

6 分钟步行试验在儿童慢性疾病中的应用

谷加丽 姜珍珍 鲍燕敏 刘晓莉 黄璐 (通讯作者)

深圳市儿童医院呼吸科, 广东 深圳 518026

摘要: 6 分钟步行试验(6-minute walk test, 6MWT)是一种亚极量运动试验, 目的是观察受试者在规定的时间内行走的距离。目前在临床上, 6MWT 已在评估患者心肺功能、运动耐量、医疗干预效果和疾病预后等领域得到广泛应用, 它具有良好的实用性与有效性。为让广大医务工作者对 6MWT 在儿童慢性疾病中应用的有效性与适用性有更深入的了解, 本文将从 6MWT 的应用指征、操作流程、影响因素、正常参考值、临床应用、局限性和质量控制等方面进行综述。

关键词: 6 分钟步行试验; 儿童; 操作流程; 临床应用

6 分钟步行试验(6-minute walking test, 6MWT)是指受试者在平坦的地面上快速行走, 测量其在 6 分钟之内行走的距离(6-minute walk distance, 6MWD), 并记录受试者的呼吸频率、心率、血压、血氧饱和度和呼吸困难程度等, 是经过不断实践和改进提出的。虽然目前临床上评估心肺功能和运动耐量的金标准是心肺运动试验(cardiopulmonary exercise testing, CPET), 但它是极量运动, 需要特殊仪器, 而且风险高、价格昂贵、操作复杂、需要专业人员操作, 另外对受试者要求也高(年龄 ≥ 6 岁且配合度好, 如运动装置为功率场车建议身高 $\geq 120\text{cm}$)^[1]。然而日常活动状态是亚极量运动, 因此 6MWT 可以更好的反映日常活动水平下心肺功能和运动耐量, 而且安全性高、操作简单、不需要复杂的设备, 受试者要求不高(≥ 3 岁且配合度好)。为此本文将 6MWT 在儿童中的应用进行综述。

1 应用指征

1.1 适应证

表 1 6MWT 的适应证

分类	适应证
心血管系统疾病	肺动脉高压、慢性心力衰竭、先天性心脏病、扩张型心肌病等;
呼吸系统疾病	哮喘、囊性纤维化、闭塞性细支气管炎、原发性纤毛运动障碍、慢性阻塞性肺疾病、间质性肺病、支气管扩张症等;
神经系统疾病	Duchenne 型肌营养不良症、脊髓性肌萎缩症、脑瘫、庞贝病、脊柱裂等;
手术后	造血干细胞移植术后、先天性心脏病术后、心肺移植、肝脏移植、肺部手术后、腹部手术后等;
其他	健康儿童、幼年特发性关节炎、儿童纤维肌痛综合征、慢性肾脏疾病、脊髓灰质炎、白血病、血友病、镰状细胞贫血、肥胖症、黏多糖贮积症、特发性脊柱侧凸等。

主要用于评估健康受试者或慢性疾病患者的功能性

运动能力、医疗干预疗效以及预后评估。6MWT 适应证并不局限于表 1 中所列的疾病^[2-5]。

1.2 禁忌证

多数文献表明^[6-7], 无论是成人还是儿童, 6MWT 安全性高, 与 6MWT 相关的不良事件并不常见。6MWT 的禁忌证见表 2。

表 2 6MWT 的禁忌证

分类	禁忌证
绝对禁忌证	急性心力衰竭、急性心肌炎、心包炎或心内膜炎、急性主动脉夹层、重度主动脉瓣狭窄、未控制的急性冠状动脉综合征、严重主动脉缩窄或降主动脉瘤、有症状或血流动力学不稳定的心律失常、急性肺栓塞及肺梗死、急性呼吸衰竭、未控制的哮喘、急性感染性疾病、急性下肢深静脉血栓、急性肝肾衰竭、精神异常不能配合者
相对禁忌证	严重的肺动脉高压、未控制的高血压(儿童不同年龄不同)、缓慢性心律失常、高度及 III 度房室传导阻滞、肥厚型梗阻性心肌病、无明显症状的中至重度主动脉瓣狭窄、心房内血栓、严重的呼吸困难和胸痛、严重肺部疾病伴静息时 $\text{SpO}_2 < 90\%$ 、严重的神经疾病或周围血管病、严重贫血、电解质紊乱、甲状腺功能亢进、行走困难者

