

# 脑性瘫痪患儿平衡功能评估方法的应用进展\*

王梦寰<sup>1</sup> 沈莹莹<sup>1</sup> 陈钦贵<sup>1</sup> 龚翔<sup>1</sup> 周蕴孜<sup>1</sup> 孟殿怀<sup>2,3</sup>

脑性瘫痪(cerebral palsy, CP),简称脑瘫,是由于脑部发育受损而引起的一组症状异质性的临床综合征,在活产儿中的患病率约为2%—3.5%<sup>[1]</sup>。国际上将脑瘫定义为“由于在发育过程中胎儿和婴幼儿的大脑出现非进行性损伤而导致的一组持续存在的运动与姿势发育障碍症候群”<sup>[2]</sup>。脑瘫是儿童运动障碍最常见的原因,平衡能力的下降会使脑瘫患儿活动时的姿势调节能力出现问题,从而难以高质量地完成功能性日常活动<sup>[3]</sup>。

针对平衡功能的评定方法有很多,近年来有许多的国外量表与平衡仪器已经完成了汉化并通过了信效度检验。但在进行信效度测验的过程中,实验的目标人群常为成年人与老年人,而忽视了儿童这一特殊群体。此外,国内多将评定方法用于脑卒中后偏瘫患者或帕金森病患者等,少有将评定方法用于脑瘫患儿的信效度测验报告。本文旨在梳理国内外针对脑瘫患儿群体使用的平衡功能评价工具,为临床和科研中脑瘫患儿平衡功能评定工具的选取提供依据。

## 1 脑瘫平衡功能障碍的原因和特点

人体平衡的维持有赖于视觉、本体觉、前庭觉的感受器(平衡三联)对外周感觉信息的接收与处理能力<sup>[4]</sup>。此外,平衡功能与运动反馈能力有关,主要包括运动系统、预期性姿势控制、动静态稳定能力及反应性姿势控制等,其余与平衡功能有关的因素还有注意力以及心理因素<sup>[5]</sup>。脑性瘫痪损伤的神经通路大多位于大脑皮层、延髓脊髓束、基底神经节部以及脑室周围白质。大脑的受损影响了感觉系统、中枢神经系统、肌肉骨骼系统之间的相互作用,使得人体的姿势控制能力下降,进而威胁到身体平衡的稳定。也有学者认为脑瘫患儿姿势控制能力的受损主要是运动姿势相关肌群激活时序的错误造成的<sup>[6]</sup>。另外,脑瘫患儿平衡功能的受损程度还和患儿发生脑损伤的时期有关<sup>[7]</sup>。

脑瘫的核心表现为运动发育和姿势异常问题,临床分型为痉挛型(spastic)、不随意运动型(dyskinetic)、共济失调型(ataxia)、混合型(mixed types)<sup>[1]</sup>。脑瘫患儿的平衡障碍可分

为静态平衡障碍和动态平衡障碍两种。主要表现如下:①运动控制能力障碍,表现为肌张力的亢进或障碍,可有痉挛型步态或手足徐动征、舞蹈征等出现;②平衡反应减退,前庭觉传入异常,可能伴眼震,手眼协调能力差;③人体预期性姿势调节以及反应性姿势调节的能力下降,反应时间延长<sup>[8]</sup>。由于脑瘫患儿发病原因、发病部位与发病阶段并不一致,以及患者间的个体差异存在,脑瘫患儿平衡功能的障碍呈异质性表现。

## 2 脑瘫的平衡功能评定方法

近年来,用于平衡功能障碍的评定方法不断增多。《中国脑性瘫痪康复指南(2015)》推荐可根据患儿需求选择Fugl-Meyer平衡功能评定(推荐强度A级)、Carr-Shepherd平衡评定(C级)、Semans平衡障碍分级(C级)以及人体平衡测试仪评定(C级)等进行评定<sup>[9]</sup>。临床上一般将用于平衡评定的方法分为功能性测试、量表评定与平衡测试仪三类。

