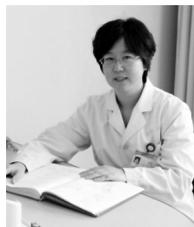




(OSID 码)

· 述评 ·



专家简介 陈伟, 女, 医学硕士, 主任医师, 硕士生导师, 徐州市康复医院副院长, 徐州市中心医院康复医学科主任, 徐州医科大学康复治疗学专业负责人; 中国医师协会康复医师分会常务委员, 江苏省医学会物理医学与康复学分会候任主任委员, 江苏省康复医学会康复教育专业委员会副主任委员, 江苏省康复医学会心血管病康复专业委员会副主任委员, 江苏省医院协会医疗康复机构分会副主任委员。主要研究方向: (1) 脏器病康复评定与方法学的基础与临床研究; (2) 脑血管病康复评定与方法学的基础与临床研究; (3) 亚健康人群运动干预的基础与临床研究。近 5 年主持省市级课题 5 项, 获省级科技奖 3 项, 其中省级医学新技术引进二等奖 1 项; 发表论文 25 篇, 其中 SCI 收录 10 篇; 参编专著和教材 5 部, 并任副主编。

心肺运动试验在心肺康复中的应用现状及展望

陈伟^{1, 2, 3}, 范秋季^{1, 4}

【摘要】 心肺运动试验 (CPET) 是一种客观、定量、无创、可同时反映心肺代谢及整体功能的方法, 已广泛应用于心肺康复中的功能评估、临床疗效及预后评价、手术风险评估及管理、运动处方制定等方面。本文主要对 CPET 在心肺康复中的应用现状及发展趋势进行了总结、分析, 旨在提高临床对 CPET 及心肺康复的认识, 为指导临床制定更精准、全面的个体化心肺康复方案提供参考。

【关键词】 运动试验; 康复; 心肺运动试验; 治疗应用; 述评

【中图分类号】 R 540.47 **【文献标识码】** A DOI: 10.3969/j.issn.1008-5971.2019.11.001

陈伟, 范秋季. 心肺运动试验在心肺康复中的应用现状及展望 [J]. 实用心脑血管病杂志, 2019, 27 (11): 1-5. [www.syxnf.net]

CHEN W, FAN Q J. Application and prospection of cardiopulmonary exercise testing in cardiopulmonary rehabilitation [J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2019, 27 (11): 1-5.

Application and Prospection of Cardiopulmonary Exercise Testing in Cardiopulmonary Rehabilitation CHEN Wei^{1,2,3}, FAN Qiuji^{1, 4}

1. Xuzhou Clinical College of Xuzhou Medical University, Xuzhou 221009, China

2. Department of Rehabilitation Medicine, Xuzhou Central Hospital, Xuzhou 221009, China

3. Department of Rehabilitation, Rehabilitation Hospital of Xuzhou, Xuzhou 221004, China

4. School of Medical Technology, Xuzhou Medical University, Xuzhou 221000, China

Corresponding author: CHEN Wei, E-mail: chenwei2339@163.com

【Abstract】 Cardiopulmonary exercise testing (CPET), as an objective, quantitative, non-invasive method, can simultaneously reflect the cardiopulmonary function and overall function, which is widely used in cardiopulmonary rehabilitation, including functional evaluation, assessment of clinical efficacy and prognosis, evaluation and management of surgical risk, formulation of exercise prescription and so on. This paper mainly summarized the clinical application and formulation of CPET in cardiopulmonary rehabilitation, in order to improve the clinical understanding of CPET and cardiopulmonary rehabilitation, to provide a reference for formulating a more detailed and comprehensive individualized program of cardiopulmonary rehabilitation.

