

运动测试的最新推荐及应用

罗曦娟¹,王正珍²,张献博³,高瑞芳⁴,李博文⁵,李新⁶

摘要: 旨在为运动测试的推荐和实践提供最新、最权威的参考,对近年来有关运动测试新研究和权威推荐进行综述。发现运动测试具有广泛、重要的应用价值,但权威指南不再推荐运动测试作为运动前健康筛查流程的一部分,而应由有资质的专业人士根据不同人群的临床情况,依据权威指南对不同人群运动测试的最新推荐,权衡利弊进行个体化的运动测试推荐。同时,应认真进行运动测试前的风险筛查、影响因素评估,并严格按照流程进行测试以保障运动测试的安全性。

关键词: 运动测试;运动前健康筛查;体质健康;健康体适能;慢性疾病

中图分类号:G804 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2023)01-0037-08

DOI:10.12064/ssr.2022072801

The Latest Recommendations of Exercise Testing and Its Applications

LUO Xijuan¹, WANG Zhengzhen², ZHANG Xianbo³, GAO Ruifang⁴, LI Bowen⁵, LI Xin⁶

(1. Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, China; 2. Beijing Sport University, Beijing 100084, China; 3. Beijing Hospital, Beijing 100730, China; 4. Changzhou Sports Hospital, Changzhou 213022, China; 5. Nanjing Sport Institute, Nanjing 210014, China; 6. Chengdu Sport University, Chengdu 610041, China)

Abstract: In order to provide the latest and most authoritative reference for the recommendation and practice of exercise testing, this paper reviews literatures and authoritative recommendations on exercise testing in recent years. Exercise test has extensive and important application value, but authority guidelines recommend no longer exercise tests as part of the exercise preparticipation health screening process. A individualized exercise tests recommendation shall be conducted by qualified professionals according to the clinical situation of different people and the latest recommendations of exercise test for different people in authoritative guides. At the same time, risk screening and influencing factors assessment should be conducted carefully before exercise testing, and the test should be carried out in strict accordance with the process to ensure the safety of exercise testing.

Keywords: exercise test; exercise preparticipation health screening; physical fitness and health; physical fitness; chronic diseases

全球大量的证据已证明参加规律体力活动能够带来多种健康益处^[1],而运动测试的结果与整体健康和疾病状况^[2]密切相关,与运动能力、运动表现和日常生活活动能力亦密不可分,因此运动测试也成为以健康为目的的运动处方制定前评估运动安全性和运动能力的重要步骤。运动测试包括了心肺耐力、肌肉适能、柔韧性、平衡能力和功能测试等,具体测试内容随着研究和应用的进展在不断地发展和变化^[3]。运动测试中的心肺耐力测试通常包括健康体适能测评中的心肺耐力测试和临床运动测试,前者常用于非临床人群的心肺耐力评估,后者除了用于临床人

群的心肺耐力评估外,还可以用于诊断疾病、判断预后等,两者属于应用于不同人群、不同目的的 2 种心肺耐力测试。临床运动测试也常被称为临床递增负荷运动测试(Graded Exercise Test, GXT)、临床运动负荷测试(Exercise Stress Test, EST)或临床运动能力测试(Exercise Tolerance Test, ETT),当包括运动过程中的气体分析时,则被称为心肺运动测试(Cardiopulmonary Exercise Test, CPX 或 CPET)或运动代谢测试(Metabolic Exercise Test, MET)^[3],临床运动测试通常持续至个体出现体征(ST 段压低)或症状限制(如心绞痛、力竭)时的最大努力程度。

收稿日期: 2022-07-28

基金项目: 中山大学校级教学质量与教学改革工程项目(16300-12220011)。

第一作者简介: 罗曦娟,女,博士,副教授,硕士生导师。主要研究方向:运动处方。E-mail:2066128747@qq.com。

作者单位: 1. 中山大学,广东 广州 510275;2. 北京体育大学,北京 100084;3. 北京医院,北京 100730;4. 常州市体育医院,江苏 常州 213022;5. 南京体育学院,江苏 南京 210014;6. 成都体育学院,四川 成都 610041。

美国运动医学会(American College of Sports Medicine, ACSM)的运动测试推荐是在全球范围内的大量科学证据和实践的基础上,经过五十多年的反复归纳总结出的科学且实用的权威推荐,并在全球多个国家得到发展和应用。国内参考ACSM的推荐,结合国民体质和学生体质测试的多年实践和科研成果,以及近些年来在医疗卫生领域的实践成果,为不同人群在不同情况下给出有针对性的运动测试推荐^[3]。我国广泛用于实践的体质健康测试除针对普通健康人群的国民体质监测和学生体质监测(用于健康人群体质健康监测和大众筛查)外,近十年来在各种运动健身机构、健康管理机构、医院、社区甚至家庭都出现了很多针对不同年龄段的健康、疾病或疾病风险等人群的运动测试测评方法和工具,运动测试在国内得到了蓬勃的发展。然而,运动测试虽然能够一定程度地评估运动安全性和有效性,并评估个体的运动能力,但也比较耗时耗力,有些测试设备比较昂贵(如运动心电、气体分析仪等),还存在一定的管理风险(心肺耐力测试中出现的不良反应甚至心血管事件),这些都会阻碍一些急需通过运动促进健康的人开始运动。因此,近些年对开始运动前是否要进行运动测试,如何选择成本低、接受度高且能良好地实现测试目的的测试方法和方案等问题产生了激烈的争论,本文对相关的最新权威推荐^[1,4]进行综述,为运动测试的推荐和实践提供参考。

