DOI:10.19893/j.cnki.ydyxb.2024-0172

心肺运动试验在冠心病诊治中的应用进展

白 喆,王营忠*

(延安大学附属医院心内科,陕西 延安 716000)

摘 要:心肺运动试验(cardiopulmonary exercise testing,CPET)作为一种能够客观、定量、无创地评估心肺等器官系统整体功能和储备能力的检查方法,现已广泛应用于心肺疾病领域。随着研究的不断深入,CPET在冠心病的早期预测、筛查诊断、疗效评价和个体化康复治疗指导中展现了重要价值和广阔前景。然而,国内心脏康复事业发展较晚,CPET的应用尚处于起步阶段。本文主要就心肺运动试验在冠心病中的应用现状作一综述,以期为冠心病的临床诊治提供新的思路。

关键词:心肺运动试验;冠心病;心脏康复

中图分类号:R541 **文献标识码**:A **文章编号**:1672-2639(2025)01-0091-06

冠状动脉粥样硬化性心脏病(coronary atherosclerotic heart disease,CHD)是指冠状动脉发生粥样硬化,致使血管腔狭窄乃至闭塞,继而引发心肌供血不足、缺氧乃至组织坏死的一组疾病,简称冠心病(CHD)[1]。冠心病是全球常见的心血管疾病之一,全世界目前每年约有700万人死于该疾病[2]。根据《中国卫生健康统计年鉴》(2022年版)的数据显示,中国城市居民冠心病死亡率为135.08/10万,农村则达到148.19/10万[3]。因此,及早诊断及治疗冠心病变得至关重要。心肺功能运动负荷试验简称心肺运动试验(cardiopulmonary exercise testing,CPET),该测试通过逐步增强运动强度,直至受试者达至力竭或显现出限制性症状及(或)体征时,检测气体代谢、心率、血压、血氧饱和度及心电图等一系列指标变化,从而客观、定量、全面地评价不同负荷下的心肺功能、运动耐力、功能受损程度,是一种无创性的检测手段,用以综合评判心肺等重要器官系统的整体功能及其储备能力[4]。CPET的应用最早可追溯到20世纪中叶,最初被用于评估肺部疾病患者在活动时的心肺功能特征。随着研究的深入,CPET现已在欧美等国家广泛应用于心血管病学、呼吸病学、康复医学及运动医学等诸多领域[5]。诸多研究[6]表明,在心血管疾病领域,CPET在早期诊断、功能评价、疗效评估和指导个体化康复治疗等方面具有显著的临床应用价值。近年来,在冠心病的研究中,CPET初步展现了重要价值和广阔前景。然而在中国,CPET的应用仅有十余年历史,心脏康复事业尚处于起步阶段。因此,本文旨在综述心肺运动试验在冠心病中的应用现状,以期为冠心病的临床诊治提供新的思路。

1 CPET对健康人群患CHD风险进行预测

CPET被视为评估心肺适能(cardiorespiratory fitness,CRF)的金标准方法[7],其准确量化CRF对于评估个体健康以及预测未来心血管疾病和不良事件发生风险具有广泛认可的重要性[8]。早在2016年,欧洲心脏康复协会在其一份声明中就已推荐CPET用于健康人群罹患心血管疾病风险的预测[9]。在Letnes等[10]进行的HUNT3前瞻性队列研究中,纳入4 527名无心血管、肺部疾病、癌症及高血压史的健康成年人(女性51%),使用NORRISK2模型评估10年心血管疾病风险,基线时,83.5%受试者风险为低危。随访8.8年后,共有147名参与者达到了主要终点事件,这些事件包括CHD的确诊、接受冠状动脉血运重建手术(PCI或CABG)或因CHD导致的死亡。多因素回归分析显示,峰值摄氧量

基金项目:陕西省卫生健康科研基金项目(2022A008);延安大学附属医院科学技术研究发展计划项目(2022PT-13)