### 2.1 功能性测试

**2.1.1 闭目直立检查法(Romberg test):**闭目直立检查法是Romberg在1851年制定的一套用于诊断感觉性共济失调的观察方法。Jansen和Thyssen<sup>[10-11]</sup>的团队分别利用计算机设备对Romberg征进行了定量描记,并在此基础上发展研究出了强化Romberg检查法(strengthening Romberg test, SR)。此外,Soochan等<sup>[12]</sup>通过在人体头部和重心(center-of-gravity, COG)安装三轴加速度计对人体直立位的姿势进行观察,改进了Romberg检查法(modified Romberg test),并进行了量化以及临床有效性的检验。随后Bermudez等<sup>[13]</sup>在儿童(4—9岁)身上验证了改良版Romberg检查法与前庭功能的相关性。此法简单,低价,适用于前庭功能存在障碍的儿童,但诊断灵敏度和特异性较低,判断损伤、预测跌倒风险、反映不适的效果较差。有关Romberg检查法的相关研究,见表1。

**2.1.2 儿童伸展实验(pediatric reach test, PRT):**儿童伸展实验是自功能性前伸实验(functional reach test, FRT)的儿童版。FRT最早用于居住在社区的老年人群体,通过测量个

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2022.03.023

\*基金项目:江苏省大学生创新创业计划项目(201910312059Y);中华医学会医学教育分会、中国高等教育学会医学教育专委会2018年医学教育立项课题(2018B-N02036)

1 南京医科大学康复医学院,江苏省南京市,210029; 2 南京医科大学第一附属医院康复医学中心; 3 通讯作者  
第一作者简介:王梦寰,男,本科生; 收稿日期:2020-03-09

人在站立位姿势向前伸展的最大距离来评估患者的平衡能力,但FRT需要儿童在站立姿势下完成,对脑瘫患儿的要求较高。PRT将坐位和站立位的FRT与LRT结合应用于脑瘫患儿,其对脑瘫患儿平衡评估的信效度在国外已经得到了验证<sup>[14]</sup>。此外,也有研究表明PRT可以测量听力障碍儿童的稳定极限(limitation of stability, LOS)<sup>[15]</sup>。PRT将坐位下的功能测试纳入,使不能独立站立的儿童群体也可以使用;且增加了侧向伸展部分的内容,并允许测试过程中使用矫形器与辅助步行器,从而更好地反映了儿童平衡功能的状态。其相关研究见表2。

**2.1.3 星型偏移平衡测试(star excursion balance test, SEBT):**星型偏移平衡测试是Gray GW于1995年开发的一种动态平衡测量方法。它要求参与者保持单腿站立,同时用对侧下肢分别伸向八个方向的最远点,然后返回起点,并在过程中保持站立肢体的平衡。SEBT能较好地测量受试者的动态平衡以及前馈控制能力,它在小学生动态平衡评估中的信度已经得到了验证<sup>[16]</sup>。

下肢Y形平衡测试(the lower quarter Y-balance test, YBT-LQ)是SEBT的简化版本,将下肢伸展的八个方向减少到三个方向(前,后内侧和后外侧)。YBT-LQ在成年人、青少年与儿童以及运动员中的信效度均已被证明<sup>[17-21]</sup>,相关研究见表3。此外,Pourazar等<sup>[22]</sup>将YBT与虚拟现实训练结合,探讨了对脑瘫儿童动态平衡的影响。

**2.1.4 其他:**其他功能性测试方法还有站起—走计时测试

(timed up and go test)、1min步行测试(1 minute walk test)、5次坐立测试(five times sit to stand test)、侧方上下阶梯测试(lateral step up test)等。上述方法以评价受试者的动态平衡与姿势控制能力为主,国外的研究显示在脑瘫患儿群体中均有较满意的信效度,且与GMFM、Berg平衡量表有着较显著的相关性。同时,该研究发现TUGT不能很好地区分GMFCS评级中I级和II级的脑瘫患儿,这提示TUGT对功能较差儿童的适用性更好<sup>[17]</sup>。1MWT对脑瘫患儿的步行能力要求较高,往往难以完成评测;FTSST在临床实践中存在计时标准不统一的现象;而LSUT实验中台阶的高度标准也缺少相应的研究。因此,上述实验还有待进一步的研究和改进。