1 运动测试的应用价值

在运动前进行运动测试,可以使受试者了解自身健康或体适能(或体质健康)状况,确定合理的目标以促进运动参与,为运动处方的制定提供必要的数据,随访、评价运动处方执行效果。临床运动测试则可用于诊断疾病或异常生理反应的存在(如动脉粥样硬化性,心脏病隐匿症状)、判断预后(如不良事件的风险)、评估运动的生理反应(如血压和运动能力峰值)。因此,运动测试是制定和执行个体化运动方案的一个非常有用的工具,以往广泛推荐在开始运动前进行运动测试,但在最新的权威指南中,已出现了较大变化。

2 心肺耐力测试应用的最新推荐

2.1 可以不推荐进行心肺耐力测试的情况

虽然心肺耐力测试有重要的应用价值,也是制定运动处方前不可缺少的推荐。但最新的观点认为:针对不同的人群,应权衡利弊进行个体化的心肺耐

力测试推荐。因为除某些心肺耐力测试产生的经济压力和时间成本会成为个体开始运动的阻碍之外,近年来的一些相关证据证明:心肺耐力测试不是一个必须推荐的运动前筛查流程,因为它对无症状的个体发生急性心脏事件的预测能力较差^[5]。尽管心肺耐力测试可以通过诱发心电图缺血性ST段压低和/或心绞痛来探测血流限制性冠状动脉病变,但心源性猝死(Sudden Cardiac Death, SCD)和急性心肌梗死(Acute Myocardial Infarction, AMI)通常是由非阻塞性病变快速发展而来的^[6],用心肺耐力测试来预测无症状人群发病甚至猝死风险的意义有限。

另外,对于临床运动测试而言,目前的证据不支持在发病风险极低或低的无症状个体中常规使用临床运动测试(无论有没有影像学检查)来筛查动脉粥样硬化性心脏病(Ischemic Heart Disease, IHD)及其相关事件的风险^[7-9],因为临床运动测试用于低风险个体不够准确^[7,9-10];目前的证据也不支持在基于年龄、症状和性别预测的发病风险高的、诊断明确的个体中常规使用临床运动测试^[7]。在用临床运动测试筛查IHD时要注意:在服用洋地黄并伴有安静心电图ST段压低的个体,以及符合左心室肥大心电图标准并伴有安静心电图ST段压低的个体中,应用运动心电图来诊断IHD不够准确^[7];对于那些有预激综合征(W-P-W)、室性早搏、安静心电图ST段压低>1.0 mm或左束支传导阻滞(Left Bundle Branch Block, LBBB)的个体仅用运动心电图测试诊断IHD的作用也不大^[7]。

由于存在巨大的个体差异,针对不同的人群甚至个体,是否推荐心肺耐力测试,推荐怎样的心肺耐力测试也未有统一意见,有关用心肺耐力测试实现筛查目的临床价值的随机实验数据尚未见报道^[9,11],并不清楚对无症状的成年人进行心肺耐力测试是否能够降低早死或常见心源性死亡的风险^[12]。决策分析模型也证明,无论基线状态下个体风险如何,在开始一项运动方案前使用心肺耐力测试进行常规筛查是不合理的^[13]。

因此,权威指南不再推荐使用心肺耐力测试作为医学筛查的一部分,而是把决定权交给有资质的专业人士根据临床情况作出判断。也就是说,针对不同的人群,特别是无症状的个体,心肺耐力测试并不是必须的,但如果想要通过心肺耐力测试来评估运动能力、随访干预效果、制定个体化的运动处方,或用于临床目的,在征得个体同意并确认测试的适应症时也可以安排进行适当的测试。