作者简介:白 喆(1999—),男,陕西汉中人,在读硕士研究生。研究方向:心血管内科学。

* **通信作者**:王营忠(1967—),男,陕西延安人,主任医师,硕士研究生导师。研究方向:心脏康复。
E-mail:wyzya@163.com

(Peak VO_2)每增加 1MET(1 MET=3.5 mL/(kg·min) VO_2),主要终点事件的风险降低 15%(HR=0.85, 95%*CI* 0.77~0.93)。Letnes 总结认为 Peak VO_2 与健康人群罹患 CHD 存在显著的反向相关关系,即增加 Peak VO_2 可显著降低患 CHD 的风险。在 Zannoni 等人[11]的研究中,通过 CPET 对 695 名既往无心肺疾病史的受试者进行了前瞻性评估,95% 的受试者有一个或多个主要心血管风险因素(major cardiovascular risk factor ,MCVRF),即肥胖、吸烟、血脂异常、高血压、糖尿病。对所有完成 CPET 后的受试者进行了(64±19)个月的心血管死亡或因冠心病、心力衰竭及中风入院的复合终点随访,共发生 42 起综合事件(7 起心血管死亡事件和 35 起心血管住院事件),作者得出结论,使用 Peak VO_2 和 VE/VCO_2 斜率评估 CRF,可为患有 MCVRF 但没有已知疾病的患者提供重要的预后信息,强调了 CPET 在初级保健中的应用。由此可见,CPET 可以预测健康人群患冠心病的风险,可以更早地识别出看似健康但心血管事件高风险人群,并为其采取合理的预防措施提供指导。

2　CPET 用于 CHD 的筛查与诊断

随着科技水平的不断蜕变与革新,冠心病的辅助检查手段日益丰富,冠状动脉造影凭借其卓越的诊断能力,稳固地占据着冠心病诊断“金标准”的地位。然而,冠状动脉造影属于侵入性检查,存在操作风险、价格昂贵等局限性[12]。而越来越多研究证据表明,CPET 在筛查与诊断 CHD 方面展现出其独特价值,可作为评估健康个体及稳定性冠心病患者的有效辅助工具。

2.1　CPET 在 CHD 筛查中的作用

对于冠心病而言,冠状动脉病变(如血管狭窄、微血管功能受损等)后会引发局部心肌灌注减少及局部氧供需失衡,进而导致心肌缺血现象。CPET 作为一种检测手段,在运动状态下能够促使冠心病患者心肌的氧供应与需求之间出现失衡,其相关指标出现的特异性改变有助于协助筛查冠心病。Belardinelli 等人[13]开展的前瞻性研究表明,相较于传统的心电图负荷试验,CPET 在心肌缺血的检测与排除上,展现出了更高的诊断精确度及预测能力,并且增加氧脉搏及 $\Delta VO_2/\Delta W$ 轨迹的分析可协助排除心电图诊断的假阳性患者。Chaudhry 等人[14]的研究同样佐证了这一点,他们开展了一项前瞻性队列研究,纳入 208 名运动耐受力下降而冠状动脉解剖学检查无异常且无肺部疾病的患者,以及 116 名健康对照组,对这些受试者的 CPET 心率反应进行了综合分析。通过对比正常与异常的 ΔHR/WR 斜率反应模式,研究者发现,在识别未经充分治疗的冠状动脉粥样硬化方面,CPET 期间的心率异常反应相较于运动负荷心电图具有显著优势。此外,该方法还能有效识别出那些尽管常规检查显示正常,但实际上已出现心脏功能受损症状的患者,这对于无明显冠状动脉狭窄的缺血性心脏病早期阶段的患者具有特别重要的临床意义。心肺运动试验临床规范应用中国专家共识[4]根据 2012 年 EACPR 与 AHA 的科学声明推荐对疑似心肌缺血患者进行诊断分层(表 1)。Peak VO_2 占预计值百分比从低风险到高风险逐渐下降、氧脉搏和 $\Delta VO_2/\Delta W$ 的曲线轨迹进展到高风险程度、血流动力学和心电图反应进展到中风险及中高风险,这些都提示心肌缺血和心肺功能下降,而血流动力学和心电图反应进展到高风险则进一步提示运动性心肌缺血。因此,在临床诊疗过程中,CPET 可以帮助临床工作者诊断冠心病提供新的参考,这不仅有助于实现早期诊断和风险分层评估,还能为制订个体化治疗方案提供重要依据,从而加强冠心病患者的门诊评估和管理,提升医疗机构诊疗水平。

