

• 科研论著 •

运动功能与计时测试对杜氏肌营养不良 运动功能纵向变化的评估

王亚婷^{1,2}, 黄美欢¹, 崔瑞青^{1,2}, 周春明¹, 钟嘉敏¹, 贡国俊¹1. 深圳市儿童医院康复科, 广东 深圳 518026; 2. 佳木斯大学康复医学院/佳木斯大学附属第三医院/
黑龙江省儿童神经康复重点实验室, 黑龙江 佳木斯 154007

摘要: **目的** 探讨皮质类固醇治疗下 Duchenne 型肌营养不良(DMD)儿童运动功能指标的纵向变化,为 DMD 儿童临床干预提供科学依据。**方法** 选取 2017 年 10 月—2024 年 7 月在深圳市儿童医院康复科就诊的 46 例 3~14 岁 DMD 男童,分为学龄前期组和学龄期组,收集基本信息、运动功能测试(MFM)和计时功能测试(TFTs),TFTs 包括 10m 步行/跑(10MWR)、仰卧站起(RFF)和上 4 级台阶(4SC)。采用 Spearman 秩相关分析和配对 t 检验分析 MFM-32 与 TFTs 间的相关性及 12 个月后的变化。**结果** MFM-D1 区与 TFTs 呈强负相关($r=-0.665\sim-0.614, P<0.01$)。学龄前期组随访前后 D1 区得分、D3 区得分、总分、10MWR 和 4SC 测试结果比较,差异均有统计学意义($t=2.782, 2.963, 3.639, -2.138, -2.381, P<0.05$);学龄期组随访前后 D1 区得分、总分、10MWR 和 RFF 的差异均有统计学意义($t=-4.433, -3.427, 3.150, 2.128, P<0.05$)。**结论** 12 个月后,学龄前 DMD 患儿运动功能总体呈上升趋势,学龄期患儿总体呈下降趋势。MFM-32 和 TFTs 是反映 DMD 儿童运动功能变化的有效工具,建议临床上将两者纳入评估指标。

关键词: 杜氏肌营养不良症; 运动功能评估; 儿童

中图分类号:R179 文献标识码:A 文章编号:1008-6579(2025)12-1310-06 doi:10.11852/zgetbjzz2024-1221

Assessment of longitudinal changes in motor function in children with Duchenne muscular dystrophy using motor function measurement and timed function tests

WANG Yating^{1,2}, HUANG Meihuan¹, CUI Ruiqing^{1,2}, ZHOU Chunming¹, ZHONG Jiamin¹, YUN Guojun¹1. Department of Rehabilitation, Shenzhen Children's Hospital, Shenzhen, Guangdong 518026, China; 2. College of
Rehabilitation Medicine, Jiamusi University/Jiamusi University Affiliated No. 3 Hospital/Provincial
Key Laboratory of Child Neurological Rehabilitation, Jiamusi, Heilongjiang 154007, China

Corresponding author: YUN Guojun, E-mail: 103872187@qq.com

Abstract: **Objective** To investigate longitudinal changes in motor function outcomes in children with Duchenne muscular dystrophy (DMD) under corticosteroid treatment, in order to provide evidence for clinical management. **Methods** This longitudinal study included 46 male DMD patients (aged 3 - 14 years) treated at Rehabilitation Department of Shenzhen Children's Hospital from October 2017 to July 2024. Participants were stratified into preschool and school-age groups. Assessments included basic information, Motor Function Measure-32 (MFM-32) and Timed Function Tests (TFTs). TFTs included the 10-meter walk/run test (10MWR), rise from floor (RFF), and four-step climb (4SC). Spearman's correlation and paired t -tests were used to analyze the relationships between MFM-32 domains and TFTs at baseline and 12-month follow-up. **Results** MFM-D1 domain scores showed a strong negative correlation with TFTs ($r = -0.665$ to $-0.614, P < 0.01$). In the preschool group, statistically significant differences were observed in the MFM-D1 ($t=2.782$), D3 ($t=2.963$), total score ($t=3.639$), 10MWR ($t=-2.138$) and 4SC ($t=-2.381$) (all $P<0.05$). School-age group demonstrated significant changes in MFM-D1 ($t=-4.433$), total score ($t=-3.427$), 10MWR ($t=3.15$) and RFF ($t=2.128$) (all $P<0.05$). **Conclusions** After 12 months, motor function in the preschool children with DMD shows an overall upward trend, while the school-age children with DMD exhibited a decline. MFM-32 and TFTs are sensitive tools for monitoring motor function progression in DMD. Combined implementation is recommended for comprehensive clinical assessment.