2.2 临床运动测试的适应证

临床运动测试在应用于诊断疾病或异常生理反应的存在时,可用于对特定心脏疾病的诊断^[14-17];也可用于症状消退、ECG 正常、反映心肌损伤的酶没有变化的个体,以作为清晰界定临床诊疗途径的一种方法^[18]。临床运动测试还可以对胸痛症状进行评估,这种评估可应用于低至中度 IHD 风险并由医生适当筛选出的个体,可提高诊断急性冠脉综合征的准确性,并可能通过减少额外测试及缩短住院时间而减少护理费用^[18]。还有一些需要进行临床运动测试的适应证包括^[18-19]:评估各种肺部疾病(如慢性阻塞性肺病)、运动不耐受和不明原因的呼吸困难^[20]、运动诱发的支气管收缩^[21]、运动性心律失常^[7]、起搏器或心率对运动的反应^[7]、手术前风险评估^[16]、外周动脉病变性跛行^[22]、残疾评估^[20]以及身体活动咨询^[7,23]。

除了诊断,临床运动测试的数据还可用于预测预后。临床运动测试得到的心肺耐力(CRF)与健康人^[24-25],有 IHD 风险的个体^[23,25],以及与心脏病^[19-20,26]、心力衰竭^[19-20,27]和肺部疾病^[24,28]患者的死亡风险均呈反比关系^[9]。除 CRF 之外,临床运动测试的其他数据

(如临床运动测试期间或之后的变时反应^[18,29])也与预后相关。

此外,最大强度运动测试是客观测算运动能力的金标准,因此,临床运动测试还可以用于指导心血管事件后重返工作岗位并为心脏病患者开具运动处方^[7]。

2.3 未进行心肺耐力测试者心肺耐力的估算

心肺耐力通常与年龄和性别相关,而且 $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ 与它们的关系尤为明确,心肺耐力随着年龄的增长而下降,且男性高于女性。因此,在未进行心肺耐力测试时,如果需要评估心肺耐力,又不能进行测试时,可以根据年龄、性别、身高、体重等变量通过一些回归方程预测个体的心肺耐力^[19-20,30]。但应用时要注意,不同的公式适用人群和运动方式不同^[20,30-32],心肺耐力的表述形式也不同($\dot{V}O_{2\text{peak}}$ 或 METs),因此无法准确地确定哪个公式对于特定的个体是最合适的。使用最广泛的直接测量 $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ 的预测公式是由 Hansen 等^[33]研发的(表 1)。其他常用的年龄预测心肺耐力的回归方程见表 2。其中,男退伍军人和女性心脏研究的计算方法能够提供更好的男女性预后信息^[34]。

表 1 Hansen 等^[33]提出的 $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ 预测公式
Table 1 $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ equation predicted by Hansen et al^[33]

性别	方式	超负荷	预测 $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ (mL/kg/min) 公式
男性	自行车①	否	体重 × [50.72 - (0.372 × 年龄)]
		是	[0.79 × (身高 - 60.7)] × [50.72 - (0.372 × 年龄)]
	运动平板②	否	体重 × [56.36 - (0.413 × 年龄)]
		是	[0.79 × (身高 - 60.7)] × [56.36 - (0.413 × 年龄)]
女性	自行车①	否	(42.8 - 体重) × [22.78 - (0.17 × 年龄)]
		是	身高 × [14.81 - (0.11 × 年龄)]
	运动平板③	否	体重 × [44.37 - (0.413 × 年龄)]
		是	[0.79 × (身高 - 68.2)] × [44.37 - (0.413 × 年龄)]

注:①超负荷是 $Wt > [0.79 \times (Ht - 60.7)]$;②超负荷是 $Wt > [0.65 \times (Ht - 42.8)]$;③超负荷是 $Wt > [0.79 \times (Ht - 68.2)]$

表 2 年龄预测心肺耐力回归方程
Table 2 Age-predicted cardiorespiratory endurance regression equation

来源	适用人群	预测心肺耐力公式
国家心肺耐力注册及运动价值研究数据库(FRIEND) ^[30]		$\dot{V}O_{2\text{peak}} (\text{mL/kg/min}) = 45.2 - 0.35 \times \text{年龄} - 10.9 \times \text{性别} (\text{男性} = 1; \text{女性} = 2) - 0.15 \times \text{体重} (\text{磅}) + 0.68 \times \text{身高} (\text{英寸}) - 0.46 \times \text{运动方式} (\text{运动平板} = 1; \text{自行车} = 2)$
男性退伍军人 ^[35]	所有人	METs = 14.7 - 0.11 × 年龄
	活跃的人群	METs = 16.4 - 0.13 × 年龄
	静坐少动者	METs = 11.9 - 0.07 × 年龄
有医学或外科确诊疾病的患者 ^[36]	男性	$\dot{V}O_{2\text{peak}} (\text{mL/kg/min}) = 33.97 - 0.242 \times \text{年龄}$
	女性	$\dot{V}O_{2\text{peak}} (\text{mL/kg/min}) = 21.69 - 0.116 \times \text{年龄}$
女性心脏研究 ^[37]		METs = 14.7 - 0.13 × 年龄