**2.2 量表评定法**

**2.2.1 粗大运动功能测试(the gross motor function measure, GMFM):**粗大运动功能测试(GMFM-88)最初是1989年由Russell及其同事开发验证的,用于对脑瘫儿童粗大运动功能的评估<sup>[24]</sup>。GMFM-88提出后被广泛用于脑瘫患儿运动能力和平衡功能的评估,被认为是“金标准”,常作为检验运动和平衡功能的金标准被用于其他评估方法的信效度检验<sup>[23,25]</sup>。刘鹏等<sup>[26]</sup>验证了GMFM在脑瘫儿童人群中的具有良好结构效度及反应度。史惟等将GMFM-88的每一项与ICF-CY类目编码进行匹配,并进行了内容效度的检验<sup>[27]</sup>。2000年,Russell<sup>[28]</sup>通过Rasch分析提取了部分项目确立了新版的GMFM-66,以提高测试的敏感性和可解释性。王素

表1 Romberg检查法的相关研究<sup>[11-13]</sup>

研究者和时间	研究对象	样本量	研究内容	试验结果
Thyssen HH, 1982	健康人	100	测定正常值范围;检验重测信度	正常范围合理,重测信度好
Kim S, 2012	前庭神经炎患者	17	量化参考值;效度检验	实验效度好
Bermudez RM, 2017	儿童与老年人	1174	影响平衡的因素	平衡功能与年龄和健康因素相关,实验效度好

表2 PRT的相关研究<sup>[14-15,57-58]</sup>

研究者和时间	研究对象	样本量	研究内容	试验结果
Bartlett D, 2003	健康儿童	19	PRT效度和信度检验	同时效度,结构效度获支持,重测信度好
Gan S, 2008	健康儿童(5—11岁)	30	FRT的信效度检验	重测信度和评估者间信度良好
Rajendran V, 2012	听障儿童	65	PRT的可靠性检验	可靠性好
Yuksel E, 2016	健康儿童(6—12岁)	80	建立标准值,研究测量的影响因素	建立标准值,确认影响因素

表3 SEBT的相关研究<sup>[16-21]</sup>

研究者和时间	研究对象	样本量	研究内容	试验结果
Plisky PJ, 2009	运动员	15	YBT的可靠性检验	良好的评分者间、评分者内部信度
Calatayud J, 2014	小学生	24	SEBT的信度检验	重测信度中等到良好
Faigenbaum AD, 2014	小学生	188	YBT-LQ信效度检验	可行性,可靠性,可重复性好
Gonell AC, 2015	运动员	74	YBT的信效度检验	可靠性好
Linek P, 2017	青少年运动员	38	YBT的方案设计(稳定结果的必要实验次数)及可靠性检验	进行6次练习,3次测验(共计9次)时的信度较好
Yam T, 2019	健康儿童	99	DCD儿童和非DCD儿童Y-平衡测试的表现比较	未发现DCD儿童YBT-LQ表现与腿部肌肉之间的关系

DCD:developmental coordination disorder,发育性协调障碍

娟<sup>[29]</sup>等用相同的方法在0—3岁脑瘫患儿群体中验证了GM-FM-66的信度与效度。GMFM-66耗时相对减少,针对性更强,但它的缺点在于在大于5岁的高功能水平的脑瘫患儿中具有天花板效应<sup>[30-31]</sup>。GMFM的相关研究见表4。

**2.2.2 儿童平衡量表(pediatric balance scale, PBS):**国内由于缺乏特定的评估儿童平衡的量表,临床上常常将用于分析成人姿势控制的Berg量表(Berg balance scale, BBS)用于儿童群体。2003年Franjoine等<sup>[32]</sup>修改了BBS,首次出版针对儿童的特制量表PBS。PBS是一种为轻至中度运动障碍的学龄儿童制定的平衡量表,其对BBS的修改包括:①重新排列测试项目;②减少静态姿势维持的时间标准与计分标准;③明确实验方向和道具。Franjoine等对20例5—15岁平衡障碍儿童的研究发现PBS具有良好的重测信度与内部信度。之后他们用Rasch分析了PBS的维数、量表功能以及层次性,结果显示PBS在三个维度(静态平衡、预期性姿势平衡、功能性移动)中有着强相关性以及高度的内部一致