【Key words】 Exercise test; Rehabilitation; Cardiopulmonary exercise testing; Therapeutic uses; Editorial

基金项目: 徐州市科技计划项目 (KC18184)

1.221009 江苏省徐州市, 徐州医科大学徐州临床学院

2.221009 江苏省徐州市中心医院康复医学科

3.221004 江苏省徐州市康复医院康复科

4.221000 江苏省徐州市, 徐州医科大学医学技术学院

通信作者: 陈伟, E-mail: chenwei2339@163.com

心肺运动试验 (cardiopulmonary exercise testing, CPET) 是一种客观、定量、无创、可同时反映心肺代谢及整体功能的方法^[1], 也是目前国际上普遍使用的评定人体呼吸和循环功能的无创性检查手段, 并被认为是评估心肺功能的“金标准”。结合“整体整合生理学-医学”新理论体系, CPET 可全面、精确地评估递增负荷试验中人体心肺代谢一体化联合

调控反应^[2], 目前其已广泛用于手术及麻醉风险评估、各种循环及呼吸系统疾病功能受限、病情严重程度及预后评估、指导心血管系统和呼吸系统疾病患者运动处方的制定及康复治疗效果评估等^[3], 并在心肺康复领域具有极其重要的价值和前景。本文主要对 CPET 在心肺康复中的应用现状及发展趋势进行总结、分析如下。

1 心肺康复发展历程及发展趋势

1.1 心肺康复临床实践逐渐扩展并在相关疾病中达成共识
心脏、肺脏是维持人体生命活动的重要器官, 其主要功能为心脏泵血、肺部摄氧及进行气体交换, 二者健康是保持机体健康的基本保障。研究表明, 心肺功能障碍是导致患者死亡的独立危险因素^[4], 并会给患者家庭及社会造成严重经济负担, 而针对心肺功能障碍进行康复训练并以此而改善心肺功能、提高有氧运动能力的方式则称为心肺康复^[5], 其主要包括心脏康复和肺康复。2018 年《中国社区心肺康复治疗技术专家共识》^[6]指出, 心肺康复指通过全面、规范、系统化的康复评估并采取运动训练、药物、营养、健康教育、心理干预等综合医疗干预措施而改善患者心血管系统和呼吸系统功能, 提高患者生活质量并促使其早日回归家庭、回归社会。在此之前, 临床常将心脏康复与肺康复割裂开来, 但单独进行心脏康复或肺康复均得不到最佳康复治疗效果, 因此需将心肺功能看作一个整体, 积极倡导心肺康复一体化理念, 以促进患者整体功能恢复。

1.2 心脏康复发展历程 国外心脏康复起源于冠心病心绞痛患者的康复训练, 至今已有 250 多年历史; 我国心脏康复始于 20 世纪 60 年代, 当时主要是针对风湿性心脏病患者的康复训练, 近 30 年来我国心脏康复事业受到越来越多的重视, 心脏康复对象从开始的慢性冠心病患者发展为无合并症的急性心肌梗死患者, 并逐渐扩展到几乎所有心脏病患者, 并包括术后及介入治疗后患者^[7]。近几年, 中国康复医学会心血管专业委员会先后制定了《冠心病康复与二级预防中国专家共识》《慢性稳定性心力衰竭运动康复中国专家共识》《冠心病患者运动治疗中国专家共识》《经皮冠状动脉介入治疗术后运动康复专家共识》等, 但目前我国仍缺乏诸如起搏器植入术后、先天性心脏病、外周血管疾病、心脏移植术后及心脏瓣膜病术后康复指南/专家共识, 且部分患者对心脏康复参与率及依从性较低, 因此我国心脏康复现状仍不容乐观, 心脏康复的发展仍不成熟, 仍需进一步推广及完善。

1.3 肺康复发展历程 国外肺康复始于 1940—1950 年, 当时主要针对的是肺结核及急性脊髓灰质炎所致呼吸肌麻痹患者, 后随着疾病谱改变及肺康复医学发展, 肺康复越来越广泛地应用于各种疾病所引起的呼吸功能低下患者。美国胸科协会和欧洲呼吸协会于 2013 年颁布的关于肺康复的声明中对肺康复的定义进行了更新, 指出肺康复是基于全面康复评估后的综合的、个体化的干预措施, 包括但不限于运动锻炼、健康教育和生活习惯的干预, 旨在改善慢性呼吸系统疾病患者生理及心理健康状况, 促进患者形成长期健康行为^[8]。近年来我国慢性阻塞性肺疾病 (chronic obstructive pulmonary disease, COPD)、支气管哮喘、肺癌、肺减容术、肺移植等