2 操作流程

2.1 场地

选择一条笔直的长度 30 m 的走廊, 每隔 3m 做一个标记。两端的折返点用圆锥体标记。

国内外研究报道^[3-5,7-10], 对于走廊长度的选择不等, 范围 8~70m, 但参与者在 30 米的走廊上走的距离更长, 因此大多数研究选择 ATS 建议的 30 米走廊^[3,5,9]。

2.2 所需设备

血压计; 经皮血氧仪; 计时器; 计数器; 椅子; 锥体物; 6MWT 记录单; 改良的 Borg 量表(0~10 级); 抢救设备(抢救车、除颤仪、供氧设备等)。有条件的医院或针对高风险受试者, 建议使用穿戴式监护设备进行

6MWT。

2.3 测试者要求

完成 6MWT 课程培训和掌握心肺复苏技术的医师、护士或治疗师。高危受试者测试时，建议医生与测试者共同完成。

2.4 受试者准备

- (1) 病情稳定；
- (2) 试验前 2 小时内请勿进行剧烈运动，餐后 2~3 小时测试为宜；
- (3) 穿着舒适的衣物和适宜行走的鞋子；
- (4) 受试者测试过程中可以继续使用平时步行需要的辅助器械（如拐杖、助步器、便携式吸氧设备等）。

2.5 操作流程

操作流程应遵循 2002 年，美国胸科协会(American Thoracic Society,ATS)发表了 6MWT 的临床应用指南(简称，ATS 指南)^[11]。

6 分钟步行试验操作流程分 2 个阶段：准备阶段、测试阶段，具体见流程图 1~2。

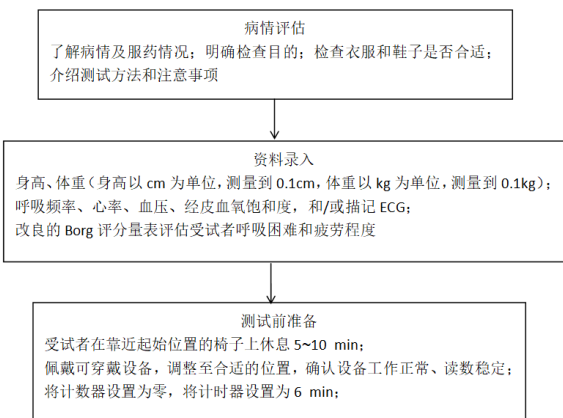


图 1 6 分钟步行试验操作流程准备阶段

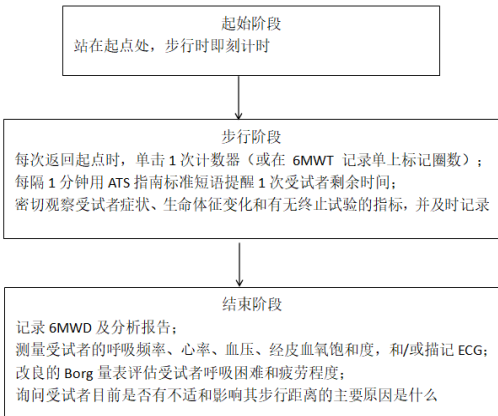


图 2 6 分钟步行试验操作流程测试阶段

测试过程中如出现以下情况时需立即停止测试, 尽快

让受试者取坐位或卧位，同时监测生命体征，必要时积极采取进一步的医学处置，见表 3。

表 3 终止指标

累及系统	症状
呼吸系统	疲劳、颜面苍白、气促、呼吸困难、胸闷、胸痛、冷汗、外周 $SpO_2 \leq 85\%$
心血管系统	心电监护提示严重心律失常（如频发室性早搏、短阵室性心动过速等）；血压下降 $\geq 10 \text{ mmHg}$ ($1 \text{ mmHg}=0.133 \text{ kPa}$)；
其他	骨骼肌疼痛、肌挛缩、步伐蹒跚；拒绝继续试验

3 影响因素

6MWT 的结果可能受到各种因素的影响^[4,8]，其中身高是 6MWD 的最佳预测因子。具体见表 4。

表 4 影响 6MWD 的因素

6MWD 结果	影响因素
6MWD 降低	身材矮小，女性，肥胖，久坐，缺乏积极性、抑郁，较短的走廊，不合适的鞋，认知功能障碍，配合度欠佳，慢性心肺疾病，慢性肌肉骨骼疾病，移植术后等
6MWD 增加	身材高大，男性，大龄儿童，积极性强（测试过程中的鼓励），理解能力强，给运动中出现低氧血症的受试者补充氧等