性<sup>[33]</sup>。Duarte等<sup>[34]</sup>的研究认为PBS是一个很好的评价运动以及平衡功能的工具,但不能作为脑瘫患儿功能情况的预测因子。Ries等<sup>[35]</sup>将PBS译制为巴西葡萄牙语版本,证明其能较好地适应文化差异。国外对PBS的相关研究见表5。目前国内尚无有关PBS的研究报道。

但是,有学者认为PBS不适合用于6岁或6岁以上高功能儿童群体的平衡功能评估,因为它会有明显的天花板效应<sup>[36]</sup>。此外,PBS缺乏评估视觉和前庭系统等多感官系统损伤以及与步态平衡问题相关的项目。

**2.2.3 Fullerton高级平衡量表(Fullerton advanced balance scale, FAB):**Fullerton高级平衡量表是2006年由Rose等<sup>[37]</sup>共同开发的一种用于确定人体平衡功能变化的方法。FAB共包含10个项目,内容包括了静态环境、动态环境、预期性姿势调整以及反应性姿势控制等多个维度。最初的FAB是用于评估功能较好的老年人,2018年Sim Y等<sup>[38]</sup>在40例脑瘫患儿中检查了韩版FAB(KFAB)的信度和效度,实验显示

表4 GMFM的相关研究<sup>[24,26-31]</sup>

研究者和时间	研究对象	样本量	研究内容	试验结果
Russell DJ, 1989	脑瘫患儿 脑损伤患儿	111 25	检验量表反应度、效度与信度	反应度好,相关性以及结构效度好,观察者间与内部信度可靠
刘鹏, 2004	脑瘫患儿	31	效度与相关性研究	具有良好的效度及反应度,与神经肌肉系统缺陷程度、AACPD障碍分级、治疗性分级呈负相关
Oeffinger DJ, 2004	脑瘫患儿(GMFCS I—III)	761	信效度研究	GMFM D和E部分与GMFCS I, II, III级的相关性强,区分度高
王素娟, 2006	脑瘫患儿(痉挛型、徐动型、混合型)	171	信效度研究	重测信度良好,效度良好,GMFM-66的精确度高
Bagley AM, 2007	脑瘫患儿(GMFCS I—III)	562	检验GMFM辨别度	GMFM-66分辨度好
史惟, 2013	ICF-CY编码条目	-	基于ICF-CY进行内容效度分析	GMFM与ICF-CY中“改变和保持身体姿势”、“步行和移动”、“手臂支撑功能”相关
陈怡澎, 2015	脑瘫患儿	50	检验修订小儿脑瘫GMFM的信效度	42个项目与分量表总分显著相关,各能区内部一致性良好

表5 PBS的相关研究<sup>[23,32-36]</sup>

研究者和时间	研究对象	样本量	研究内容	试验结果
Franjoine MR, 2003	平衡障碍患儿	20	检验PBS的重测信度与评估者间信度	重测信度与评估者间信度好
Gan S, 2008	脑瘫患儿(GMFCS I—V)	30	检验PBS的重测信度,评估者间信度与聚合效度	重测信度与评估者间信度好,与GMFM高度相关,但区分度差。
Franjoine MR, 2010	健康儿童	643	检验PBS在健康儿童群体中的表现	对高功能儿童存在天花板效应
Ries L, 2012	脑瘫患儿	15	检验PBS的评估者间和内部信度与文化适性	文化适性好,评估者间信度、评估者内部信度极好
Duarte N, 2014	脑瘫患儿(GMFCS I—III)	30	检验PBS与功能表现的相关性	PBS与‘移动’表现的相关性较好,与‘自理’表现的相关性较弱
Darr N, 2015	平衡障碍患儿	823	检验PBS的维数、计量功能、层次性	PBS与静态平衡、预期性姿势调整、功能性移动相关性高,计量功能较好,有天花板效应

KFAB具有很好的内部一致性和良好的重测信度,与PBS的同时效度呈正相关,证明FAB是一种可靠、有效的测量工具。FAB的缺点在于它的部分项目如“单腿站立”和“双足跳跃”可能不适用于运动功能偏低的双瘫型脑瘫患儿。FAB的相关研究见表6。