Keywords: Duchenne muscular dystrophy; motor function measure; children

基金项目:深圳市科技计划项目(JCYJ20220530160004010)

作者简介:王亚婷(1998—),女,硕士研究生,主要研究方向为儿童康复。

通信作者:贡国俊, E-mail: 103872187@qq.com

Duchenne 型肌营养不良 (Duchenne muscular dystrophy, DMD) 是由于抗肌萎缩蛋白基因突变导致的一种 X 连锁隐性遗传性肌肉疾病, 主要表现为进行性肌无力、肌肉退化以及肌肉脂肪化和纤维化, 多累及骨骼肌、呼吸肌和心肌^[1]。目前, DMD 在存活男婴中的发病率约为 1/3 500~1/6 000, 在中国的发病率约为 1/4 560^[2]。早期表现为运动发育落后, 如走路跌跌撞撞、经常摔倒和上楼梯困难等。随着年龄的增长, 运动功能开始进入上升期, 行走功能有所改善, 但往往伴随挺腹、尖足和鸭步等异常姿势, 随后到达平台期。7 岁后疾病加速进展进入晚期行走期, 到 9 岁后逐渐丧失独立行走能力^[3]。目前, 随着皮质类固醇的早期干预、新药物的不断测试和康复护理的发展等, DMD 患者的预后明显改善, 包括步行和生存时间延长等, 因此有效评估 DMD 患者的运动功能尤为重要。

运动功能测试 (motor function measure, MFM) 是一种评估神经肌肉疾病的有效方法, 并在国际上得到广泛应用^[4-5]。近年来中文版 MFM 经过不断测试和验证, 并陆续在国内临床评估中使用^[6-7]。计时测试 (timed functional tests, TFTs) 通常在临床实践和研究中用于评估 DMD 患者的运动功能^[8]。本研究旨在探讨 DMD 儿童运动功能在 12 个月后的纵向变化, 探究 DMD 儿童在不同年龄阶段的自然发展, 为临床医护人员更好的评估 DMD 儿童的疗效和确定运动功能进展提供参考依据。

1 对象和方法

1.1 对象 选取 2017 年 10 月—2024 年 7 月期间在深圳市儿童医院康复科进行功能评估的 DMD 儿童。纳入标准: 1) 经过基因检测或肌肉活检等检查后明确诊断为 DMD 的儿童; 2) 年龄在 3~14 岁; 3) 男童; 4) 开始使用或已经使用皮质类固醇治疗者; 5) 可独立步行功能者 (至少可以在室内独立步行 10m)。排除标准: 1) 伴有认知障碍, 无法理解测试内容者; 2) 运动功能评估数据不全者; 3) 伴有其他神经肌肉疾病者; 4) 伴有其他运动功能障碍者; 5) 有外伤史或手术史。本研究经深圳市儿童医院伦理委员会审核批准 (202209602), 所有患儿及其监护人均了解实验内容并同意参与本研究。本研究为回顾性研究, 不进行任何临床干预, 并对研究对象的个人资料绝对保密。

1.2 方法

1.2.1 基本临床资料 通过本院门诊病历和住院病历, 收集研究对象的基本信息, 如性别、年龄、确诊

时间、病变类型、服用激素类型及时长和运动功能评估 (总体运动功能障碍、Vignos 下肢功能分级、Brooke 上肢功能分级、MFM 评分和 TFTs 测试) 等。随访时间以患者第一次门诊或住院电子病历信息作为基线记录, 随访期间患儿均遵循临床医嘱进行皮质类固醇治疗, 以 1 年左右再住院或门诊信息作为随访记录, 随访的主要结局是运动功能评估结果。