围术期肺康复逐渐发展, 但目前尚无相关肺康复指南/专家共识; 与心脏康复相比, 肺康复发展相对迟缓或基本处于停滞状态。此外, 由于临床对肺康复重视程度不够、开展肺康复的医院较少、专门从事肺康复的人员水平参差不齐, 因此相关医疗机构应加大对肺康复的投入及宣传力度, 以促进肺康复快速发展。

1.4 心肺康复发展趋势 随着近年来对心肺康复的认识逐渐深入, 心肺康复已不再单纯地应用于心脏疾病或呼吸系统疾病患者, 而是广泛应用于存在心肺功能障碍的患者。研究表明, 脑卒中患者常因年迈及长期卧床而导致心肺功能减退, 心肺康复除可改善其心肺功能外, 还可协助其控制血压、血糖、血脂等^[9]; 脊髓损伤患者因长期制动而导致一系列并发症 (如冠状动脉粥样硬化、深静脉血栓形成等)、心肺功能减退, 心肺康复除可促进其心肺功能恢复外, 还可提高其运动耐力并使其更好地耐受康复治疗、提高其日常生活能力^[10]。因此, 应加强对非心肺疾病患者心肺功能评估及心肺康复治疗, 以促进其身心健康恢复并改善其预后。

2 CPET

良好的康复效果是基于全面、系统性、规范化康复评估基础之上的, 这就需要借助全面的心肺功能一体化评估手段——CPET 来完成。因此, 患者在心肺康复前均应采用症状限制性 CPET 进行运动风险评估, 以全面、客观地把握患者运动反应情况、心肺功能储备和功能受损程度^[11], 最终使心肺疾病等慢性病患者得到安全、有效、个体化心肺康复指导并进行精准的康复治疗效果评估等。

2.1 CPET 是目前量化评估心肺功能的最佳手段 运动功能评估的目的在于识别静息状态下所不能发现的功能受限及高危风险人群, 进而指导临床采取各种积极的干预措施以防患于未然。传统的心肺功能检查手段如超声心动图、心电图、静态肺功能、胸部 X 线、胸部 CT 等多在静息状态下完成, 主要反映机体静息状态下心肺功能, 由于静息状态下可能存在储备功能代偿, 因此传统的心肺功能检查手段难以真实反映患者心肺功能受限程度。6 分钟步行试验 (6-minute walk test, 6MWT) 是一种临床常用的运动试验, 常用于评估老年或功能状态差患者早期运动功能, 具有成本低、与日常活动相关性好、耐受性好等优点, 但其仅能获得受试者 6 分钟步行距离这一指标, 难以精确反映患者最大有氧运动能力、难以实现标准化。CPET 可精确地量化受试者通气功能、气体代谢及运动功能并反映心肺整体功能, 可用于评估慢性心力衰竭患者病情严重程度及预后、鉴别呼吸受限原因、量化手术干预或临床治疗效果、指导手术方案及个体化运动处方的制定等, 因此 CPET 成为目前评估心肺功能的“金标准”^[12]及量化评估心肺功能的最佳手段^[13]。由于 CPET 成本较高并需专门的设备和专业的操作人员、测量结果易受受试者测试熟练程度及辅助工具的影响、不适用于早期及重症患者、可能延缓康复治疗的启动等, 因此目前主要推荐有条件的医疗中心将 CPET 作为评估心肺功能的主要手段, 而 6MWT 可作为有效补充。