**2.2.4 儿童版平衡评定系统测试(kids balance evaluation systems test, kids-BESTest):**平衡评定系统测试是一套综合性姿势控制评估测试,由Horak博士于2009年开发。完整版的BESTest(Full-BESTest)包含6个维度,27个项目以及36个任务<sup>[39-40]</sup>。2010年,Horak与Franco又发布了简易平衡评定系统测试(mini-BESTest),仅包含了4个维度,14个项目。陈长香,王云龙等对mini-BESTest进行了汉化,并在脑卒中人群中进行了信效度检验,验证了其具备较高的内部一致性(Cronbach'S ct=0.794—0.90)以及效标效度(相关系数0.682—0.87)<sup>[41-42]</sup>,但国内尚缺少将其应用于脑瘫患儿的研究。国外有学者将Full-BESTest和mini-BESTest用于评价正常发育的儿童,并后续开发了儿童版平衡评定系统测试(kids-BESTest, kids-mini-BESTest),通过了可重复性以及一

致性检验<sup>[43-44]</sup>。BESTest的相关研究见表7。

**2.2.5 平衡功能早期临床评估(the early clinical assessment of balance, ECAB):**平衡功能早期临床评估是2013年Alyssa等选取婴儿运动评价(MAI)中自动反射部分的内容测量脑瘫患儿(GMFCS水平Ⅲ—Ⅴ级)卧位和坐位下头部和躯干的平衡能力,并选取PBS的部分内容测量脑瘫患儿(GMFCS水平Ⅰ—Ⅲ级)在坐位和站位下的平衡能力,由此开发出的一组包括俯卧位的头控、扶坐、站立位与移动时的全身控制等各种体位下平衡能力的组合测试<sup>[45]</sup>。目前研究已证明ECAB对年龄1.5—12岁的儿童具有良好的信度与效度<sup>[45-47]</sup>。2017年Alyssa等<sup>[48]</sup>开展了一项时长一年以上,纳入708例脑瘫患儿的前瞻性队列研究,研究结果发现ECAB的测量值符合儿童年龄的发展轨迹。因此ECAB是一个很好的脑瘫患儿平衡功能测试工具。ECAB的相关研究见表8。

**2.3 平衡测试仪**

**2.3.1 计算机动态姿势标记图(computerized dynamic posturography, CDP):**计算机动态姿势描记仪是一种评价自主站立平衡能力的工具,由Nashner和Black等研发,并后续推

表6 FAB的相关研究<sup>[37-38,40]</sup>

研究者和时间	研究对象	样本量	研究内容	试验结果
Rose D, 2006	老年人	46	评估FAB的信效度	重测和内部信度较高,收敛效度显著,项目同质性很好,参与者的评分具有高度的一致性
Klein PJ, 2010	老年人	480	探讨FAB的维度和心理测量学参数	受试者与项目的区分度高,第10项(预期性姿势控制)独立于前9项
Sim Y, 2018	脑瘫患儿	40	探讨韩版FAB的信效度	很好的内部一致性,良好的重测信度,与PBS呈正相关

表7 BESTest的相关研究<sup>[31-44]</sup>

研究者和时间	研究对象	样本量	研究内容	试验结果
Horak F, 2009	平衡障碍患者	22	BESTest信效度检验	评分者间信度极好,与ABC显著相关
王云龙, 2015	脑卒中患者	61	mini-BESTest信度检验	具有较高的组间信度、重测信度和内部一致性
陈长香, 2015	脑卒中患者	208	mini-BESTest效度和敏感度检验	具有较好的内容效度、效标效度及敏感度
Dewar R, 2017	学龄儿童(7—17)	34	BESTest, mini-BESTest的比较	两者区分度均较好, BESTest信度略好于mini-BESTest
Levin I, 2019	成人脑瘫	20	BESTest信度与敏感度检验	重测信度极好,敏感度高
Dewar R, 2019	脑瘫患儿(Ⅰ—Ⅱ)	18	Kids-BESTest, Kids-Mini-BESTest的比较	Kids-BESTest区分度极好, Kids-Mini-BESTest的可靠性低于Kids-BESTest

