疾病,有必要对血压升高的患者采取药物治疗及生活方式等干预措施^[4-5]。

高达 70% 的心前区不适患者患有非阻塞性冠状动脉疾病(non-obstructive coronary artery disease, NOCAD)^[6]。我国的数据表明因胸部不适而接受冠状动脉造影检查的患者中约有 20% 患有 NOCAD,我国有 1 100 万冠心病患者,因此推断 NOCAD 疾病负担重^[7]。通常冠脉疾病患者使用药物和介入方式治疗,但对于稳定期冠脉疾病患者,运动康复亦有推荐^[8]。

运动性高血压是指运动中和(或)运动后恢复期血压异常升高,也被称为运动性高血压反应(hypertensive response to exercise, HRE)^[9-10]。HRE 的定义国内外尚未统一标准,目前更多研究将 HRE 定义为男性收缩压 ≥ 210 mmHg,女性收缩压 ≥ 190 mmHg^[9-10]。尽管患者常常通过药物控制血压以达到指南推荐的血压目标,但运动性高血压往往难以预测^[11]。动态血压监测(ambulatory blood pressure monitoring, ABPM)是一种非常实用的诊断工具,不仅可以监测血压水平,还能观测血压波形,并且有助于诊断隐匿性高血压、白大衣高血压和顽固性高血压。比起单一的血压测量,使用 ABPM 测量血压还能预测患者预后^[12-13]。

本研究旨在探讨 NOCAD 患者动态血压升高与 HRE 之间的潜在联系,为 NOCAD 患者发生 HRE 寻找预测指标,为临床决策提供帮助以及后续研究奠定基础。

1 对象与方法

1.1 研究对象

纳入 347 例成都市第三人民医院心内科 2021 年至 2022 年就诊怀疑冠心病且同时进行心肺运动试验(cardiopulmonary exercise testing, CPET)和冠脉造影检查的 NOCAD 患者。

纳入标准:年龄 ≥ 18 岁;均能完成 CPET;近半年未参加过专业的康复或运动训练;签署知情同意书。排除标准:重度肺部疾病;不能耐受 CPET;肢体障碍不能合作者;数据不全。该研究遵循赫尔辛基宣言,获医院伦理委员会批准(成都三院伦[2022]S-76 号)。符合标准^[12](24 小时平均动态血压 $\geq 130/80$ mmHg 或白天平均动态血压 $\geq 135/85$ mmHg 或夜间平均动态血压 $\geq 120/70$ mmHg)的 199 名患者被分配到动态血压升高组,平均年龄(60.95 ± 9.72)岁。其余 148 名患者被分配到动态血压正常组,平均年龄(61.41 ± 8.33)岁。

1.2 研究方法

详细记录患者的年龄、性别、体质指数(body mass index, BMI)、慢病史、入院诊断、相关的出入院用药史及出院诊断。由 2 位及以上基础知识扎实、临床操作经验丰富的医护人员进行心脏彩超及冠脉造影检查并出具报告。

所有患者都进行 CPET 检查(MetaLyzor 3B-R3 Ergoline ErgoSelect200 型测试仪),目标测试时间为 8~20 min。充分告知患者试验前禁止饱餐、长时间空腹、吸烟或饮浓咖啡,操作前征求每位患者运动耐力史,并对患者进行熟悉性测试。所有参数都在休息时、整个运动过程中和恢复时被记录。心率和心律由心电图系统(MetaLyzor Electronics)监测,每 2 分钟使用标准血压计测量 1 次血压。鼓励患者运动到筋疲力尽、下肢无法忍受的疲劳或呼吸困难的程度,并填写 Borg 评分表。当受试者突然出现心绞痛及心绞痛加重、呼吸困难、面色苍白、乏力、下肢疼痛及中枢神经症状如头晕、站立不稳等症状,或心电图提示室上性心律失常、室速等,立即终止试验。在患者静息状态下,测定患者的肺功能和心电图,动态监测患者的进出气流量、氧气浓度、二氧化碳浓度,以及血压和血氧饱和度的变化,以 10 s 的间隔逐次采集每分钟的通气量(ventilation, VE)、吸氧量(oxygen uptake, VO_2)、二氧化碳输出量(carbon dioxide output, VCO_2)和其他心肺变量。监测峰值 VO_2 和无氧阈(anaerobic threshold, AT),然后计算预测值的百分比。计算呼吸气体交换率(respiratory exchange ratio, RER)、最大代谢当量(metabolic equivalent, MET)和每增加 1 MET 的血压增幅、心率增幅。根据实测数据,采用对数曲线拟合的方法,分析分级递增负荷运动试验中 VO_2 与每分钟 VE 之间的关系,建立回归方程计算摄氧效率斜率(oxygen uptake efficiency slope, OUES)^[14]。HRE 定义为:在 CPET 中,男性最大收缩压 ≥ 210 mmHg,女性最大收缩压 ≥ 190 mmHg。