2.4 心肺耐力测试的风险及管理

近四十年来,有多项研究阐述了心肺耐力测试中的风险,包括AMI、心室纤颤、住院治疗和死亡风险,这些数据表明,人群中心肺耐力测试的风险是很低的,约为6次/万次测试^[4]。即使是在最大强度运动测试中这种风险的发生率也很低,有研究发现,在健康个体中进行最大强度运动测试时,发生致命和非致命事件的风险分别为0.2~0.8次/万次测试和1.4次/万次测试^[38];目前的共识认为临床运动测试的事件发生率大概为1~2次/万次测试。然而,常用于非临床人群的次大强度运动测试的不良事件的风险可能更低,但尚没有相关数据支撑^[38]。

在心肺耐力测试的过程中,个体往往会进行较大幅度甚至最大强度的运动,这有可能诱发一些人群(如静坐少动或有隐匿性心血管疾病等人群)的心血管事件,因此,在进行心肺耐力测试之前,为提高测试的安全性,应该使用权威的筛查工具,如体力活动准备问卷(PAR-Q+)等,结合运动前健康筛查流程的权威推荐(如ACSM的运动前筛查流程^[4]),对要进行心肺耐力测试,特别是要进行最大强度运动测试的个体进行运动前健康筛查,并确认是否有临床运动测试禁忌证^[10],以及运动前健康筛查和医学评估过程中发现的心肺耐力测试时需要考虑的问题。然后签订心肺耐力测试的知情同意书,这无论是在健康体适能机构还是在临床机构,获得个体充分的知情同意从道德和法律的角度都是十分重要的,而且需要进行口头说明和解释并确保个体明确所有的问题。知情同意书的内容应包括:收集的个人信息及隐私保护;运动测试益处和风险的说明;按照运动处方进行运动的益处和风险;必须指出参与者可以随时退出。此外,当知情同意书用于研究目的时,应向个体说明,并在知情同意书上反映出来,应采用对应的策略,同时应得到伦理审查委员会的批准。

选择适合的测试方法、测试方案、监测指标和医务监督方案,按照规范的测试流程和操作手册进行测试,注意测试安全性、药物影响、测试终止指征、测试环境和设备的舒适性,在发生意外时严格按照书面的紧急事件处理规范执行,并对测试人员进行培训和反复演练。需要注意的是,临床运动测试的执行人员并不一定是医生,可以是经过专门培训并在监督下实施过一定数量(如50次^[39]或200次^[40])临床运动测试的有资质的专业人员,如运动处方师、护士、物理治疗师等,这能够节约人员费用并提高医生

的时间利用率^[41],而且由医生实施的最大强度运动测试与非医生实施的比较,相关的发病率和死亡率方面并没有差异^[41],但临床测试结果的解释仍然推荐由医生完成^[39,41],而且风险比较高的人群^[41]在进行临床运动测试时也应有医生在场。

3 肌肉适能、柔韧性和平衡能力测试的最新推荐

肌肉爆发力和平衡能力虽然尚未被纳入健康体适能的范畴,但随着年龄的增长,肌肉爆发力的下降速度比肌肉力量或肌肉耐力的下降速度更快^[42],这可能是预测功能独立性和提高生活质量的肌肉适能最有价值的指标^[43];而平衡训练可以降低运动员踝关节扭伤的风险^[44-45],并可预防跌倒^[46],因此,权威指南推荐在需要时进行肌肉爆发力和平衡能力的评估,特别是对老年人而言,这2项评估有利于老年人运动处方的制定。

肌肉爆发力的测评方法在年轻人群中推荐的是纵跳测试,这项测试在我国国民体质监测中也有推荐,在实践中可以参考使用国民体质监测中纵跳测试的测试方法和评价标准;在老年人中可以用传感器来精确测量其从坐姿快速转换到站姿时的相对功率来确定肌肉爆发力,但尚没有标准化的测试流程。而平衡能力的测试则可以选用静态或动态平衡测试仪进行测试,但如果条件有限,也可以使用平衡误差评分系统(Balance Error Scoring System,BESS)和Y平衡测试2种场地测试方法分别对静态和动态平衡能力进行测试^[4]。BESS是计算个体在3种不同姿势(双脚并排站立、非优势脚单脚站立、脚跟到脚趾的串联站立)下出现平衡误差的次数,每个姿势都要先闭眼在硬地板上完成,然后在泡沫垫上重复。Y平衡测试用于评估大学生运动员的受伤风险^[44],受试者用非支撑脚的脚趾尽可能地向前、后内侧和后外侧滑动可移动的滑块,形成一个“Y”形,测试一只脚保持平衡另一只脚可以达到的最远距离。

柔韧性测试仍然推荐测定特定关节的关节活动度(Range of Motion,ROM),但却不再推荐以往广泛使用的评估腰背部和腘绳肌柔韧性的坐位体前屈测试,有研究报道此测试与腰痛无关^[47],是否能衡量腘绳肌的柔韧性也待商榷^[48],且有效性存疑,因此权威指南^[4]建议直接测量ROM,而不采用包括坐位体前屈在内的间接测量方法进行测量。