表8 ECBA的相关研究<sup>[45-48]</sup>

研究者和时间	研究对象	样本量	研究内容	试验结果
Mccoy SW, 2014	脑瘫患儿(GMFCS I-V)	410	ECAB效度检验	内部一致性高,内容效度和结构效度好
Randall KE, 2014	2—7岁的脑瘫患儿	28	ECBA与PRT之间的比较	ECBA比PRT有更好的信效度及更小的评估误差
Pierce SR, 2019	脑瘫患儿	27	ECBA与GMFM-66的关系及ECBA的效度检验	ECBA具有良好的效度,同时与GMFM-66的B、C维度内容上相关度更高
LaForme Fiss A, 2019	脑瘫患儿	708	ECAB评估患儿平衡功能的前瞻性队列研究	ECAB测量值基本符合GMFCS水平发展

出了Equi test, Balance Master, Smart Balance等一系列产品。目前CDP测试在临床和科研中被广泛运用,既可用于平衡三联的感觉统合测试(SOT),也被应用到运动控制测试(MCT),CDP系统测试内容见表9。

CDP系统最早常规用于眩晕以及前庭功能障碍患者,其信效度已经得到了明确验证<sup>[49]</sup>,并且已经成为了评价姿势控制的金标准<sup>[50]</sup>,现在国外学者已将其用于脑瘫患儿平衡控制的评价。此外,Bingham等也在脑瘫患儿身上验证了CDP与GMFM的相关性<sup>[51]</sup>。CDP的相关研究见表10。

**2.3.2 静态姿势标记图(static posturography, SPG):**静态平衡仪是国外在20世纪70年代开始应用的一种平衡功能定量检测技术,其核心组件为压力平板(force-platform)。它通过记录人体在静止站立时躯体摆动的重心轨迹、摆幅、摆速、功率谱等评价人体的静态平衡能力。现在市场上有许多不同的静态平衡仪型号,以下仅对临床上常用的几种进行介绍。①英国SMS Healthcare生产的平衡功能测试仪(BPM)在国外应用较多,用7个指标从不同角度评价人体的平衡功能,国内金冬梅等在正常人以及脑卒中、脑外伤的人群中验证了其信度和敏感度<sup>[52]</sup>;②以色列Sunligh公司生产的Tetrax系统可对人体的8种姿势进行测试。许晶莉等将其应用于痉挛型双瘫脑瘫患儿,认为Tetrax平衡仪不仅能评估平衡能力,还可进行平衡功能的康复<sup>[53]</sup>。华晶、何彦璐等选取61例儿童分析了Tetrax平衡仪与儿童运动评估成套工具(MABC-

2)的相关性,认为两者在评定儿童平衡功能方面具有一致性,建议临床上互补使用<sup>[54]</sup>;③意大利Tecnobody公司的Pro-kin252(PK252)动静态平衡仪可通过将平板锁定或解锁的方式测定受试者的动静态平衡能力。高敏、杨志英等分别将其应用于踝关节稳定性以及感觉统合失调儿童平衡能力的研究<sup>[55-56]</sup>,但国内尚未有用于脑瘫患儿信效度检验的报告。目前国内对静态平衡仪指标的正常参考值尚未形成共识,此外,有学者认为静态平衡仪无法将平衡三联系统分离进行研究,其临床价值有待进一步确定。SPG的相关研究见表11。

3 小结

评估人体平衡功能的方法有很多种,但在脑瘫患儿群体上进行并通过了信效度检验的方法并不多见。根据《中国脑性瘫痪康复指南(2015)》,Fugl-Meyer平衡功能评定(FM-B)是平衡功能评估的A级推荐,但FM-B支持证据中的受试群体均为脑卒中患者,其解剖、病理学改变与临床表现与脑瘫患儿均存在一定差异,因此FM-B在脑瘫患儿中的信效度是存疑的,在临床上使用时应予以注意。而部分方法如FRT, BBS, BESTest等则进行了相应改进,推出了儿童版(PRT, PBS, Kids-BESTest),在脑瘫儿童身上会有着更强的临床适用性。