对所有患者进行 24 小时 ABPM 测量,测量间隔 30 min。平均计算 24 小时白天和夜间的血压数据,分别获得 24 小时的全天平均血压、24 小时白天和夜间的平均血压。患者需要提供在监测期间出现的症状和可能影响血压的事件。动态血压升高定义为 24 小时平均动态血压 $\geq 130/80$ mmHg 或

白天平均动态血压 $\geq 135/85$ mmHg 或夜间平均动态血压 $\geq 120/70$ mmHg。

1.3 统计学处理

采用 SPSS 软件 (27.0 版, 美国) 进行统计学分析。定量资料满足正态分布和方差齐采用均值 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 组间采用独立样本 t 检验; 不满足正态分布的定量资料则使用 $M_d(P_{25}, P_{75})$ 描述, 组间采用非参数秩和检验; 定性资料以频率和百分比 (%) 描述, 组间比较使用卡方检验、连续性校正卡方检验或 Fisher 确切概率法。在 logistic 回归模型中探讨动态血压升高与 HRE 的关系, 并按性别分层进行亚组分析, 探讨不同性别 NOCAD 患者中动态血压升高与 HRE 的关系。统计结果采用双侧检验, 检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 动态血压正常组与动态血压升高组患者临床基线资料比较

最终纳入 347 例 NOCAD 患者, 平均年龄为 (61.15 ± 9.14) 岁, 其中男性 147 例 (42.4%), 女性 200 例 (57.6%), BMI 平均值 (24.46 ± 3.09) kg/m^2 , 高血压患者 178 例 (51.3%), 糖尿病患者 48 例 (13.8%)。2 组之间年龄没有明显统计学差异 ($P=0.650$)。动态血压升高组有更多人患高血压 ($P<0.001$), 使用血管紧张素转化酶抑制剂/血管紧张素受体拮抗剂 (Angiotensin-converting enzyme inhibitors/Angiotensin receptor blockers, ACEI/ARB) ($P<0.001$) 和钙通道阻滞剂 (Calcium Channel Blockers, CCB) ($P<0.001$) 类药物更多 (表 1)。

2.2 动态血压正常组与动态血压升高组患者心肺运动功能比较

动态血压正常组和动态血压升高组之间心肺运动功能上没有明显统计学差异。动态血压升高的人群较动态血压正常人群没有表现更差, 他们的最大 MET 和峰值 VO_2 , 以及运动中心率增加量相似。2 组的 Borg 评分没有明显差异 ($P=0.503$), 说明动态血压升高组在运动中没有感到更疲惫。

2.3 动态血压升高与 HRE 相关性分析

以 NOCAD 患者是否发生 HRE 为因变量, 将动态血压升高作为自变量纳入 logistic 回归分析, 结果显示动态血压升高与 HRE 有关 ($OR=2.460$, $95\%CI=1.308\sim 4.627$, $P=0.005$)。以 NOCAD 患者是否发生 HRE 为因变量, 将动态血压升高、性别、年龄、BMI、糖尿病、ACEI/ARB、CCB、利尿剂和 β 受体阻滞剂作为自变量纳入 logistic 回归模型, 结果显示动态血压升高与 HRE 相关 ($OR=2.163$, $95\%CI=1.094\sim 4.275$, $P=0.026$), 同时发现性别与 HRE 相关 ($OR=2.094$, $95\%CI=1.106\sim 3.963$, $P=0.023$), 女性是发生 HRE 的危险因素 (图 1)。

2.4 不同性别动态血压升高与 HRE 相关性分析

按性别分层进行亚组分析, 发现在男性中, 动态血压升高和 HRE 之间没有关联 ($OR=1.266$, $95\%CI=0.447\sim 3.589$, $P=0.657$)。相反, 在女性分组中发现动态血压升高和 HRE 之间明显相关 ($OR=3.762$, $95\%CI=1.682\sim 8.411$, $P=0.001$), 在校正了年龄、BMI、糖尿病、ACEI/ARB、CCB、利尿剂和 β 受体阻滞剂后, 仍然发现女性动态血压升高与 HRE 有关 ($OR=3.310$, $95\%CI=1.387\sim 7.902$, $P=0.007$), 见表 2。