2.2　CPET 在 CHD 诊断中的作用

随着 CPET 设备和技术的不断完善,其对冠心病诊断的研究越来越多。Mazaheri 等人[15]的横断面研究显示,CHD 患者的 VE/VCO_2 斜率显著高于无 CHD 个体,突出显示了两者之间的明显差异。进一步 ROC 曲线分析显示,VE/VCO_2 峰值被证明是评估疑似 CHD 患者的有效参数。朱珊雨等[16]对 156 例疑似 CHD 患者的研究表明,CPET 核心指标(如 Peak VO_2%pred、Peak O_2pulse%pred、$\Delta VO_2/\Delta WR$)在 CHD 诊断中具有预测价值,尤其在早期诊断中较为准确。而在另一项 Li 等人[17]研究发现,当利用 CPET 相关指标对 CHD 进行独立诊断时,ROC 曲线下面积的大小顺序为:运动测试时间(Time)>代谢当量(Mets)>公斤摄氧量(VO_2/kg)>峰值摄氧量(Peak VO_2)>负荷功率(Load)>无氧阈(AT)>氧脉搏(O_2pulse),对应的面积值分别为 0.894、0.855、0.850、0.843、0.763、0.744 和 0.701。Peak VO_2 表现出最高的灵敏度(96.90%),但其特异性相对较低(59.10%);相反,O_2pulse 的灵敏度较低(41.50%),而特异性则最高(92.40%),这揭示了单一指标在诊

断CHD时的局限性。但将上述7项指标联合诊断，ROC曲线下面积提升至0.974，同时灵敏度达到86.40%，特异性为98.50%，这表明联合诊断可以提高诊断的准确性。综上，CPET是一种非侵入性检查，在CHD的诊断中具有较高的临床价值，此外因其价格低廉且易于操作，可广泛应用于临床实践。

表1　CPET对疑似心肌缺血患者的诊断分层

指标	低风险	中风险	中高风险	高风险
主要的气体分析指标				
Peak VO_2占预计值百分比	≥100%	75%~99%	50%~74%	<50%
$\Delta VO_2/\Delta W$曲线轨迹	运动中持续升高	较早出现平台并持续	–	较早出现平台然后下降
氧脉搏曲线轨迹	运动中持续升高，直到接近最大运动负荷可能出现平台	较早出现平台并持续	–	较早出现平台然后下降
常规的运动试验指标			–	
血流动力学	运动中收缩压升高	运动中收缩压反应平坦	–	运动中收缩压下降
	运动中和/或恢复期	运动中和/或恢复期出现心脏		运动中和/或恢复期出现心脏
心电图	没有持续心律失常	节律的改变，和/或ST段的改	–	节律的改变和/或ST段的改
	和/或ST段显著改变	变，没有导致运动试验终止		变，导致运动试验终止
运动试验终止的主观原因	下肢肌肉疲劳	心绞痛	–	呼吸困难