1.2.2 运动功能测试 运动功能测试 (MFM) 旨在评估和监测患有神经肌肉疾病的儿童和成人运动功能的严重程度和进展, 目前已被翻译成多种语言, 是有效的、可重复的临床评估工具。MFM 共由 32 个项目组成 (MFM-32), 分为 3 个功能领域。D1: 站立和转移 (13 项); D2: 躯干和近端运动功能 (12 项); D3: 远端运动功能 (7 项)。根据患者在没有帮助下的最大能力进行评分, 每个项目分值在 0~3 之间, 0 分=无法启动任务或无法保持起始位置; 1 分=能完成部分任务; 2 分=可以完成任务, 但存在代偿、动作缓慢或笨拙的情况; 3 分=可以用标准姿势完成任务; 总分=每个领域分数的总和, 结果用百分比描述, 分数越低, 运动功能障碍越严重^[9]。

1.2.3 计时测试 计时测试 (TFTs) 包括 3 项内容, 包括 10m 步行/跑测试 (10 meter walk/run test, 10MWR)、仰卧站起 (rise from floor, RFF) 测试和上 4 级台阶 (4-stair climb, 4SC) 测试。记录所有 TFTs 的完成时间, 部分患者因运动功能太差无法完成测试内容的按 30s 记录。

1.2.4 其他 Vignos 分级是一项下肢功能的评价指标, 从 1~10 级, 等级越高, 下肢运动功能越差^[10]。Brooke 分级是 DMD 上肢功能的评估工具, 分为 1~6 级, 等级越高, 上肢运动功能越差^[11]。

1.3 统计学方法 采用 SPSS 29.0 软件进行统计分析。符合正态分布的计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 非正态分布的计量资料采用 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示; 应用 Spearman 秩相关分析法对 MFM-32 与 TFTs 之间的相关性进行分析, 用配对 t 检验方法对两组组内随访前后的差异性进行分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基本临床资料 共纳入 46 例 3~14 岁的 DMD 儿童, 中位年龄 6.46 (4.46, 8.52) 岁, 分为学龄前期 (3~6 岁) 和学龄期 (7~14 岁) 两组。学龄前期患儿共 25 例, 学龄期患儿共 21 例。所有患儿的基本资料见表 1。

表 1 DMD 患者基本资料[$M(P_{25}, P_{75})$]
Tab. 1 Basic data of patients with DMD[$M(P_{25}, P_{75})$]

名称	总体($n=46$)	学龄前期($n=25$)	学龄期($n=21$)
初次评估年龄(岁)	6.46(4.46, 8.52)	4.58(4.08, 6.29)	8.58(8.00, 9.71)
确诊年龄(岁)	3.42(2.75, 4.35)	3.00(1.96, 3.80)	4.33(3.17, 7.79)
服用激素年龄(岁)	4.46(4.00, 6.08)	4.25(4.00, 5.46)	5.00(4.00, 7.71)
服用激素时长(年)	0.84(0.00, 3.42)	0.00(0.00, 0.84)	3.42(1.42, 4.46)
基因变异类型(例, %)			
缺失	29(63.04)	15(60.00)	14(66.67)
突变	13(28.26)	8(32.00)	5(23.81)
重复	4(8.70)	2(8.00)	2(9.52)
总体功能障碍程度(例, %)			
轻度	44(95.65)	25(100.00)	19(90.48)
轻中度	2(4.35)		2(9.52)
Vignos 分级(例, %)			
1 级	40(86.96)	24(96.00)	16(76.19)
2 级	6(13.04)	1(4.00)	5(23.81)
Brooke 分级(例, %)			
1 级	45(97.83)	24(96.00)	21(100.00)
2 级	1(2.17)	1(4.00)	
激素种类(例, %)			
醋酸泼尼松	39(84.78)	18(72.00)	21(100.00)
地夫可特	4(8.70)	4(16.00)	
甲泼尼龙	3(6.52)	3(12.00)	

2.2 MFMM-32 得分与 TFTs 之间的相关性
MFMM-32 中 D1 区与所有 TFTs 均呈强负相关($r=-0.665\sim-0.614, P<0.01$), 与 Vignos 分级呈中等负相关($r=-0.554, P<0.01$); D2、D3 区仅与 10MWR 呈弱负相关($r=-0.373, -0.369, P<0.05$), 与其他指标无相关性($P>0.05$); MFMM-32 总分与 10MWR 和 4SC 呈强负相关($r=-0.747, -0.642, P<0.01$), 并与 RFF 和 Vignos 分级呈中等负相关($r=-0.576, -0.475, P<0.01$), MFMM-32 与 Brooke 无相关性($P>0.05$)。见表 2。