4 正常参考值

6MWD 是 6MWT 的主要结果，通常用绝对值或绝对值与预测值的百分比表示。目前多数研究采用绝对值。

健康成年人的 6MWD 在 $400\sim 700 \text{ m}$ ^[9]，儿童目前尚未建立统一的正常参考值范围。由于不同种族、环境和地理背景的影响，6MWT 在儿童和青少年中的参考值在不同国家研究中存在较大的差异^[8,10]。目前多采用 Geiger^[8]和 Saad^[10]的计算公式，见表 5。

表 5 6MWD 预测公式

研究者	年龄 (岁)	预测公式
Geiger et al.	3~18	男性: $196.72 + 39.81 \times \text{age}(y) - 1.36 \times \text{age}(y)^2 + 132.28 \times \text{height}(m)$
		女性: $188.61 + 51.50 \times \text{age}(y) - 1.86 \times \text{age}(y)^2 + 86.10 \times \text{height}(m)$
Saad et al.	6~16	$56.32 + 4.63 \times \text{height}(cm) - 3.53 \times \text{weight}(kg) + 10.42 \times \text{age}(y)$

注: $\text{age}(y)$: 年龄 (岁); $\text{height}(m)$: 身高 (米); $\text{height}(cm)$: 身高 (厘米); $\text{weight}(kg)$: 体重 (千克)

5 临床应用

6MWT 反映日常生活中的整体功能状态，主要用于评估各种慢性疾病患者的心肺功能及运动功能，尤其是无法执行心肺运动试验的 6 岁以下的儿童。其中评估治疗干

预后 6MWD 的变化达到多少对患者具有临床意义时,最小临床重要差异值(minimal clinically important difference, MCID)是常用指标,它反映了因患者功能改善或恶化所引发的 6MWD 变化的最小值。儿童主要临床应用如下:

5.1 心血管系统疾病

5.1.1 肺动脉高压(Pulmonary arterial hypertension, PAH)

PAH 患者因呼吸肌和骨骼肌肌力降低及运动不耐受,导致 6MWD 明显低于健康人^[12-13]。在 6MWT 测试过程中,血氧饱和度明显降低的 PAH 患者死亡率更高。Rasekaba T 等人报道^[14],6MWT 中 SpO₂ 每下降 1%,特发性肺动脉高压患者死亡风险增加 26%。因此,6MWT 可作为评估疾病严重程度、功能性运动能力、衡量治疗效果的一种最佳指标,而且它是儿童 PAH 预后的独立预测因子^[12-13]。

5.1.2 慢性心力衰竭(Chronic heart failure, CHF)

文献报道^[15],6MWT 对中到重度心肺功能不全和无法进行心肺运动试验的患者最具有价值,有利于对其损伤程度进行分级。重复测试可以帮助评估疾病进展情况和医疗干预治疗效果,或制定运动康复处方。2005 年美国心脏病学会(american college of cardiology, ACC)和美国心脏协会(american heart association, AHA)将 6MWT 作为评估 CHF 患者心功能的一项指标^[16]。

5.1.3 先天性心脏病(Congenital heart disease, CHD)

绝大多数 CHD 患者长期处于家庭和社会的“过度保护”下,出现运动能力和心肺功能降低,6MWD 与健康人相比明显缩短。Ruixue Qi 等人^[17],研究 50 例≤18 岁高原地区先心病患者围手术期运动对心肺耐力的影响发现,术后早期运动可显著提高运动耐力和心肺功能,同时 6MWD 也越长。

5.2 呼吸系统疾病

5.2.1 支气管哮喘

哮喘儿童由于缺乏体育运动导致 6MWD 降低,文献报道^[18],久坐的孩子最差。

另外,轻度与中度哮喘患者长期规律的有氧运动具有一定抗炎作用,亦可增强肺功能和呼吸肌肌力,改善其运动能力和临床症状,实现哮喘的有效控制,因此,6MWT 可作为评估支气管哮喘儿童的功能能力和监测控制效果的工具^[19]。

5.2.2 囊性纤维化(Cystic fibrosis, CF)

CF 是慢性阻塞性气道疾病,由于呼吸肌肉功能障碍导致 6MWD 明显缩短。文献报道^[20],6MWT 是评估 CF 患者功能性运动能力和预后的一种可重复且可靠的试验,且