2.2 CPET 的临床应用及发展趋势

2.2.1 疾病严重程度分级及心肺功能评估 20 世纪 80 年代,

WEBER等^[14]和JANICKI等^[15]分别提出将CPET中的峰值摄氧量(peak oxygen uptake, VO_{2peak})和无氧阈(anaerobic threshold, AT)用于慢性心力衰竭患者心功能分级,并将 $VO_{2peak} > 20 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 、 $AT > 14 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 归为A级,将 VO_{2peak} 介于 $16 \sim 20 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 、AT介于 $11 \sim 14 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 归为B级,将 VO_{2peak} 介于 $10 \sim 15 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 、AT介于 $8 \sim 10 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 归为C级,将 $VO_{2peak} < 10 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 、 $AT < 8 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 归为D级。 VO_{2peak} 指运动过程中受试者不能维持功率继续增加、达到峰值时的摄氧量,无平台期出现,易受受试者性别、年龄、运动习惯、功能状态等多种因素影响,而凡是能影响血液系统携氧能力(如血乳酸水平、温度、血氧分压及血红蛋白等)、心功能(如心输出量)、组织摄氧能力(如线粒体数量、线粒体氧化酶活性)等的因素均会导致 VO_{2peak} 下降,且 VO_{2peak} 与慢性心力衰竭患者血流动力学指标密切相关;AT指随着运动负荷增加、循环血液中氧气供应由于无法满足机体有氧代谢需求而由无氧代谢代替有氧代谢的临界点,反映的是亚极量运动负荷,避免了主观因素的干扰^[16]。因此,将AT与 VO_{2peak} 相结合并用于心力衰竭患者心肺功能评估科学且合理。

有研究表明,CPET可发现既往无心血管系统疾病、静息血压正常的受试者运动过程中血压异常反应并预测受试者未来高血压发生风险^[17],与动态血压监测相比,CPET具有操作简单、耗时短等优势,有助于早期识别高血压并为临床干预前移提供重要依据。WINTER等^[18]研究发现,CPET结果与冠心病患者有创心血管检测结果相关性良好, VO_{2peak} 、AT、峰值氧脉搏越低则冠心病患者冠状动脉病变支数越多、左心室射血分数越低,因此CPET可用于评估冠心病患者冠状动脉病变严重程度并具有客观、精确、定量、无创、敏感性较好等优点,但其特异性较差。

2.2.2 量化手术或临床治疗效果 KATAOKA等^[19]研究表明,卡维地洛较美托洛尔能更有效地降低基线脑钠肽(BNP)水平较高的充血性心力衰竭患者二氧化碳通气当量斜率($VE/VCO_2 \text{ slope}$)、改善患者通气功能;AGOSTONI等^[20]研究表明,卡维地洛对心力衰竭患者过度通气、 $VE/VCO_2 \text{ slope}$ 及潮气末二氧化碳分压(end-tidal partial pressure of carbon dioxide, $PETCO_2$)的改善效果优于比索洛尔。与传统肺通气功能检查相比,CPET由于尽可能地排除了主观因素的干扰而使检测结果更客观、可靠。

郑宏超等^[21]对稳定性冠心病患者经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)前后分别行CPET以评估其心肺功能,结果显示其PCI前后左心室射血分数、静息及峰值血压、心率均无明显变化,而PCI后 VO_{2peak} 、AT、峰值氧脉搏则较PCI前明显改善,提示PCI可有效改善稳定性冠心病患者心肺功能。因此,CPET作为新型手术或临床治疗效果评估手段,可精确量化药物、手术等治疗效果,有助于动态、长期观察药物、手术、康复治疗效果等,具有一定推广应用价值。