在平衡功能评估方法中,功能性测试法方便、简单、种类繁多,适合在学校或者家庭中对患儿进行快速的定性评估。但它们通常只注重平衡功能的某一个方面,从而难以全面掌

表9 CDP系统测试内容

方法	目的	内容
感觉统合测试(SOT)	评价患者视觉、躯体感觉、前庭觉对平衡能力的影响	C1:受试者睁眼平视前方,平板和活动框固定,试验三次,每次20s C2:受试者闭眼,平板和活动框固定,试验三次,每次20s C3:受试者睁眼,平板固定,活动框参照摆动,试验三次,每次20s C4:受试者睁眼,平板参照摆动,活动框固定,试验三次,每次20s C5:受试者闭眼,平板参照摆动,活动框固定,试验三次,每次20s C6:受试者睁眼,平板和活动框参照摆动,试验三次,每次20s
运动控制测试(MCT)	评价患者的自发姿势反应能力与运动协调能力	受试者站在平板上,由平板的支撑面进行随机快速的位移与旋转引起人体姿势反应,记录姿势反应出现时间以及两侧反应对称程度。

C=condition,条件1—6

表10 CDP的相关研究<sup>[49-51,59]</sup>

研究者和时间	研究对象	样本量	研究内容	试验结果
Goebel JA, 1997	平衡障碍患者	347	参考值测定	CDP的测量结果十分精准
Bourelle S, 2010	脑瘫患儿(痉挛型偏瘫)	9	信效度检验	信效度好
Bingham PM, 2015	脑瘫患儿	15	CDP与GMFM的一致性检验	显著相关
Hebert JR, 2016	多发性硬化患者	30	信效度检验	具有极好的信效度与重测信度

表11 SPG的相关研究<sup>[52-55]</sup>

研究者和时间	研究对象	样本量	研究内容	试验结果
金冬梅, 2002	神经疾患患者(脑卒中、脑外伤)	20	BPM信度和敏感性检验	相关性高,可靠性好,敏感性显著
许晶莉, 2008	脑瘫患儿(痉挛型双瘫)	24	Tetrax的疗效研究	治疗前后差异显著
高敏, 2015	慢性踝关节不稳患者	32	Pro-kin的信效度检验	重测信度与测量者间信度较高,敏感性较高
华晶, 2019	门诊儿童	61	Tetrax与MABC-2的相关性分析	Tetrax与MABC-2呈中度相关

握受试者的整体平衡功能情况。近年来有很多新型的针对儿童平衡功能的量表被开发出来,如FAB、BESTest和ECAB等,它们的共同点是把多种功能性测试进行了组合与应用,从而能够从多个维度评价儿童的平衡功能。国内外的心理测量学试验也证明了它们在儿童群体中有着很好的信度与效度,是可靠、有效的评价工具,值得在临床上进行应用。但是,现在的研究主要集中在痉挛型脑瘫患儿群体上,有关不随意型及共济失调型的研究仍然较为缺乏。此外,对于平衡仪在脑瘫患儿中的信效度检验及应用效果,也有待今后学者们进一步的研究。