表 1 动态血压正常组与动态血压升高组患者基线临床资料 ($\bar{x} \pm s; n, \%$)

项目	总体 ($n=347$)	动态血压正常组 ($n=148$)	动态血压升高组 ($n=199$)	P 值
年龄/岁	61.15 ± 9.14	61.41 ± 8.33	60.95 ± 9.72	0.650
男性	147 (42.4)	56 (37.8)	91 (45.7)	0.141
女性	200 (57.6)	92 (62.2)	108 (54.3)	0.141
BMI/ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)	24.46 ± 3.09	24.19 ± 3.02	24.70 ± 3.14	0.150
慢病史				
高血压	178 (51.3)	41 (27.7)	137 (68.8)	<0.001
糖尿病	48 (13.8)	19 (12.8)	29 (14.6)	0.643
用药史				
ACEI/ARB	119 (34.3)	24 (16.2)	95 (47.7)	<0.001
β 受体阻滞剂	130 (37.5)	54 (36.5)	76 (38.2)	0.746
CCB	98 (28.2)	23 (15.5)	75 (37.7)	<0.001
利尿剂	19 (5.5)	6 (4.1)	13 (6.5)	0.316
降糖药	42 (12.1)	16 (10.8)	26 (13.1)	0.524
心肺运动功能				
Borg 评分	17.44 ± 1.89	17.36 ± 1.81	17.50 ± 1.95	0.503
最大 MET/[$\text{mL}/(\text{kg} \cdot \text{min}^{-1})$]	5.92 ± 1.43	5.80 ± 1.38	6.00 ± 1.46	0.202
峰值 VO_2 占预计值/%	82.67 ± 17.63	81.55 ± 18.17	83.49 ± 17.21	0.312
AT 占预计值/%	52.36 ± 13.46	51.52 ± 13.48	52.98 ± 13.45	0.318
每增加 1 MET 心率约增加量/(次 $\cdot \text{min}^{-1}$)	12.68 ± 3.40	12.83 ± 3.46	12.56 ± 3.36	0.455
每增加 1 MET 收缩压约增加量/mmHg	12.41 ± 5.40	12.50 ± 5.40	12.35 ± 5.41	0.806

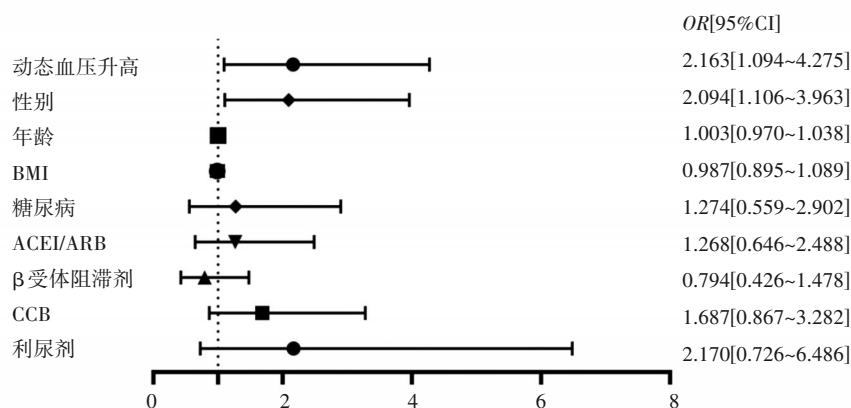


图1 动态血压升高与HRE相关性森林图

表2 动态血压升高与HRE相关性分析

动态血压升高	回归系数	标准误	OR	95%CI	P值
总人群					
校正前	0.900	0.322	2.460	1.308~4.627	0.005
校正后	0.771	0.348	2.163	1.094~4.275	0.026
男性					
校正前	0.236	0.532	1.266	0.447~3.589	0.657
校正后	0.144	0.581	1.154	0.370~3.603	0.805
女性					
校正前	1.325	0.411	3.762	1.682~8.411	0.001
校正后	1.197	0.444	3.310	1.387~7.902	0.007

3 讨论

本研究发现在NOCAD患者特别是女性NOCAD患者中,动态血压升高可能是一个较好的用于预测HRE发生的指标。ABPM可以提早识别可能发生HRE的NOCAD患者,有助于避免运动中发生潜在不良心血管事件。

动态血压升高能够预测HRE的原因可能与交感神经系统和内皮系统相关。当超负荷运动时,交感神经过度兴奋,神经末梢释放神经递质如去甲肾上腺素,导致心输出量和动脉壁阻力显著增加,诱发运动时血压上升^[15]。中等强度的有氧运动通过增加一氧化氮的产生来增强内皮依赖性血管扩张,而高强度的运动可能会增加氧化应激,内皮细胞中一氧化氮的生物利用度降低是血管扩张受损和高血压的重要前兆^[16]。