注：CPET：心肺运动试验，Peak VO_2：峰值摄氧量，$\Delta VO_2/\Delta W$：氧做功效率；–为无数据。

3　CPET用于量化CHD冠脉严重程度

近年来，心肺运动试验被证明在量化冠状动脉病变严重程度上有一定临床价值。Popovic等[18]对40名行冠状动脉造影提示冠状动脉病变≥50%，且同时在两月内均完成CPET的稳定性冠心病患者进行了一项前瞻性研究，研究表明，冠心病1~2支血管病变与3支血管病变两组间VCO_2恢复期值与峰值差值和VO2恢复期值与峰值差值有统计学意义。ROC曲线分析显示，VCO_2恢复期值与峰值差值识别3支血管病变的灵敏度为87.5%，特异度为70.4%，AUC为0.77和VO_2恢复期值与峰值差值识别3支血管病变的灵敏度为75.0%，特异度为77.8%，AUC为0.76；结论表明CPET相关参数对冠心病严重程度具有预测价值。Liu等[19]纳入了280名接受CPET的冠状动脉造影患者，并对冠心病的严重程度进行定量血流分数（QFR）、狭窄冠状动脉数量（SCA）和Gensini评分三个层面的评估，结论得出，CRF与CHD的严重程度之间存在强烈的负相关。无氧阈时代谢当量（VO_2@AT）和Peak VO_2与QFR呈负相关。VO_2@AT、Peak VO_2和每公斤体重峰值摄氧量（Peak VO_2/kg）与SCA数量相关。同时，VO_2@AT、无氧阈时每公斤体重摄氧量（VO_2/kg@AT）、Peak VO_2和Peak VO_2/kg与Gensini评分相关，该研究提供了更多证据，支持CPET在评估CHD严重程度方面的潜在临床价值。Wang等[20]一项研究表明，AT和VO_2/kg是CHD患者SYNTAX评分（SS）≥23的独立预测因子，基于CPET参数构建的列线图有助于预测CHD的严重程度，能为临床医生提供个性化的无创诊断方法进行有效评估和管理。但目前对CPET参数与CHD严重程度之间关系只是一个初步探索，均为小样本、单中心的研究，仍需要更大样本数据进一步证实。

4　评估药物及手术治疗对CHD患者心肺功能康复情况

CPET可以评估CHD的临床治疗效果。在一项关于他汀类药物对CHD患者运动耐量影响的研究[21]中显示，与服用阿托伐他汀的患者相比，经治疗后，瑞舒伐他汀组的Peak VO_2生长显著大于阿托伐他汀组[1.52±4.03 mL/kg/min vs 0.90 mL/kg/min（−1.60，3.45），$P<0.05$]，服用瑞舒伐他汀的CHD患者的运动耐量改善更为显著。这为CHD患者药物治疗提供了敏感有效的评估手段，依据药物效果评估，可辅助临床医师选取更合适的药物。国内学者邓维等[22]对12名健康个体及12名经冠脉造影确诊为CHD且计划行PCI治疗的患者进行了手术前后的心肺功能定量评估，采用CPET进行测试。结果表明，与术前相比，CHD患者的Peak VO_2、AT、Peak O_2pulse、峰值工作负荷和递增功率运动时间均有所提升，表明PCI治疗能够有效地促进冠心病患者心肺功能的改善。一项ORBITA试验的子研究[23]表明，在安慰剂对照组的PCI术后6周，O_2pulse平台的

存在预示着DSE(多巴酚丁胺负荷超声心动图)缺血的更大减少和心绞痛体力限制评分的更大改善,肯定了稳定型单支CHD患者的PCI疗效。再次验证了CPET作为评估临床治疗效果手段所具有的客观性、安全性及高效性。

5　CPET预测CHD患者的预后

CPET对于评估CHD患者的预后具有潜在的价值,Popovic等人[24]对40名行冠脉造影检查确诊CHD,且在两月内完成心肺运动测试的患者进行为期(32±10)个月的随访,直至出现不良心血管事件。结果显示,在随访期间,有0(0%)例死亡,6例(15%)心肌梗死,8(20%)住院,32例(80%)血运重建手术(CABG或PCI)。$VO_2/\Delta WR$与累积心血管事件发生(r=-0.46,P=0.01)相关,并被证明是显著预测因子。尽管该研究样本量较小,但初步显示了CPET在冠心病预后评估中的潜在价值,然而,这需要在更大规模的研究中进一步验证。此外,越来越多的研究表明,心肺功能(CRF)与全因死亡率和心血管死亡率呈明显负相关,Imboden等[25]的一项队列研究表明,与高CRF相比,低CRF与全因(95%CI:1.20~3.50,P<0.001)、CVD(95%CI:1.20~3.49,P<0.001)死亡率的高风险相关,且CRF每增加1 MET,全因死亡率与心血管疾病死亡率分别降低11.6%、16.1%。与此相似的是,一项大规模队列研究[26]进一步证实,与低CRF患者相比,高CRF冠心病患者的全因死亡风险较低(95%CI:0.26~0.41,P<0.001)。进一步研究证实,CRF每增加1 MET与冠心病患者全因死亡风险降低相关(95%CI:0.76~0.91,P<0.01)。综上所述,CPET作为预测冠心病患者不良预后的强大且有力的工具,对冠心病后续疾病管理具有重要意义。