表 2 MFMM-32 与 TFTs 区的相关性(r)

指标	D1 区	D2 区	D3 区	总分
10MWR	-0.665**	-0.373*	-0.369*	-0.747**
RFF	-0.641**	-0.064	0.075	-0.576**
4SC	-0.614**	-0.149	-0.234	-0.642**
Vignos 分级	-0.554**	-0.052	0.070	-0.475**
Brooke 分级	-0.039	0.036	0.029	-0.006

注: * $P<0.05$, ** $P<0.01$ 。

2.3 12 个月纵向数据 学龄前期组儿童随访前后 MFMM D1 区、D3 区和总分差异有统计学意义($P<0.05$), 各项评分随年龄增长而提高, 且 D1 区上升趋势最明显的前后平均差值为 6.70(95%CI: 1.73~11.67); 学龄期组儿童随访前后 MFMM D1 区和总分差异有统计学意义($P<0.05$), 各项评分随年龄增长而减小, 且 D1 区的下降趋势最明显的前后平均

差值为 -7.33(95%CI: -10.78~-3.88); 两组儿童 D2 区的随访前后差异均无统计学意义($P>0.05$)。在 TFTs 测试中, 学龄前期组儿童随访前后 10MWR 和 4SC 测试差异有统计学意义($P<0.05$), 两项测试时间随年龄增长而减少; 学龄期组儿童在 10MWR 和 RFF 的前后差异有统计学意义($P<0.05$), 两项测试时间随年龄增长而增加。见表 3。随访前后两组组内在 MFMM-32 和 TFTs 的运动功能结局指标变化见图 1~2。

3 讨论

糖皮质激素是治疗 DMD 的“金标准”, 其中醋酸泼尼松和地夫可特是最常用的促进肌肉力量和运动功能的药物^[12]。研究表明糖皮质激素不仅能改善 DMD 儿童的肌肉力量, 与预防踝关节挛缩的治疗相结合, 还有助于维持行走和站立功能^[13]。本研究提供了服用激素的 DMD 男童前后 12 个月的功能性运动结局指标, 有效反映了 DMD 儿童在两个不同年龄段内运动功能的变化, 这些结果将对后续评估 DMD 儿童的预期表现提供参考。

3.1 DMD 儿童运动功能评估工具的比较与应用
目前有很多研究使用北极星移动评估量表(North Star Ambulatory Assessment, NSAA)作为结局指标, NSAA 是专门为评估 DMD 患者的步行功能开发的功能评定量表^[14], 而 MFMM-32 不仅能反映 DMD 患者站立和转移能力, 还包括躯干轴向和近端

表 3 DMD 儿童随访前后运动功能变化

Tab. 3 Changes in motor function before and after follow-up in children with DMD

指标	学龄前期(<i>n</i> =25)				
	基线	12 个月后	<i>MD</i> (95% <i>CI</i>)	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
MFM-32(%)					
D1	74.76±11.70	81.46±10.21	6.70(1.73~11.67)	2.782	0.010
D2	96.55±2.01	97.33±1.50	0.78(−0.19~1.75)	1.661	0.110
D3	88.38±7.15	92.95±5.85	4.57(1.39~7.76)	2.963	0.007
总计	85.67±5.60	89.71±4.42	4.04(1.75~6.34)	3.639	0.001
TFTs(s)					
10MWR	4.98±0.85	4.47±0.91	−0.52(−1.01~−0.02)	−2.138	0.043
RFF	4.16±1.81	3.25±1.83	−0.91(−1.88~0.06)	−1.937	0.065
4SC	3.04±1.93	2.12±0.89	−0.92(−1.72~−0.12)	−2.381	0.026