2.2.3 手术及麻醉风险评估 与超声心动图、心电图、肺功能、血气分析、胸部X线检查等相比,CPET能更加精确、

全面地评估受试者心肺功能及整体功能,进而为手术及麻醉风险评估、管理提供客观、可靠的参考依据。《美国胸科医师协会肺癌诊治指南》^[22]指出,CPET可用于指导拟行肺切除术肺癌患者手术方案的选择及围术期风险评估,而肺癌患者术前心肺功能状态与术后并发症发生率及死亡率均呈负相关,术前心肺功能越差的肺癌患者术后并发症发生风险及死亡风险越高:术前 $VO_{2peak} > 20 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 或峰值摄氧量占预计值的百分比($VO_{2peak} \% \text{ pred}$) $> 75\%$ 的肺癌患者可耐受计划之中的肺切除术甚至是全肺切除术,且术后不良心血管事件发生风险较低;术前 $VO_{2peak} < 10 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 或 $VO_{2peak} \% \text{ pred} < 35\%$ 是肺癌患者围术期死亡及心肺并发症的危险因素,并被认为是解剖性肺切除术的禁忌证。由于CPET在识别围术期高危因素方面显示出独特的优越性,因此建议所有拟行手术的患者术前行CPET以提高患者风险管理水平,并于术前、术后采取积极的干预措施如呼吸训练、吸气肌功能训练、有氧训练等心肺康复手段,以达到改善患者心肺功能、提高患者对手术的应激能力、减少术后并发症及死亡、为患者生命安全保驾护航的目的。

2.2.4 健康人群心肺功能评估 随着近年来心肺康复发展,CPET应用范围逐渐从患病人群基础功能评估、疾病严重程度分级、手术或临床治疗效果、手术及麻醉风险评估扩展到健康人群心肺功能及有氧能力评估,并逐渐成为当前研究的热点,但健康人群心肺功能评估目前尚处于起步阶段。

2013年,美国心脏协会呼吁建立个体有氧运动能力登记中心,并指出准确量化有氧运动能力在评估个人整体健康状况和未来非传染性疾病及不良事件发生风险方面具有重要作用;2016年更新的CPET指南指出,有氧运动能力是看似健康(无疾病诊断)人群未来不良事件(如脑卒中、急性心肌梗死等)发生风险强有力的预测因子^[23]。ARENA等^[24]研究认为,未来有氧运动能力可能作为与体温、脉搏、呼吸、血压等同等重要的生命体征并广泛应用于临床实践,但由于目前尚无针对健康人群的大样本量CPET研究,因此进一步提高公众对CPET的认识、加强CPET在健康人群心肺功能评估中的应用、探究适用于健康人群的心肺功能评估标准成为目前亟待解决的问题。

3 心肺康复临床实践中的问题

3.1 制定运动强度的一系列问题 运动处方是康复训练的核心组成部分,遵循FITT-VP原则,涉及频率(frequency)、强度(intensity)、时间(time)、运动类别(type of exercise)、总量(volume)、进度(progression)及相应运动注意事项等,其中运动强度是决定康复治疗效果和保证康复训练安全性的关键。有氧运动的运动强度可参照AT、心率、同时结合Borg评分法(6~20分)等进行制定,借助于高强度功率自行车。AT法:AT相当于 VO_{2peak} 的50%~70%时的运动强度是最安全、有效的,并避免了受试者主观感受的影响,同时也是指南推荐的心血管疾病患者康复训练的最佳运动强度^[25];目标心率法:指安静状态下基础心率增加20~30次/min,由于此法较为粗略、精确性欠佳,因此常用于院外低风险患者运动强度的粗略判断;心率储备法:靶心率=

(峰值心率 - 静息心率) × 靶强度 + 静息心率, 一般靶强度为 40%~70%, 相关指南推荐中国心血管疾病患者康复训练从低靶强度 (40%) 开始, 并随着体能改善而逐步调整运动强度; 峰值心率法: 目标心率指预测峰值心率 (220 - 年龄) 的 65%~75%, 但近年研究发现以 65%~75% 的峰值心率作为心血管疾病患者运动强度存在较高的运动风险^[16], 同时由于多数心血管疾病患者常使用 β -受体阻滞剂, 因此根据心率制定运动处方可能会受到药物影响、缺乏准确性; Borg 评分法: 通常建议有氧运动强度为 Borg 评分达 10~16 分^[26], 但此法易受患者主观因素影响, 因此常作为制定运动强度的有效补充。

3.2 高强度间歇训练 (high-intensity interval training, HIIT)