6　CPET指导CHD患者运动处方的设计

心脏康复包含药物、运动、营养、心理(含睡眠管理)和患者教育(如戒烟、危险因素管理)五大处方,为心血管疾病患者提供全生命周期的综合性干预和风险控制[27]。其中,运动处方是心脏康复的核心内容,基于运动的心脏康复被认为是冠心病综合管理的关键组成部分,并且是国际指南中的Ⅰ类推荐A级证据[28]。近期一项Cochrane系统评价和荟萃分析[29]纳入23 430例冠心病患者的85项随机对照试验,证实以运动为核心的心脏康复方案能够有效地降低心血管疾病的死亡率、减少心脏事件的复发以及住院频次,并且显著提升冠心病患者的健康相关生活质量(HRQoL),同时心脏康复还具有成本效益。冠心病运动处方设计遵循FITT-VP原则[30]。运动种类主推有氧运动,辅以抗阻训练,柔韧性和平衡性训练则可用于热身和恢复阶段[31],其中,个体化且适宜的运动强度是保障运动治疗安全与效果的核心要素。临床常用的运动强度制定方法包括心率储备法、无氧阈测定法等,多数方法需借助运动负荷试验(如CPET)来收集相关参数[32]。根据EAPC在心脏康复中关于质量标准的立场声明,建议通过评估CPET期间的氧通气当量(VE/VO_2)和二氧化碳通气当量(VE/VCO_2与工作负荷(WR)关系的最低点来确定第一通气阈(VT1)和第二通气阈(VT2),进而确定运动强度。但如果因为条件限制不能确定VT,临床医生可以根据峰值工作负荷百分比(%WRpeak)或峰值心率百分比(%HRpeak)确定运动强度[33]。综上,CPET通过测定患者的peakVO_2、AT、WRpeak、HRpeak等指标,客观、定量地评估有氧运动能力和心肺储备功能,确定有氧运动强度,同时CPET还可检测运动相关不良反应,对患者进行危险分层,可为制定准确、安全的心脏康复运动处方提供重要依据。

7　总结与展望

心肺运动试验作为国内新兴技术,具有安全性高、客观性强、重复性高的特点,可全面、精准、定量地评估心肺功能,在心肺疾病领域已被广泛地推广和应用。随着心脏康复的逐步开展,心肺运动试验在冠心病研究中的重要性和潜力日益显现。尽管心肺运动试验目前仍面临价格昂贵、技术优化、操作标准化和数据解读等方面的挑战,但可以预见的是,随着国内外相关研究的不断深化、指南的持续更新以及设备与技术的日益完善,CPET在冠心病中的应用前景将更加广阔,将为患者提供更精准的诊断、个性化的治疗和康复方案,最终提高冠心病患者的预后和生活质量。

参考文献:

[1]葛均波,徐永健,王辰.内科学[M].9版.北京:人民卫生出版社,2018:150-261+725-786.

[2]RALAPANAWA U, SIVAKANESAN R. Epidemiology and the magnitude of coronary artery disease and acute coronary syndrome: A narrative review[J]. Journal of Epidemiology