4 特殊人群运动测试推荐的最新变化

近几年中,随着一些新的研究证据出现,权威机

构对特殊人群运动测试的选择和推荐也有了一些新的变化,比较突出的变化如下所述。

对功能受限的老人,推荐用可靠性已得到证明^[49]的 400 m 常规步幅测试来评估其移动能力。此外,还推荐将老年人的力量变化速度作为确定肌肉爆发力的一种手段^[50],并推荐了老年人体适能测试中的健康标准作为参考。

对于孕期妇女而言,不推荐进行最大强度临床运动测试,如果有必要进行次最大强度临床运动测试,应评估其运动禁忌证,并在医生监督下进行。

在心脏康复中,尽管开始心脏康复前进行症状限制性 GXT 有助于制定运动处方,但在临床实践中却很少对心脏康复患者进行运动前 GXT,在这种情况下,6 min 步行实验(6-MWT)或其他次大强度临床运动测试可以替代 GXT 进行运动能力和运动耐受性的测试^[51]。在没有进行 GXT 时,也可以使用 RPE 作为制定有氧和抗阻运动的实践指导工具^[52]。由于进行心脏移植的心力衰竭患者的运动耐受性可<50% 年龄预测正常值或 $\dot{V}O_2 < 12 \text{ mL/kg/min}$ ^[53-54],通常使用起始功率较低且每级功率增幅较小的运动方案,如改良 Naughton 跑台方案或 10 W/min 的斜坡功率车方案。

在慢性阻塞性肺疾病患者的运动测试中,推荐 6-MWT 和往返步行测试。在肺部康复中,6-MWT 是

一种广泛应用的安全、易行、耐受性良好的心肺功能评估方法^[55],能准确反映步行能力,有重要临床意义的平均最小距离差异为 30 m^[55]。递增往返步行试验(Incremental Shuttle Walk Test, ISWT)和耐力往返步行试验(Endurance Shuttle Walk Test, ESWT)也是肺部康复中评估心肺功能^[4]的可选方法。ISWT 是递增步频并测量超过 10 m 步行距离标记的症状限制性步行距离(与慢性肺病患者的 $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ 密切相关),模拟症状限制性 CPET,该测试也被证明是评估间质性肺病和哮喘患者功能能力的可靠、有效和敏感的测量方法。ESWT 是 ISWT 的衍生,即在测试的第二天,个体用 ISWT 评估的最大步行能力的特定百分比尽可能长地完成步行,这个测试测量的结果是总步行时间。

对于脑瘫儿童,推荐根据其粗大运动功能分级(GMFCS)推荐不同的运动测试(表 3)^[4],对其力量测试也给出了推荐。不推荐使用等速测力仪测试脑瘫儿童的等速肌力,而手持式测力计可用于评估处于 GMFCS I-III 水平的脑瘫儿童的等长肌力,但可靠性较差,尤其是在评估髋、膝、踝关节时。此外,1RM 测试很难在脑瘫儿童中进行,应使用多 RM 测试(如 8RM)更合适。功能性力量测试,如 30 s 坐站测试,对 GMFCS I-II 脑瘫儿童是可靠的,但对最大肌肉力量的变化可能不敏感。

表 3 脑瘫儿童运动测试推荐

Table 3 Recommended exercise test for children with cerebral palsy

运动测试	评估的体能	进一步评论
30 s Wingate 摆臂测试	无氧耐力和灵敏性	GMFCS III 级和 IV 级脑瘫儿童的可靠测试方法
20 s Wingate 功率车测试	无氧耐力和灵敏性	GMFCS I-II 级脑瘫儿童可行且可靠的测试方法
爆发力冲刺测试	无氧耐力	对使用自动驱动式轮椅的 GMFCS III-IV 脑瘫儿童的无氧运动能力的测试方法,有效且可靠 行走 / 跑步爆发力冲刺测试在 GMFCS I-II 级脑瘫儿童中是有效、可靠和可行的 脑瘫儿童的参考标准已发布
10 m 折返跑(SRT I 和 SRT II)	心肺功能	已为 GMFCS I-II 级脑瘫儿童开发了 2 种折返跑测试,与使用跑台测试心肺功能相比,方法可行、可靠且有效,脑瘫儿童的参考标准已发布
7.5 m 折返跑 / 步行测试	心肺功能	专为需要助行器具的儿童开发(GMFCS III),是衡量心肺功能的可靠测试方法
10 m 轮椅折返测试	心肺功能	专为使用手动轮椅的儿童开发的可行、有效和可靠的心肺功能测试