指标	学龄期(<i>n</i> =21)				
	基线	12 个月后	<i>MD</i> (95% <i>CI</i>)	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
MFM-32(%)					
D1	67.40±14.37	60.07±16.47	−7.33(−10.78~−3.88)	−4.433	<0.001
D2	97.09±2.40	97.62±2.02	0.53(−0.33~1.39)	1.284	0.214
D3	97.28±4.14	98.64±2.67	1.36(−0.71~3.43)	1.369	0.186
总计	85.07±6.49	82.59±6.91	−2.48(−3.99~−0.97)	−3.427	0.003
TFTs(s)					
10MWR	5.60±2.09	6.49±2.32	0.89(0.30~1.47)	3.150	0.005
RFF	8.46±6.83	12.08±10.97	3.62(0.07~7.16)	2.128	0.046
4SC	3.55±1.88	4.60±3.21	1.05(−0.15~2.26)	1.820	0.084

注:平均差(mean difference, *MD*)。

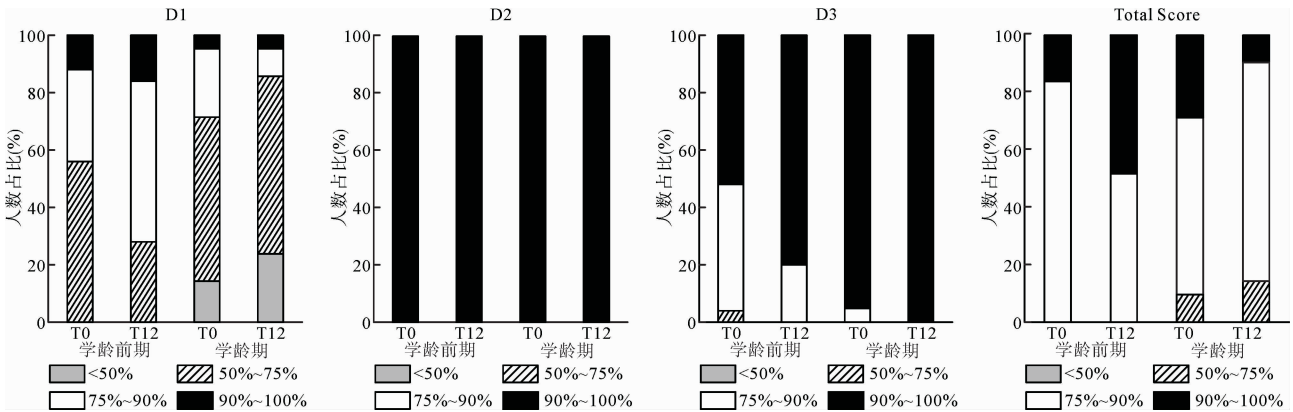


图 1 MFM-32 随访前后的运动功能结局指标变化

Fig. 1 Changes in motor function outcomes before and after follow-up with MFM-32

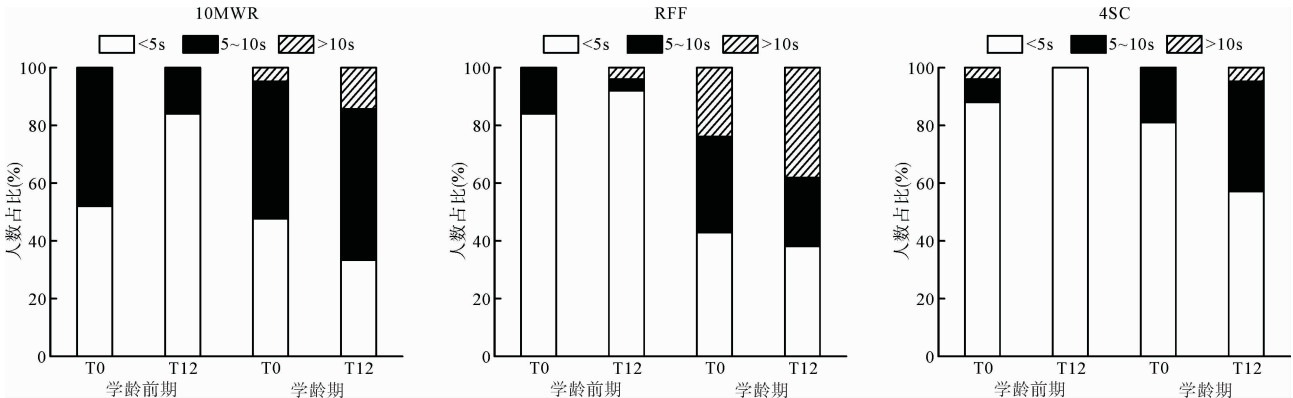


图 2 TFTs 随访前后的运动功能结局指标变化

Fig. 2 Changes in motor function outcomes before and after follow-up with TFTs

以及远端运动能力。多项研究证明 MFM 的有效性和敏感性,如 Hafner 等^[5]通过生成 MFM 百分位数曲线作为评估 DMD 患儿每个阶段运动功能的依据;Schreiber 等^[12]利用 MFM 比较了使用激素治疗和未接受治疗者的运动功能,发现两者在 MFM 各个领域的得分均有显著差异,这些研究都肯定了 MFM 作为临床评估工具的有效性。

此外,本研究还将 TFTs 作为结局指标,更好地反映患儿运动功能状态。Hoskens 等^[15]的研究表明,TFTs 在检测功能衰退敏感性方面高于 NSAA 和 6min 步行功能测试。据报道 7 岁以上男童的 TFTs 在 1 年内出现了显著的功能下降,其下降顺序为:RFF、4SC 和 10MWR,与本研究结果相似^[16]。部分研究发现当 10MWR 时间比率(即最后一次测试时间除以前一次测试时间)增加超过 1.1,且 D1 区的分数为 26 时,可能是 DMD 患儿不能行走的危险信号^[17]。