长期以来冠心病患者康复训练强度均控制在心肌缺血阈值以下以避免心肌缺血发作、保护受损的心肌细胞, 但近年研究发现, 短暂的心肌缺血可促进心肌侧支循环形成并改善受损心肌的血液供应, 进而改善患者心肺功能^[27]。HIIT 指短时间高强度 (>85% VO_{2peak}) 训练与低水平主动运动或被动恢复相结合, 适合于病情较轻、心肺功能状态较好的患者^[28], 根据间歇时间长短可分为长时间 (85%~95% VO_{2peak} , 3~15 min)、中等时间 (96%~99% VO_{2peak} , 1~3 min)、短时间 (100%~120% VO_{2peak} , 10 s~1 min) 三种类型^[29], 但目前尚无指南对 HIIT 的运动强度及间歇时间进行明确, 因此 HIIT 仍处于探索阶段、并未在临床上常规开展。此外, 由于目前对 HIIT 的相关作用机制研究仍不完善、临床医师对高强度负荷康复训练安全性存在担忧, 因此今后尚需进一步完善其相关机制研究并开展大规模临床研究以探讨 HIIT 最佳运动强度及间歇时间, 提高 HIIT 在心肺康复训练中的安全性及有效性。

4 小结与展望

CPET 作为一种无创、可重复的心肺功能评估手段, 可提供精确、量化的心肺功能及整体功能评估指标, 已广泛用于多种疾病严重程度分级及心肺功能评估、量化手术或临床治疗效果、手术及麻醉风险评估、健康人群心肺功能评估及运动处方制定等心肺康复各个方面, 相信随着未来更多关于 CPET 临床应用研究的逐步开展、CPET 适用人群及使用范围逐步扩大、CPET 在非心肺系统疾病患者中的逐步应用等, CPET 将更好地指导包括健康人群在内的受试者心肺功能及运动能力研究, 并通过制定符合相应人群心肺功能状态的评估标准而提高其健康管理水平, 更好地规避未来不良事件发生等; 同时进一步完善 CPET 结果分析、解释将更好地提高 CPET 的临床应用价值, 从而更好地服务于临床、指导临床决策等。

参考文献

[1] HERDY A H, RITT L E, STEIN R, et al. Cardiopulmonary Exercise Test: Background, Applicability and Interpretation [J]. *Arq Bras Cardiol*, 2016, 107 (5): 467-481. DOI: 10.5935/abc.20160171.

[2] 孙兴国. 生命整体调控新理论体系与心肺运动试验 [J]. *医学与哲学*, 2013, 34 (5): 22-27.

[3] BALADY G J, ARENA R, SIETSEMA K, et al. Clinician's Guide to cardiopulmonary exercise testing in adults: a scientific statement from the American Heart Association [J]. *Circulation*, 2010, 122 (2):

191-225. DOI: 10.1161/CIR.0b013e3181e52e69.

[4] BLAIR S N. Physical fitness and activity as separate heart disease risk factors: a meta-analysis [J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2001, 33 (5): 762-764. DOI: 10.1097/00005768-200105000-00013.

[5] POPOVIC D, KUMAR N, CHAUDHRY S, et al. Improvements in Key Cardiopulmonary Exercise Testing Variables Following Cardiac Rehabilitation in Patients With Coronary Artery Disease [J]. *J Cardiopulm Rehabil Prev*, 2018, 38 (5): E5-8. DOI: 10.1097/HCR.0000000000000324.

[6] 中国老年保健医学研究会老龄健康服务与标准化分会, 《中国老年保健医学》杂志编辑委员会, 北京小汤山康复医院. 中国社区心肺康复治疗技术专家共识 [J]. *中国老年保健医学*, 2018, 16 (3): 41-51, 56. DOI: 10.3969/j.issn.1672-2671.2018.03.012.

[7] 陆晓. 心脏康复的演变与进展 [J]. *中国康复医学杂志*, 2017, 32 (1): 4-9. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2017.01.003.

[8] SPRUIT M A, SINGH S J, GARVEY C, et al. An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: key concepts and advances in pulmonary rehabilitation [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2013, 188 (8): e13-64. DOI: 10.1164/rccm.201309-1634ST.

[9] AKKURT H, KARAPOLAT H U, KIRAZLI Y. The effects of upper extremity aerobic exercise in patients with spinal cord injury: a randomized controlled study [J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2017, 53 (2): 219-227. DOI: 10.23736/S1973-9087.16.03804-1.