对智力残疾患者,不再限制其心肺耐力测试的方法,所有测试基本都是可行的,同时为其推荐了力量、柔韧、平衡和体成分测试的方案(表 4)^[4]。要注意的是,智力残疾患者心肺耐力明显较低,可能机制是自主神经功能障碍。这种自主神经功能障碍会导致心率调节能力下降,对运动的心率反应降低(变时功能不全,但证据并不确凿),因此,患者的最大心率通常比年龄预测最大心率低 25~30 次 / 分钟。

5 结论和建议

运动测试具有广泛、重要的应用价值,但权威指南不再推荐运动测试作为运动前健康筛查流程的一部分,而应由有资质的专业人士根据不同人群的临床情况,依据权威指南对不同人群运动测试的最新推荐,并结合客观应用条件,权衡利弊进行个体化的运动测试推荐。同时,应认真进行运动前健康筛查、影响因素评估,并严格按照流程进行测试以保障运动测试的安全性。



表4 智力残疾患者的推荐运动测试方案

Table4 Recommended exercise test program for patients with intellectual disabilities

运动类型	推荐测试方案
心肺功能	6 min 步行试验(6-MWT)
	折返跑测试
肌肉力量 / 使用器械,6RM 或 12RM	Rockport 一英里步行测试
	间断性最大跑台测试
耐力	1RM(适当情况下)
	智力残疾儿童的功能性力量测试(FSM-ID)
柔韧性	等长最大自主收缩(MVC)
	等速测试
平衡和动作技巧	使用量角器测试具体关节的活动度
身体测量与体成分	Bruininks-Oseretsky 运动能力测试 - 第二版(BOT-2)
	改良 Berg 平衡量表(mBBS)
体成分	青少年粗大运动发育测试(所有变化)
	静态平衡方案
体重指数(BMI)	
腰围(WC)	
皮褶厚度	
空气体积描记法	
双能 X 光吸收测定法(DEXA)	

参考文献:

- [1] U.S. Department of Health and Human Services. Physical activity guidelines for Americans [EB/OL]. [2019-03-01]. <https://health.gov/paguidelines/second-edition/>.
- [2] EIJSVOGELS T M, THOMPSON P D. Exercise is medicine: At any dose? [J]. JAMA, 2015, 314(18):1915-1916.
- [3] 王正珍,徐峻华.运动处方[M].北京:高等教育出版社,2021.
- [4] GARY L. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription [M]. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2021.
- [5] VAN DE SANDE D A, BREUER M A, KEMPS H M. Utility of exercise electrocardiography in preparticipation screening in asymptomatic athletes: A systematic review [J]. Sports Medicine, 2016, 46(8):1155-1164.
- [6] THOMPSON P D, FRANKLIN B A, BALADY G J, et al. Exercise and acute cardiovascular events placing the risks into perspective: A scientific statement from the American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism and the Council on Clinical Cardiology[J]. Circulation, 2007, 115(17):2358-68.
- [7] GIBBONS R J, BALADY G J, BRICKER J T, et al. ACC/AHA 2002 guideline update for exercise testing: Summary article. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1997 Ex-ercise Testing Guidelines)[J]. Circulation, 2002: 1883-1892.
- [8] CHOU R, ARORA B, DANA T, et al. Screening asymptomatic adults with resting or exercise electrocardiography: A review of the evidence for the U.S. Preventive Services Task Force [J]. Annals of Internal Medicine, 2011, 155(6):375-385.
- [9] MOYER VA, U.S. PREVENTIVE SERVICES TASK FORCE. Screening for coronary heart disease with electrocardiography: U.S. Preventive Services Task Force recommendation statement [J]. Annals of Internal Medicine, 2012, 157(7): 512-518.
- [10] FLETCHER GERALD F, ADES PHILIP A, PAUL K, et al. Exercise standards for testing and training: A scientific statement from the American Heart Association [J]. Circulation, 2013, 128(8):873-934.
- [11] GREENLAND P, ALPERT J S, BELLER G A, et al. 2010 ACCF/AHA guideline for assessment of cardiovascular risk in asymptomatic adults: A report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines [J]. Circulation, 2010, 122(25):2748-2764.
- [12] MICHAEL L, SIVARAJAN F E, MARK W, et al. Exercise testing in asymptomatic adults: A statement for professionals from the American Heart Association Council on Clinical Cardiology, Subcommittee on Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention[J]. Circulation, 2005, 112(5):771-776.
- [13] LAHAV D, LESHNO M, BREZIS M. Is an exercise tolerance test indicated before beginning regular exercise? A decision analysis[J]. Journal of General Internal Medicine, 2009, 24(8):934-938.
- [14] PHYSICIANS A, O'GARA P T, KUSHNER F G, et al. 2013 ACCF/AHA guideline for the management of ST-elevation myocardial infarction: A report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines[J]. Journal of the American College of Cardiology, 2013, 61 (4):e78-e140.
- [15] AMSTERDAM E A, WENGER N K, BRINDIS R G, et al. 2014 AHA/ACC guideline for the management of patients with non-ST-elevation acute coronary syndromes: Executive summary: A report of the American college of cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines [J]. Circulation, 2014, 130 (25):2354-2394.
- [16] FLEISHER L A, FLEISCHMANN K E, AUERBACH A D, et al. 2014 ACC/AHA guideline on perioperative cardiovascular evaluation and management of patients