3.2 MFM 部分区域得分与 TFTs 之间呈负相关性 本研究结果显示 MFM-32 中 D1 区与 TFTs 呈强负相关性,D2、D3 区与 TFTs 相关性较小,且学龄前期与学龄期 DMD 患儿分别在 D1 区呈明显上升和下降趋势,但两者在 D2 区和 D3 区的变化较小,这表明 D1 区的敏感度要高于 D2 区和 D3 区。Huang 等^[6]的研究结果表明 D1 区的反应性最好,其另一项研究表明 D2 区与 D3 区的测试项目相对简单,可能导致“天花板”效应,即大多数患者测试得分达到或接近满分,无法反映患者的真实功能水平^[7]。陈土容等^[18]的研究结果中 D2 区与 TFTs 呈中等相关,D3 区与 TFTs 无相关性,这与史惟等^[19]的研究结果相似,但在本研究中 D2 区和 D3 区除与 10MWR 有弱负相关性外,与其他指标无相关性,这可能是由于两项研究中的参与者功能水平和激素治疗时长具有显著差异所致。

3.3 不同年龄段 DMD 儿童运动功能的变化趋势

本研究发现,学龄前期组儿童在大多数测试中均有明显的改善,Coratti 等^[20]用 NSAA 评估 3~6 岁 DMD 患儿的疾病进展,研究发现患儿 NSAA 得分随年龄增长而逐渐增加,特别是 3~4 岁之间的增幅最大,之后逐步增长直到 6 岁,与本研究的結果基本相符,但 Arora 等^[16]关于 DMD 儿童自然病史的研究中发现 DMD 患者在 5~6.9 岁时已表现出功能受损,这可能是由于本研究纳入的患者数较少,且与其它研究者使用的评估工具不同所致。值得注意的是,学龄前期部分患儿 RFF 和 4SC 的测试时间超过 10s,这可能不是其功能水平真的下降,而与其注

意力和认知有关,提示在测试过程中需注意认知功能对低龄段儿童结果的影响。学龄期组儿童在多个项目中均有不同程度下降,哥伦比亚的一项研究中,DMD 儿童从 5 岁开始功能就开始下降,11 岁时下降速度增快,一直持续到 20 岁,这可能因为研究对象功能损伤较为严重且未进行常规治疗^[21]。

本研究存在一定的局限性:1)本研究仅分析了定期服用激素的患者;2)研究对象人数较少,只评估了病情程度较轻且都具有一定步行能力的患者,忽略了不能独走期患者的运动状态;3)未考虑基因变异类型、激素及治疗时长和康复等方面对结果的影响。在未来的研究中,通过扩大样本量、纳入特定的年龄范围或突变类型,在差异性较小的队列中,可以更准确地描述 DMD 患者的纵向变化。