and Global Health,2021,11(2):169-177.
[3]国家卫生健康委员会.中国卫生健康统计年鉴-2022[M].北京:中国协和医科大学出版社,2022.
[4]中华医学会心血管病学分会,中国康复医学会心肺预防与康复专业委员会,中华心血管病杂志编辑委员会,等.心肺运动试验临床规范应用中国专家共识[J].中华心血管病杂志,2022,50(10):973-986.
[5]李四维,徐浩,陈可冀.心肺运动试验在心脏康复评估中的应用[J].中国循环杂志,2017,32(4):331-333.
[6]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.
[7]BJARNASON-WEHRENS B,SCHMIDT T,SCHWAAB B. Cardiopulmonary exercise testing for exercise prescription in cardiac rehabilitation[J]. Herzschrittmachertherapie & Elektrophysiologie,2023,34(1):26-32.
[8]KAMINSKY L A, ARENA R, MYERS J. Reference standards for cardiorespiratory fitness measured with cardiopulmonary exercise testing: Data from the fitness registry and the importance of exercise national database[J]. Mayo Clinic Proceedings,2015,90(11):1515-1523.
[9]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.
[10]LETNES J M,DALEN H,VESTERBEKKMO E K,et al. Peak oxygen uptake and incident coronary heart disease in a healthy population:The HUNT fitness study[J]. European Heart Journal,2019,40(20):1633-1639.
[11]ZANNONI J, GUAZZI M, MILANI V, et al. Prognostic value of cardiopulmonary exercise testing in a European cohort with cardiovascular risk factors absent of a cardiovascular disease diagnosis[J]. International Journal of Cardiology, 2023,370:402-404.
[12]王双,纪美霞,崔福生.冠心病冠脉CT检测的应用效果及准确性探讨:评《冠心病CT检查和诊断中国专家共识》[J].中国实验方剂学杂志,2024,30(19):123.
[13]BELARDINELLI R, LACALAPRICE F, TIANO L, et al. Cardiopulmonary exercise testing is more accurate than ECG-stress testing in diagnosing myocardial ischemia in subjects with chest pain[J]. International Journal of Cardiology,2014,174(2):337-342.
[14]CHAUDHRY S, KUMAR N, BEHBAHANI H, et al. Abnormal heart-rate response during cardiopulmonary exercise testing identifies cardiac dysfunction in symptomatic patients with non-obstructive coronary artery disease[J]. International Journal of Cardiology,2017,228:114-121.
[15]MAZAHERI R, SHAKERIAN F, VASHEGHANI-FARAHANI A, et al. The usefulness of cardiopulmonary exercise testing in assessment of patients with suspected coronary artery disease[J]. Postgraduate Medical Journal, 2016,92(1088):328-332.
[16]朱珊雨,王曦,孙兴国.心肺运动试验用于冠心病诊断价值的临床研究[J].中国应用生理学杂志,2021,37(1):72-78.
[17]LI N, LIU J W, REN Y X, et al. Diagnostic value of the cardiopulmonary exercise test in coronary artery disease[J]. Journal of Thoracic Disease,2022,14(3):607-613.
[18]POPOVIC D, MARTIC D, DJORDJEVIC T, et al. Oxygen consumption and carbon-dioxide recovery kinetics in the prediction of coronary artery disease severity and outcome[J]. International Journal of Cardiology,2017,248:39-45.
[19]LIU W J, LIU X L, LIU T, et al. The value of cardiopulmonary exercise testing in predicting the severity of coronary artery disease[J]. Journal of Clinical Medicine, 2022,11(14):4170.
[20]WANG H M,WANG Y,WEI Q M,et al. Development and validation of a nomogram for predicting the severity of coronary artery disease based on cardiopulmonary exercise testing[J]. Clinical and Applied Thrombosis/Hemostasis, 2024,30:10760296241233562.
[21]LIU D,SHEN T,REN C,et al. The effects of atorvastatin and rosuvastatin on exercise tolerance in patients with coronary heart disease[J]. Expert Opinion on Drug Safety, 2020,19(9):1203-1208.
[22]邓维,孙兴国,郭志勇,等.心肺运动试验定量评估PCI前后心肺功能的临床研究[J].重庆医科大学学报,2019,44(5):668-673.
[23]GANESANANTHAN S,RAJKUMAR C A,FOLEY M,et al. Cardiopulmonary exercise testing and efficacy of percutaneous coronary intervention:A substudy of the *ORBITA* trial[J]. European Heart Journal,2022,43(33):3132-3145.
[24]POPOVIC D, GUAZZI M, JAKOVLJEVIC D G, et al. Quantification of coronary artery disease using different modalities of cardiopulmonary exercise testing [J]. International Journal of Cardiology,2019,285:11-13.
[25]IMBODEN M T, HARBER M P, WHALEY M H, et al. Cardiorespiratory fitness and mortality in healthy men and women[J]. Journal of the American College of Cardiology, 2018,72(19):2283-2292.
[26]EZZATVAR Y, IZQUIERDO M, NÚÑEZ J, et al. Cardiorespiratory fitness measured with cardiopulmonary exercise testing and mortality in patients with cardiovascular disease:A systematic review and meta-analysis[J]. Journal of Sport and Health Science,2021,10(6):609-619.