- undergoing noncardiac surgery: Executive summary: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines[J]. Circulation, 2014, 130(24): 2215-2245.
- [17] NISHIMURA R A, OTTO C M, BONOW R O, et al. 2014 AHA/ACC guideline for the management of patients with valvular heart disease: Executive summary: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines [J]. Journal of the American College of Cardiology, 2014, 63(22):2438-2488.
- [18] AMSTERDAM EZRA A, DOUGLAS K J, BLUERMKE DAVID A, et al. Testing of low-risk patients presenting to the emergency department with chest pain: A scientific statement from the American Heart Association [J]. Circulation, 2010, 122(17):1756-76.
- [19] AMERICAN THORACIC SOCIETY. American College of Chest Physicians, ATS/ACCP statement on cardiopulmonary exercise testing [J]. The American Review of Respiratory Disease, 2003, 167(2):211-277.
- [20] BALADY GARY J, ROSS A, KATHY S, 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.
- [21] PARSONS J P, HALLSTRAND T S, MASTRONARDE J G, et al. An official American Thoracic Society clinical practice guideline: exercise-induced bronchoconstriction [J]. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 2013, 187 (9):1016-1027.
- [22] ROOKE T W, HIRSCH A T, MISRA S, et al. Management of patients with peripheral artery disease (compilation of 2005 and 2011 ACCF/AHA Guideline Recommendations): A report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines [J]. Journal of the American College of Cardiology, 2013, 61 (14):1555-1570.
- [23] ROBERT R, BLAIR STEVEN N, ROSS A, et al. Importance of assessing cardiorespiratory fitness in clinical practice: A case for fitness as a clinical vital sign: A scientific statement from the American heart association [J]. Circulation, 2016, 134(24): e653-e699.
- [24] ROSS A, JONATHAN M, WILLIAMS MARK A, et al. Assessment of functional capacity in clinical and research settings: A scientific statement from the American Heart Association Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention of the Council on Clinical Cardiology and the Council on Cardiovascular Nursing [J]. Circulation, 2007, 116(3):329-343.
- [25] MYERS J, PRAKASH M, FROELICHER V, et al. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing [J]. New England Journal of Medicine, 2002, 346(11):793-801.
- [26] KETEYIAN S J, BRAWNER C A, SAVAGE P D, et al. Peak aerobic capacity predicts prognosis in patients with coronary heart disease [J]. American Heart Journal, 2008, 156(2):292-300.
- [27] MYERS J, ARENA R, CAHALIN L, et al. Cardiopulmonary exercise testing in heart failure[J]. Current Problems in Cardiology, 2015, 40:322-372.
- [28] BRUBAKER PETER H, KITZMAN DALANE W. Chronotropic incompetence: Causes, consequences, and management[J]. Circulation, 2011, 123(9):1010-20.
- [29] LACHMAN S, TERBRAAK M S, LIMPENS J, et al. The prognostic value of heart rate recovery in patients with coronary artery disease: A systematic review and meta-analysis [J]. American Heart Journal, 2018, 199: 163-169.
- [30] DE SOUZA E SILVA C G, KAMINSKY L A, ARENA R, et al. A reference equation for maximal aerobic power for treadmill and cycle ergometer exercise testing: Analysis from the FRIEND registry [J]. European Journal of Preventive Cardiology, 2018, 25(7):742-750.
- [31] PAAP D, TAKKEN T. Reference values for cardiopulmonary exercise testing in healthy adults: A systematic review [J]. Expert Review of Cardiovascular Therapy, 2014, 12(12):1439-1453.
- [32] DEBEAUMONT D, TARDIF C, FOLOPE V, et al. A specific prediction equation is necessary to estimate peak oxygen uptake in obese patients with metabolic syndrome [J]. Journal of Endocrinological Investigation, 2016, 39(6):635-42.
- [33] HANSEN J E, SUE D Y, WASSERMAN K. Predicted values for clinical exercise testing[J]. American Review of Respiratory Disease, 1984, 129(2 Pt 2):49-55.
- [34] KIM E S, ISHWARAN H, BLACKSTONE E, et al. External prognostic validations and comparisons of age- and gender-adjusted exercise capacity predictions [J]. Journal of the American College of Cardiology, 2007, 50(19):1867-1875.
- [35] MORRIS C K, MYERS J, FROELICHER V F, et al. Nomogram based on metabolic equivalents and age for assessing aerobic exercise capacity in men[J]. Journal of the American College of Cardiology, 1993, 22 (1): 175-182.
- [36] ADES PHILIP A, SAVAGE PATRICK D, BRAWNER CLINTON A, et al. Aerobic capacity in patients enter-