综上所述,MFM-32 和 TFTs 可以反映 DMD 患者在不同阶段运动功能的变化,特别是 D1 区的变化最敏感,与 TFTs 呈强相关性,两者结合可以很好描述 DMD 患者在站立和转移方面的运动能力。建议可以在临床上广泛应用 MFM-32 作为运动功能的评估工具之一,不仅有利于监测长期随访患者的运动功能变化,对于激素治疗和康复护理也具有指导意义。

参考文献

- [1] Duan D, Goemans N, Takeda S, et al. Duchenne muscular dystrophy[J]. Nat Rev Dis Primers, 2021, 7(1): 13.
- [2] Ke Q, Zhao ZY, Griggs R, et al. Newborn screening for Duchenne muscular dystrophy in China: Follow-up diagnosis and subsequent treatment[J]. World J Pediatr, 2017, 13(3): 197-201.
- [3] 北京医学会罕见病分会, 北京医学会神经内科分会神经肌肉病学组, 中国肌营养不良协作组. Duchenne 型肌营养不良多学科管理专家共识[J]. 中华医学杂志, 2018, 98(35): 2803-2814.
Beijing Medical Association Rare Diseases Branch, Neurology Branch of the Beijing Medical Association, Neuromuscular Diseases Group, China Muscular Dystrophy Collaborative Group. Expert consensus on multidisciplinary management of Duchenne muscular dystrophy[J]. Natl Med J China, 2018, 98(35): 2803-2814. (in Chinese)
- [4] Ribault S, Rippert P, Jain M, et al. Psychometric characteristics of the motor function measure in neuromuscular diseases: A systematic review[J]. J Neuromuscul Dis, 2023, 10(3): 301-314.
- [5] Hafner P, Schmidt S, Schädelin S, et al. Implementation of motor function measure score percentile curves - Predicting motor function loss in Duchenne muscular dystrophy[J]. Eur J Paediatr Neurol, 2022, 36: 78-83.
- [6] Huang M, Chen T, Wang Y, et al. Responsiveness and minimal clinically important difference of the Chinese version of the motor function measure-32 in children and adolescents