[10] MALHOTRA R, BAKKEN K, D'ELIA E. Cardiopulmonary Exercise Testing in Heart Failure [J]. *JACC Heart Fail*, 2016, 4 (8): 607-616. DOI: 10.1016/j.jchf.2016.03.022.

[11] TANG A, CLOSSON V, MARZOLINI S, et al. Cardiac rehabilitation after stroke—need and opportunity [J]. *J Cardiopulm Rehabil Prev*, 2009, 29 (2): 97-104. DOI: 10.1097/HCR.0b013e31819a00d4.

[12] 张良燕, 刘子嘉, 申乐, 等. 心肺运动试验在快速康复外科中的应用进展 [J]. *中国医学科学院学报*, 2017, 39 (6): 831-835. DOI: 10.3881/j.issn.1000-503X.2017.06.016.

[13] TAYLOR C, NICHOLS S, INGLE L A. A clinician's guide to cardiopulmonary exercise testing 1: an introduction [J]. *Br J Hosp Med (London)*, 2015, 76 (4): 192-195. DOI: 10.12968/hmed.2015.76.4.192.

[14] WEBER K T, KINASEWITZ G T, JANICKI J S, et al. Oxygen utilization and ventilation during exercise in patients with chronic cardiac failure [J]. *Circulation*, 1982, 65 (6): 1213-1223. DOI: 10.1161/01.cir.65.6.1213.

[15] JANICKI J S, WEBER K T, MCELROY P A. Use of the cardiopulmonary exercise test to evaluate the patient with chronic heart failure [J]. *Eur Heart J*, 1988, 9 (Suppl H): 55-58. DOI: 10.1093/eurheartj/9.suppl_h.55.

[16] 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. 慢性稳定性心力衰竭运动康复中国专家共识 [J]. *中华心血管病杂志*, 2014, 42 (9): 714-720. DOI:

- 10.3760/ema.j.issn.0253-3758.2014.09.002.
- [17] MANOLIO T A, BURKE G L, SAVAGE P J, et al. Exercise blood pressure response and 5-year risk of elevated blood pressure in a cohort of young adults: the CARDIA study [J]. *Am J Hypertens*, 1994, 7 (3): 234-241. DOI: 10.1093/ajh/7.3.234.
- [18] WINTER U J, GITT A K, BLAUM M, et al. Cardiopulmonary capacity in patients with coronary heart disease [J]. *Z Kardiol*, 1994, 83 (Suppl 3): 73-82.
- [19] KATAOKA M, SATOH T, YOSHIKAWA T, et al. Comparison of the effects of carvedilol and metoprolol on exercise ventilatory efficiency in patients with congestive heart failure [J]. *Circ J*, 2008, 72 (3): 358-363. DOI: 10.1253/circj.72.358.
- [20] AGOSTONI P, APOSTOLO A, CATTADORI G, et al. Effects of beta-blockers on ventilation efficiency in heart failure [J]. *Am Heart J*, 2010, 159 (6): 1067-1073. DOI: 10.1016/j.ahj.2010.03.034.
- [21] 郑宏超, 丁跃有, 孙兴国, 等. 经皮冠状动脉腔内血管成形术改变稳定性冠心病患者整体功能的临床研究 [J]. *中国应用生理学杂志*, 2015, 31 (4): 378-382. DOI: 10.13459/j.cnki.cjap.2015.04.020.
- [22] BRUNELLI A, KIM A W, BERGER K I. Physiologic evaluation of the patient with lung cancer being considered for resectional surgery: Diagnosis and management of lung cancer, 3rd ed: American College of Chest Physicians evidence-based clinical practice guidelines [J]. *Chest*, 2013, 143 (5 Suppl): e166S-190S. DOI: 10.1378/chest.12-2395.
- [23] GUAZZI M, ARENA R, HALLE M, et al. 2016 Focused Update: Clinical Recommendations for Cardiopulmonary Exercise Testing Data Assessment in Specific Patient Populations [J]. *Circulation*, 2016, 133 (24): e694-711. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000406.
- [24] ARENA R, MYERS J, GUAZZI M. The future of aerobic exercise testing in clinical practice: is it the ultimate vital sign? [J]. *Future Cardiol*, 2010, 6 (3): 325-342. DOI: 10.2217/fca.10.21.
- [25] PRADO D M, ROCCO E A, SILVA A G, et al. Effects of continuous vs interval exercise training on oxygen uptake efficiency slope in patients with coronary artery disease [J]. *Braz J Med Biol Res*, 2016, 49 (2): e4890. DOI: 10.1590/1414-431X20154890.
- [26] 中国医师协会心血管内科医师分会预防与康复专业委员会. 经皮冠状动脉介入治疗术后运动康复专家共识 [J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2016, 24 (7): 361-369. DOI: 10.3969/j.issn.1004-8812.2016.07.001.
- [27] CHOI H Y, HAN H J, CHOI J W, et al. Superior Effects of High-Intensity Interval Training Compared to Conventional Therapy on Cardiovascular and Psychological Aspects in Myocardial Infarction [J]. *Ann Rehabil Med*, 2018, 42 (1): 145-153. DOI: 10.5535/arm.2018.42.1.145.
- [28] GAYDA M, RIBEIRO P A, JUNEAU M, et al. Comparison of Different Forms of Exercise Training in Patients With Cardiac Disease: Where Does High-Intensity Interval Training Fit? [J]. *Can J Cardiol*, 2016, 32 (4): 485-494. DOI: 10.1016/j.cjca.2016.01.017.
- [29] MEYER P, GAYDA M, JUNEAU M. High-intensity aerobic interval exercise in chronic heart failure [J]. *Curr Heart Failure Rep*, 2013, 10 (2): 130-138. DOI: 10.1007/s11897-013-0130-3.