本研究发现性别也是NOCAD患者发生HRE的一个预测因素,在进行性别分层进行亚组分析后,发现NOCAD女性患者更容易发生HRE。首先,NOCAD的患病率很高,而且存在明显的性别差异,因疑似心绞痛和(或)负荷试验阳性而接受冠状动

脉造影患者中女性比例达50%~70%^[7]。此外,还可能与男性和女性的生理差异有关。HARVEST试验^[17]是1项研究动态血压和有氧运动的研究,结果表明男性和女性的心脏尺寸和动态血压存在明显差异,在动态血压升高时,女性的左心室壁厚度和左心室质量指数高于男性。另外,女性白大衣高血压患病率较高^[4,12]。在心脏承担过高的压力负荷时,女性更敏感^[12]。Hedman K等^[18]还发现在CPET中,与男性相比,女性出现运动反应性收缩压升高更明显,他们推测可能是运动期间女性外周血管阻力更大的原因。

运动在心脏康复中起关键作用,基于运动的心脏康复为心脏病患者提供了巨大的益处^[19-20]。规律地运动可以延缓高血压病的发展,不仅对未用药的高血压患者或使用1~2种降压药治疗的患者有效,甚至对顽固性高血压患者也有效^[9-10,21-22]。尽管规律地进行体育锻炼对心血管系统有好处,但急性剧烈运动可能诱发急性心血管事件。1项荟萃分析显示,HRE患者心血管事件的发生率比没有HRE的人群高36%(95%CI=1.02~1.83, $P=0.039$),运动时收缩压每增加10 mmHg,心血管事件的发生率增加4%(95%CI=1.01~1.07, $P=0.020$)^[23]。运动强度对心脏和血管功能、健康状况和预后有不同的影响,增加运动强度会对心血管带来一定的益处,同时也伴随着运动风险的增加^[24-25]。

无论是否患有心血管病,在制定运动处方时都需要考虑运动血压,多份指南都强调了评估运动血压的重要性^[9-10,21]。ABPM可以作为一种预测工具,避免HRE带来的心血管风险。调整生活方式和控制危险因素对降低心血管死亡率的重要性并不亚于治疗技术^[4],心血管医生需要考虑如何为患者提供有效且有科学依据的运动处方,同时确保患者安全。因此,在制定运动处方时可以使用ABPM监测

动态血压,指导个性化和精准治疗,为改善患者预后奠定基础。

4 结 语

在 NOCAD 患者特别是女性 NOCAD 患者中,动态血压升高与发生 HRE 相关。动态血压升高结果可能有助于临床医师警惕 NOCAD 患者发生 HRE,并进一步指导患者进行适当的有氧运动和康复训练。

参 考 文 献

- [1] Zhang XY, Lu JP, Yang Y, et al. Cardiovascular disease prevention and mortality across 1 million urban populations in China: data from a nationwide population-based study[J]. *Lancet Public Health*, 2022, 7(12): e1041–e1050.
- [2] Huang G, Xu JB, Liu Y, et al. Temporal trends in prevalence, awareness, treatment, and control of hypertension from 2000 to 2010 in Chengdu, China[J]. *Sci Rep*, 2017, 7(1): 8964.
- [3] Huang G, Xu JB, Zhang TJ, et al. Prevalence, awareness, treatment, and control of hypertension among very elderly Chinese: results of a community-based study[J]. *J Am Soc Hypertens*, 2017, 11(8): 503–512.
- [4] Timmis A, Townsend N, Gale CP, et al. European society of cardiology: cardiovascular disease statistics 2019[J]. *Eur Heart J*, 2020, 41(1): 12–85.
- [5] Blood Pressure Lowering Treatment Trialists' Collaboration. Age-stratified and blood-pressure-stratified effects of blood-pressure-lowering pharmacotherapy for the prevention of cardiovascular disease and death: an individual participant-level data Meta-analysis[J]. *Lancet*, 2021, 398(10305): 1053–1064.
- [6] 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.
- [7] 缺血伴非阻塞性冠状动脉疾病诊断及治疗中国专家共识[J]. *中华心血管病杂志*, 2022, 50(12): 1148–1160.
Chinese expert consensus on diagnosis and management on patients with ischemia and non-obstructive coronary artery disease[J]. *Chin J Cardiol*, 2022, 50(12): 1148–1160.
- [8] Anderson L, Thompson DR, Oldridge N, et al. Exercise-based cardiac rehabilitation for coronary heart disease[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2016, 67(1): 1–12.
- [9] Fletcher GF, Ades PA, 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.
- [10] Guazzi M, Adams V, Conraads V, et al. EACPR/AHA Joint Scientific Statement. Clinical recommendations for cardiopulmonary exercise testing data assessment in specific patient populations[J]. *Eur Heart J*, 2012, 33(23): 2917–2927.
- [11] Chant B, Bakali M, Hinton T, et al. Antihypertensive treatment fails to control blood pressure during exercise[J]. *Hypertension*, 2018, 72(1): 102–109.