- with Duchenne muscular dystrophy[J]. *Dev Neurorehabil*, 2022, 25(6): 370-377.
- [7] Huang M, Chen T, Zhou C, et al. Rasch analysis of the 32-item motor function measure in ambulant patients with Duchenne muscular dystrophy[J]. *Clin Rehabil*, 2023, 37(4): 569-582.
- [8] Leon MADS, Roza DLD, Davoli GBDQ, et al. Generation of percentile curves for strength and functional abilities for boys with Duchenne muscular dystrophy [J]. *Muscle Nerve*, 2023, 68(2):198-205.
- [9] Bérard C, Payan C, Fermanian J, et al. A motor function measurement scale for neuromuscular diseases - description and validation study[J]. *Rev Neurol (Paris)*, 2006, 162(4): 485-493.
- [10] Vignos PJ. Management of progressive muscular dystrophy of childhood[J]. *JAMA*, 1963, 184(2):89.
- [11] Brooke MH, Griggs RC, Mendell JR, et al. Clinical trial in Duchenne dystrophy. I. The design of the protocol[J]. *Muscle Nerve*, 1981, 4(3):186-197.
- [12] Schreiber A, Brochard S, Rippert P, et al. Corticosteroids in Duchenne muscular dystrophy: Impact on the motor function measure sensitivity to change and implications for clinical trials[J]. *Dev Med Child Neurol*, 2018, 60(2): 185-191.
- [13] CINRG Investigators, Duong T, Canbek J, et al. Knee strength and ankle range of motion impacts on timed function tests in Duchenne muscular dystrophy: In the Era of Glucocorticoids[J]. *J Neuromuscul Dis*, 2022, 9(1): 147-159.
- [14] Scott E, Eagle M, Mayhew A, et al. Development of a Functional Assessment Scale for ambulatory boys with Duchenne muscular dystrophy [J]. *Physiother Res Int*, 2012, 17(2): 101-109.
- [15] Hoskens J, Schiava M, Goemans N, et al. Reference curves of motor function outcomes in young steroid-naïve males with Duchenne muscular dystrophy [J]. *Dev Med Child Neurol*, 2024, 66(5): 644-653.
- [16] Arora H, Willcocks RJ, Lott DJ, et al. Longitudinal timed function tests in Duchenne muscular dystrophy: ImagingD-MD cohort natural history [J]. *Muscle Nerve*, 2018, 58(5): 631-638.
- [17] Petian-Alonso DC, De Castro AC, Barroso De Queiroz Davoli G, et al. Defining ambulation status in patients with Duchenne muscular dystrophy using the 10-metre walk test and the Motor Function Measure Scale[J]. *Disabil Rehabil*, 2023, 45(18): 2984-2988.
- [18] 陈土容, 黄美欢, 曹建国. 杜氏肌营养不良儿童的运动功能与全身力量、年龄的相关性研究[J]. *中国儿童保健杂志*, 2022, 30(3): 264-267.
- Chen TR, Huang MH, Cao JG. Correlation of motor function with muscle strength and age in children with Duchenne muscular dystrophy [J]. *Chin J Child Health Care*, 2022, 30(3): 264-267. (in Chinese)
- [19] 史惟, 李惠, 李西华, 等. 复旦中文版神经肌肉疾病运动功能评估量表在儿童和青少年中的信度和效度研究[J]. *中国循证儿科杂志*, 2018, 13(1): 35-39.
- Shi W, Li H, Li XH, et al. Reliability and validity of the Fudan Chinese version of the Motor Function Measure for young children with neuromuscular diseases[J]. *Chin J Evid Based Pediatr*, 2018, 13(1): 35-39. (in Chinese)
- [20] Coratti G, Brogna C, Norcia G, et al. Longitudinal natural history in young boys with Duchenne muscular dystrophy [J]. *Neuromuscul Disord*, 2019, 29(11): 857-862.
- [21] Ortiz-Corredor F, Sandoval-Salcedo A, Castellar-Leones S, et al. Trajectories of motor function in children with Duchenne muscular dystrophy: A longitudinal study on a Colombian population [J]. *Eur J Paediatr Neurol*, 2023, 47: 105-109.
- 收稿日期:2024-10-15 修回日期:2025-04-15 本文编辑:李少闻

(上接第 1302 页)

- [16] Cassidy-Bushrow AE, Wegienka G, Havstad S, et al. Does pet-keeping modify the association of delivery mode with offspring body size? [J]. *Matern Child Health J*, 2015, 19(6):1426-1433.
- [17] Cassidy-Bushrow AE, Sitarik AR, Johnson-Hooper TM, et al. Prenatal pet keeping and caregiver-reported attention deficit hyperactivity disorder through preadolescence in a United States birth cohort [J]. *BMC Pediatr*, 2019, 19(1):390.
- [18] Miles J, Parast L, Babey S, et al. A propensity-score-weighted population-based study of the health benefits of dogs and cats for children [J]. *Anthrozoös*, 2017, 30(3): 429-440.
- [19] Abdolghanizadeh S, Salmeh E, Mirzakhani F, et al. Microbiota insights into pet ownership and human health[J]. *Res Vet Sci*, 2024, 171:105220.
- [20] Wang Q, Yang Q, Liu X. The microbiota-gut-brain axis and neurodevelopmental disorders [J]. *Protein Cell*, 2023, 14(10):762-775.
- [21] Li ZM, Robinson M, Kannan K. An assessment of exposure to several classes of pesticides in pet dogs and cats from New York, United States [J]. *Environ Int*, 2022, 169:107526.
- [22] Tessari L, Angriman M, Díaz-Román A, et al. Association between exposure to pesticides and adhd or autism spectrum disorder: A systematic review of the literature[J]. *J Atten Disord*, 2022, 26(1):48-71.
- [23] Platts-Mills TA, Keshavarz B, Wilson JM, et al. High risk of asthma among early teens is associated with quantitative differences in mite and cat allergen specific IgE and IgG4: A modified Th2 related antibody response revisited[J]. *EBio-Medicine*, 2025, 112:105556.
- 收稿日期:2025-03-28 修回日期:2025-09-08 本文编辑:李少闻