- ing cardiac rehabilitation[J]. Circulation, 2006, 113(23): 2706-2712.
- [37] GULATI M, BLACK H R, SHAW L J, et al. The prognostic value of a nomogram for exercise capacity in women [J]. New England Journal of Medicine, 2005, 353(5):468-475.
- [38] GOODMAN J M, THOMAS S G, BURR J. Evidence-based risk assessment and recommendations for exercise testing and physical activity clearance in apparently healthy individuals [J]. Applied Physiology Nutrition & Metabolism, 2011, 36(Suppl 1):S14-S32.
- [39] RODGERS G P, AYANIAN J Z, BALADY G, et al. American College of Cardiology/American Heart Association Clinical Competence statement on stress testing. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association/American College of Physicians-American Society of Internal Medicine Task Force on Clinical Competence [J]. Circulation, 2000; 102 (14): 1726-1738.
- [40] MYERS J, VOODI L, UMANN T, et al. A survey of exercise testing: Methods, utilization, interpretation, and safety in the VAHCS [J]. Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation, 2000, 20(4):251-258.
- [41] JONATHAN M, FORMAN DANIEL E, BALADY GARY J, et al. Supervision of exercise testing by non-physicians: A scientific statement from the American Heart Association[J]. Circulation, 2014, 130(12):1014-1027.
- [42] REID KIERAN F, FIELDING ROGER A. Skeletal muscle power: A critical determinant of physical functioning in older adults[J]. Exercise and Sport Sciences Reviews, 2012, 40(1):4-12.
- [43] JEFFREY K, JACK R W, ANTHONY M. Enhancing quality of life in older adults: A comparison of muscular strength and power training [J]. Health and Quality of Life Outcomes, 2008, 6(1):45.
- [44] HARTLEY E M, HOCH M C, BOLING M C. Y-balance test performance and BMI are associated with ankle sprain injury in collegiate male athletes [J]. Journal of Science and Medicine in Sport, 2018, 21(7):676-680.
- [45] HÜBSCHER M, ZECH A, PFEIFER K, et al. Neuromuscular training for sports injury prevention: A systematic review [J]. Medicine & Science in Sports & Exercise, 2010, 42(3):413-421.
- [46] GARBER C E, BLISSMER B, DESCHENES M R, et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise [J]. Medicine and science in sports and exercise, 2011, 43(7):1334-1359.
- [47] GRENIER S G, RUSSELL C, MCGILL S M. Relationships between lumbar flexibility, sit-and-reach test, and a previous history of low back discomfort in industrial workers [J]. Canadian Journal of Physiology, 2003, 28 (2):165-177.
- [48] MUYOR J M, VAQUERO-CRISTÓBAL R, ALACID F, et al. Criterion-related validity of sit-and-reach and toe-touch tests as a measure of hamstring extensibility in athletes [J]. Journal of Strength & Conditioning Research, 2014, 28(2):546-555.
- [49] STUDENSKI S, PERERA S, PATEL K, et al. Gait speed and survival in older adults[J]. JAMA, 2011, 305 (1):50-58.
- [50] ROLLAND Y M, CESARI M, MILLER M E, et al. Reliability of the 400-m usual-pace walk test as an assessment of mobility limitation in older adults[J]. Journal of the American Geriatrics Society, 2004, 52(6):972-976.
- [51] American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. The continuum of care: From inpatient and outpatient cardiac rehabilitation to long-term secondary prevention. In: Guidelines for Cardiac Rehabilitation and Secondary Prevention Programs [M]. 5th ed. Champaign (IL): Human Kinetics, 2013.
- [52] SQUIRES RAY W, KAMINSKY LEONARD A, PORCARO JOHN P, et al. Progression of exercise training in early outpatient cardiac rehabilitation: An official statement from the American association of cardiovascular and pulmonary rehabilitation[J]. Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention, 2018, 38(3):139-146.
- [53] FANG J C, EWALD G A, ALLEN L A, et al. Advanced (stage D) heart failure: A statement from the Heart Failure Society of America Guidelines Committee [J]. Journal of cardiac failure, 2015, 21(6):519-534.
- [54] MEHRA M R, CANTER C E, HANNAN M M, et al. The 2016 International Society for Heart Lung Transplantation listing criteria for heart transplantation: A 10-year update [J]. Journal of Heart & Lung Transplantation, 2016, 35(1):1-23.
- [55] HOLLAND ANNE E, SPRUIT MARTIJN A, THIERRY T, et al. An official European Respiratory Society/American Thoracic Society technical standard: Field walking tests in chronic respiratory disease [J]. The European Respiratory Journal, 2014, 44(6):1428-1446.

(责任编辑:刘畅)