- [12] Unger T, Borghi C, Charchar F, et al. 2020 International Society of Hypertension global hypertension practice guidelines[J]. *J Hypertens*, 2020, 38(6): 982–1004.
- [13] Ghazi L, Cohen LP, Muntner P, et al. Effects of intensive versus standard office-based hypertension treatment strategy on white-coat effect and masked uncontrolled hypertension: from the SPRINT ABPM ancillary study[J]. *Hypertension*, 2020, 76(4): 1090–1096.
- [14] 李寿霖, 孟 申, 陈思远, 等. 摄氧效率斜率: 评价成人心肺功能储备的新指标[J]. *中国康复理论与实践*, 2009, 15(7): 668–670.
Li SL, Meng S, Chen SY, et al. Oxygen uptake efficiency slope: a new index of cardiopulmonary functional reserve for adults[J]. *Chin J Rehabil Theory Pract*, 2009, 15(7): 668–670.
- [15] Grassi G, Pisano A, Bolignano D, et al. Sympathetic nerve traffic activation in essential hypertension and its correlates: systematic reviews and Meta-analyses[J]. *Hypertension*, 2018, 72(2): 483–491.
- [16] Goto C, Higashi Y, Kimura M, et al. Effect of different intensities of exercise on endothelium-dependent vasodilation in humans: role of endothelium-dependent nitric oxide and oxidative stress[J]. *Circulation*, 2003, 108(5): 530–535.
- [17] Palatini P, Graniero GR, Mormino P, et al. Relation between physical training and ambulatory blood pressure in stage I hypertensive subjects. Results of the HARVEST Trial. Hypertension and Ambulatory Recording Venetia Study[J]. *Circulation*, 1994, 90(6): 2870–2876.
- [18] Hedman K, Lindow T, Elmqvist V, et al. Age- and gender-specific upper limits and reference equations for workload-indexed systolic blood pressure response during bicycle ergometry[J]. *Eur J Prev Cardiol*, 2021, 28(12): 1360–1369.
- [19] Dibben G, Faulkner J, Oldridge N, et al. Exercise-based cardiac rehabilitation for coronary heart disease[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2021, 11(11): CD001800.
- [20] Ekblom Ö, Cider Å, Hambraeus K, et al. Participation in exercise-based cardiac rehabilitation is related to reduced total mortality in both men and women: results from the SWEDEHEART registry[J]. *Eur J Prev Cardiol*, 2022, 29(3): 485–492.
- [21] Niebauer J, Börjesson M, Carre F, et al. Brief recommendations for participation in competitive sports of athletes with arterial hypertension: summary of a Position Statement from the Sports Cardiology Section of the European Association of Preventive Cardiology (EAPC)[J]. *Eur J Prev Cardiol*, 2019, 26(14): 1549–1555.
- [22] Blumenthal JA, Hinderliter AL, Smith PJ, et al. Effects of lifestyle modification on patients with resistant hypertension: results of the TRIUMPH randomized clinical trial[J]. *Circulation*, 2021, 144(15): 1212–1226.
- [23] Schultz MG, Otahal P, Cleland VJ, et al. Exercise-induced hypertension, cardiovascular events, and mortality in patients undergoing exercise stress testing: a systematic review and Meta-analysis[J]. *Am J Hypertens*, 2013, 26(3): 357–366.
- [24] Börjesson M, Dellborg M, Niebauer J, et al. Recommendations for participation in leisure time or competitive sports in athletes—patients with coronary artery disease: a position statement from the Sports Cardiology Section of the European Association of Preventive Cardiology (EAPC)[J]. *Eur Heart J*, 2019, 40(1): 13–18.
- [25] Mons U, Hahmann H, Brenner H. A reverse J-shaped association of leisure time physical activity with prognosis in patients with stable coronary heart disease: evidence from a large cohort with repeated measurements[J]. *Heart*, 2014, 100(13): 1043–1049.

(责任编辑: 周一青)