[27]袁丽霞,丁荣晶.中国心脏康复与二级预防指南解读[J].中国循环杂志,2019,34(S1):86-90.
[28]KNUUTI J. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes The Task Force for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes of the European Society of Cardiology (ESC)[J]. Russian Journal of Cardiology,2020,25(2):119-180.
[29]DIBBEN G O, FAULKNER J, OLDRIDGE N, et al. Exercise-based cardiac rehabilitation for coronary heart disease: A meta-analysis[J]. European Heart Journal, 2023,44(6):452-469.
[30]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].实用心脑肺血管病杂志,2019,27(11):1-5.
[31]中华医学会,中华医学会杂志社,中华医学会全科医学分会,等.冠心病心脏康复基层指南(2020年)[J].中华全科医师杂志,2021,20(2):150-165.
[32]张广有.《全国县级医院系列实用手册》在京首发[J].中华医学信息导报,2016,31(11):6.
[33]HANSEN D, ABREU A, AMBROSETTI M, et al. Exercise intensity assessment and prescription in cardiovascular rehabilitation and beyond: Why and how: A position statement from the secondary prevention and rehabilitation section of the European association of preventive cardiology[J]. European Journal of Preventive Cardiology, 2022, 29(1):230-245.

[收稿日期　2024-09-13;责任编辑　刘敏丽]

(上接第70页)

[53]PIJNENBURG M W. Exhaled nitric oxide predicts asthma relapse in children with clinical asthma remission[J]. Thorax,2005,60(3):215-218.
[54]MALMBERG L P, PELKONEN A S, HAAHTELA T, et al. Exhaled nitric oxide rather than lung function distinguishes preschool children with probable asthma.[J]. Thorax: The Journal of the British Thoracic Society, 2003, 58(6): 494-499.
[55]李宾,吴福玲,冯学斌,等.呼吸道合胞病毒毛细支气管炎与支气管哮喘的相关性研究[J].临床儿科杂志,2012,30(2):116-119.
[56]KUSEL M M H, DE KLERK N H, KEBADZE T, et al. Early-life respiratory viral infections, atopic sensitization, and risk of subsequent development of persistent asthma[J]. Journal of Allergy and Clinical Immunology, 2007, 119(5):1105-1110.
[57]徐文林,王爱敏,于桂玲,等.家庭环境及家庭功能与儿童哮喘自我管理水平的相关性研究[J].中华护理杂志,2014,49(11):1347-1352.
[58]罗茂红,来则民.家庭环境因素与儿童哮喘关系的病例对照研究[J].中国公共卫生,2002,(6):26-27.
[59]贾京晶,魏兵,李令雪,等.ADCY9基因与儿童支气管哮喘的易感性及环境交互作用分析[J].中国当代儿科杂志,2022,24(9):1027-1035.
[60]朱思宇,董晓艳,赵然.2型固有淋巴细胞参与儿童哮喘气道炎症的研究进展[J].国际儿科学杂志,2024,51(5):287-291.
[61]薛庆辉.miR-130α-3p通过靶向调节自噬相关蛋白7影响儿童支气管哮喘的Th1/Th2平衡和气道重塑[J].福建医科大学学报,2023,57(4):252-257.
[62]魏小玲,刘艳芹,薛敏,等.儿童哮喘诊断标准及预测工具的研究进展[J].中国实用医药,2024,19(7):173-176.
[63]张廷熹.第4讲:哮喘儿童吸入糖皮质激素的全身副作用[J].临床儿科杂志,2004,22(10):703-704.
[64]黄雯,蒲庆,马杰.基于环境改良的功能干预结合童趣化诱导对支气管哮喘患儿治疗配合度及疾病控制的影响[J].临床医学研究与实践,2024,9(8):154-157.

[收稿日期　2024-10-11;责任编辑　徐文梅]