体力活动被推荐作为 CF 患者的治疗措施,可产生显著的益处。

M á rcio V F Donadio 等人研究了 26 例 6~18 岁的 CF 患者 6MWD 与肺部加重住院风险的相关性发现,6MWD 与住院总天数呈负相关,表明功能能力越低,住院需求越大^[5]。Rubinowicz 等人连续 4 年对肺部非急性加重的 CF 患儿进行 6MWT,发现在 6MWT 测试过程中有明显的氧饱和度降低^[21]。

据报道^[7],成人 CF 患者 6 分钟步行距离的 MCID 为 30 米,儿童未见相关报道。

5.3 神经系统疾病

5.3.1 Duchenne 型肌营养不良(Duchenne muscular dystrophy, DMD)

DMD 是一种致死性 X 连锁隐性遗传性肌病,临床表现为进行性肌无力,因此,DMD 患者的 6MWD 各年龄段均低于健康儿童。

既往报道^[7,22],6MWT 已广泛应用于 DMD 患者的运动功能评估和评价药物疗效的临床终点,具有良好的准确性、可重复性、可行性和耐受性。

5.3.2 脊髓性肌萎缩症(Spinal muscular atrophy, SMA)

SMA 是一种由基因决定的运动神经元疾病,临床表现为近端肢体和躯干进行性、对称性肌无力和肌萎缩,导致 6MWD 降低。文献报道^[23-24],6MWT 已被用于评估 SMA 临床意义终点的指标,具有量化功能耐力和变化敏感性的能力,这是 SMA 所独有的。

6 局限性

6MWT 的局限性:(1)无法直接测定峰值摄氧量;(2)运动耐量下降的原因和机制尚不明确;(3)测试结果缺乏诊断特异性;(4)测试结果易受多种因素的干扰:如患者年龄、性别、身高、体重、走廊长度、样本量大小以及测试过程中的积极性、配合度、鼓励方式和是否吸氧等。因此,6MWT 必须严格遵循操作规范进行,从而减少发生误差的概率。

7 质量控制

测试者应接受 6MWT 和心肺复苏的专业培训。为确保检查执行的一致性,建议每 6 个月开展 1 次质量控制。质量控制包括以下几个方面:(1)测试者对操作流程的熟悉程度;(2)是否使用标准化用语;(3)操作过程是否规范;(4)抢救措施是否准备充分等。

因此,6MWT 可以作为心肺运动试验的一种替代方案,具有简单、安全、操作方便的特点,可以更好的评估

患者日常生活的功能状态。

参考文献:

- [1]中华医学会变态反应分会儿童过敏和哮喘学组,中华医学会儿科学分会呼吸学组肺功能协作组,中国人体健康科技促进会儿童变态反应专业委员会.心肺运动试验在儿童呼吸系统疾病中的应用专家共识[J].中华实用儿科临床杂志,2024,39(11):814-823.
- [2]Qaasim Mian , Dax G Rumsey , Olaf Verschuren ,et al. Reference Values for the Six Minute Walk Test in Children with Juvenile Idiopathic Arthritis[J].Phys Occup Ther Pediatr.2022,42(2):187-197.
- [3]Gur M, Masarweh K, Toukan Y, et al. Six-minute walk, lung clearance index, and QOL in bronchiolitis obliterans and cystic fibrosis. *Pediatric Pulmonology*[J].2019,54(4):451-456.
- [4]Giuliana Valerio,Maria Rosaria Licenziati,Paola Tortorelli,et al. Lower Performance in the Six-Minute Walk Test in Obese Youth With Cardiometabolic Risk Clustering[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*.2018,9:701.
- [5]Donadio MVF, Heinzmann-Filho JP, Vendrusculo FM, et al. Six-minute walk test results predict risk of hospitalization for youths with cystic fibrosis: a 5-year follow-up study[J]. *J Pediatr*.2017,182:204-209.e1.
- [6]Afzal S, Burge AT, Lee AL, et al. Should the 6-minute walk test be stopped if oxyhemoglobin saturation falls below 80% ?[J]. *Arch Phys Med Rehabil*,2018,99(11):2370-2372.
- [7]Dunaway Young S, Montes J, Kramer SS, et al. Six-minute walk test is reliable and valid in spinal muscular atrophy[J].*Muscle Nerve*.2016,54(5):836-842.
- [8]Geiger R,Strasak A,Treml B,et al.Six-minute walk test in children and adolescents[J]. *J Pediatr*,2007,150(4):395-399.e1-2.
- [9]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.六分钟步行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(5):432-442.
- [10]Saad HB, Prefaut C, Missaoui R, et al. Reference equation for 6-min walk distance in healthy North African children 6-16 years old [J]. *Pediatr Pulmonol*. 2009,44(4):316-324.
- [11]American Thoracic Society statement:guidelines for the six-minute walk test[J].*Am J Respir Crit Care Med*. 2002,166:111-117.
- [12]Kavgacı A, Kula S, Berber Maraşlı E, et al.Evaluation of handgrip strength in children with pulmonary hypertension[J]. *Cardiol Young*.2024,page 1-5.
- [13]Rosenzweig E, Villeda GAV, Crook S,et al. Efficacy of a commercial physical activity monitor in longitudinal tracking of patients with pulmonary hypertension: a pilot study[J]. *Tex Heart Inst J*. 2023;50(5):e227866.
- [14]Rasekaba T, Lee AL, Naughton MT, et al. The six-minute walk test: a useful metric for the cardiopulmonary patient[J]. *Intern Med J*.2009,39(8):495-501.
- [15]杨敏.6 min 步行训练在慢性心力衰竭儿童康复护理中的应用[J].全科护理.2018,16(21):2646-2647.
- [16]Hunt,SA,Abraham WT,Chin MH,et al.ACC/AHA 2005 Guideline Update for the Diagnosis and Management of Chronic Heart Failure in the Adult:a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines(Writing Committee to Update the 2001 Guidelines for the Evaluation and Management of Heart Failure):developed in collaboration with the American College of Chest Physicians and the International Society for Heart and Lung Transplantation:endorsed by the Heart Rhythm Society[J].*Circulation* 2005,112(12):e154-235.
- [17]Ruixue Qi,Shijie Liu,Hongjie Wang,et al. Effects of perioperative exercise on cardiorespiratory endurance in children with congenital heart disease in plateau areas after surgical repair[J]. *Sci Rep*.2023,13(1):18088.
- [18]Sandra Nora González-Díaz,Alma Belén Partida-Ortega,Alejandra Macías-Weinmann, et al. Evaluation of functional capacity by 6-minute walk test in children with asthma[J].*Rev Alerg Mex*.2017,64(4):415-429.
- [19]Hansen E S H,Pitzner-Fabricsius A,Toennesen L L,et al. Effect of aerobic exercise training on asthma in adults: a systematic review and meta-analysis[J].*Eur Respir J*,2020,56(1):2000146.
- [20]Andrade Lima, C.; Dornelas de Andrade, A.; Campos, S.L.;et al. Six-minute walk test as a determinant of the functional capacity of children and adolescents with cystic fibrosis: A systematic review[J]. *Respir. Med*. 2018,137:83-88.
- [21]Rubinowicz M, Piotrowski R, Nowobilski R. Evaluation

of some anthropometric and clinical parameters in children with cystic fibrosis[J]. *Pneumonol Alergol Pol.* 2005, 73(2):172–177.

[22]Michael Rabbia, Maitea Guridi Ormazabal, Hannah Staunton, et al. Stride Velocity 95th Centile Detects Decline in Ambulatory Function Over Shorter Intervals than the 6–Minute Walk Test or North Star Ambulatory Assessment in Duchenne Muscular Dystrophy[J]. *J Neuromuscul Dis.* 2024, 11(3):701–714.

[23]René Günther, Claudia Diana Wurster, Svenja Brakemeier, et al. Long-term efficacy and safety of nusinersen

in adults with 5q spinal muscular atrophy: a prospective European multinational observational study[J]. *Lancet Reg Health Eur.* 2024, 39:100862.

[24]Anna Łusakowska, Adrianna Wójcik, Anna Frączek, et al. Long-term nusinersen treatment across a wide spectrum of spinal muscular atrophy severity: a real-world experience[J]. *Orphanet J Rare Dis.* 2023, 18(1):230.

作者简介：谷加丽（1986—），女，汉族，山东省，研究生，深圳市儿童医院，副主任医师，儿科呼吸。

通讯作者：黄璐（1985—），女，汉族，博士，硕士研究生导师，副主任医师，儿科呼吸。