(收稿日期: 2019-10-12; 修回日期: 2019-11-20)

(本文编辑: 鹿飞飞)

· 作者 · 读者 · 编者 ·

《实用心脑血管肺血管病杂志》绿色通道投稿须知

为进一步满足广大医务工作者科研、工作需求,《实用心脑血管肺血管病杂志》开通了投稿绿色通道,凡符合以下条件的稿件编辑部将提供优化研究设计方案、优化统计学处理、优化参考文献等编辑深加工服务并由资深编辑负责论文的修改、润色,享受优先审稿、优先外审、优先出版及减免版面费等优惠政策,欢迎您积极踊跃投稿!

- (1) 最新权威指南/指南解读、述评、Meta分析/系统评价类型文章,其中确有重大指导作用者缴费后1~2个月优先出版;
- (2) 国家级及省级以上基金项目支持文章,其中确有重大影响力者缴费后1~2个月内优先出版;
- (3) 省级基金项目支持文章及前瞻性研究、大型临床随机对照试验、大样本量调查研究缴费后2~3个月内优先出版;
- (4) 系统阐释、深入研究某一种/一组疾病规律的专题研究(由4~6篇文章组成)缴费后2~3个月内优先出版;
- (5) 介绍自主研发/研制或具有专利号的医疗技术、仪器、设备等相关文章,缴费后2~3个月内优先出版;
- (6) 优秀或获奖硕士、博士生导师学位论文(须附导师推荐意见)缴费后2~3个月内优先出版。

凡符合上述条件的稿件请登录本刊官网(www.syxnf.net)“作者投稿系统”进行投稿,并在填写文题信息时标注“绿色通道”、提交基金项目证明文件、论文推荐函以备登记、审核,请务必保证所留信息正确、无误,不符合上述条件而标注“绿色通道”、相关证明材料不全、联系方式不完整或未提交论文推荐函者将直接退稿处理。

凡符合上述条件的稿件审稿时间将控制15~30d以内,并可申请减免版面费、网络首发等,未尽事宜详询电话:0310-2066998/0310-2067168,微信号: zuozhequn, E-mail: syxnfghzz@chinagp.net.cn。