### 参考文献

- [1] 唐久来, 秦炯, 邹丽萍, 等. 中国脑性瘫痪康复指南(2015): 第一部分[J]. 中国康复医学杂志, 2015, 30(7):747—754.
- [2] Rosenbaum P, Paneth N, Leviton A, et al. A report: the definition and classification of cerebral palsy[J]. Dev Med Child Neurol, 2007, 109:8—14.
- [3] Hsieh HC. Effects of a gaming platform on balance training for children with cerebral palsy[J]. Pediatr Phys Ther, 2018, 30(4):303—308.
- [4] 黄小兵, 刘博. 平衡三联及中枢整合在人体平衡中的作用[J]. 听力学及言语疾病杂志, 2009, 17(6):534—536.
- [5] Sibley KM, Beauchamp MK, Van Ooteghem K, et al. Using the systems framework for postural control to analyze the components of balance evaluated in standardized balance measures: a scoping review[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2015, 96(1):122—132.e29.
- [6] Woollacott MH, Shumway-Cook A. Postural dysfunction during standing and walking in children with cerebral palsy: what are the underlying problems and what new therapies might improve balance?[J]. Neural Plast, 2005, 12(2—3): 211—9; discussion 263—72.
- [7] Pavao SL, Dos SA, Woollacott MH, et al. Assessment of postural control in children with cerebral palsy: a review [J]. Res Dev Disabil, 2013, 34(5):1367—1375.
- [8] Aisen ML, Kerkovich D, Mast J, et al. Cerebral palsy: clinical care and neurological rehabilitation[J]. Lancet Neurol, 2011, 10(9):844—852.
- [9] 陈秀洁, 姜志梅, 史惟, 等. 中国脑性瘫痪康复指南(2015): 第三部分[J]. 中国康复医学杂志, 2015, 30(9):972—978.
- [10] Jansen EC, Larsen RE, Olesen MB. Quantitative Romberg's test. Measurement and computer calculation of postural stability[J]. Acta Neurol Scand, 1982, 66(1):93—99.
- [11] Thyssen HH, Brynskov J, Jansen EC, et al. Normal ranges and reproducibility for the quantitative Romberg's test [J]. Acta Neurol Scand, 1982, 66(1):100—104.
- [12] Soo-Chan Kim, Kim M, Kim N, et al. Quantification and validity of modified Romberg tests using three-axis accelerometers[C]. Springer Berlin Heidelberg, 2012:254—261.
- [13] Bermudez RM, Clark TK, Merfeld DM. Balance screening of vestibular function in subjects aged 4 years and older: a living laboratory experience[J]. Front Neurol, 2017, 8:631.
- [14] Bartlett D, Birmingham T. Validity and reliability of a pediatric reach test[J]. Pediatr Phys Ther, 2003, 15(2):84—92.
- [15] Rajendran V, Roy FG, Jeevanantham D. Reliability of pediatric reach test in children with hearing impairment[J]. Int J Pediatr Otorhinolaryngol, 2012, 76(6):901—905.
- [16] Calatayud J, Borreani S, Colado J, et al. Test-retest reliability of the star excursion balance test in primary school children[J]. Phys Sportsmed, 2014, 42(4):120—124.
- [17] Plisky PJ, Gorman PP, Butler RJ, et al. The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test[J]. N Am J Sports Phys Ther, 2009, 4(2):92—99.
- [18] Gonell AC, Romero JA, Soler LM. Relationship between the Y Balance Test scores and soft tissue injury incidence in a soccer team[J]. Int J Sports Phys Ther, 2015, 10(7):955—966.
- [19] Linek P, Sikora D, Wolny T, et al. Reliability and number of trials of Y Balance Test in adolescent athletes[J]. Musculoskelet Sci Pract, 2017, 31:72—75.
- [20] Yam T, Fong S. Y-Balance Test performance and leg muscle activations of children with developmental coordination disorder[J]. J Mot Behav, 2019, 51(4):385—393.
- [21] Faigenbaum AD, Myer GD, Fernandez IP, et al. Feasibility and reliability of dynamic postural control measures in children in first through fifth grades[J]. Int J Sports Phys Ther, 2014, 9(2):140—148.
- [22] Pourazar M, Bagherzadeh F, Mirakhori F. Virtual reality training improves dynamic balance in children with cerebral palsy[J]. International Journal of Developmental Disabilities, 2019, DOI: 10.1080/20473869.2019.1679471 (Published online: 26 Oct 2019):1—6.
- [23] Gan S, Tung L, Tang Y, et al. Psychometric properties of functional balance assessment in children with cerebral palsy[J]. Neurorehabil Neural Repair, 2008, 22(6):745—753.
- [24] Russell DJ, Rosenbaum PL, Cadman DT, et al. The gross motor function measure: a means to evaluate the effects of physical therapy[J]. Dev Med Child Neurol, 1989, 31(3):341—352.
- [25] Lundkvist Josenby A, Jarnlo G, Gummesson C, et al. Longitudinal construct validity of the GMFM-88 total score and goal total score and the GMFM-66 score in a 5-year follow-up study[J]. Phys Ther, 2009, 89(4):342—350.
- [26] 刘鹏, 黄东锋, 江沁, 等. 脑瘫患儿粗大运动功能测量量表的标准化研究[J]. 中国康复医学杂志, 2004, 19 (3):10—13.
- [27] 史惟, 朱默, 翟淳, 等. 基于ICF-CY的脑瘫粗大运动功能测试量表内容效度分析[J]. 中国康复理论与实践, 2013, 19 (1):13—18.
- [28] Russell DJ, Avery LM, Rosenbaum PL, et al. Improved scaling of the gross motor function measure for children with cerebral palsy: evidence of reliability and validity[J]. Phys Ther, 2000, 80(9):873—885.
- [29] 王素娟, 史惟, 廖元贵, 等. GMFM 66在0—3岁脑性瘫痪患儿粗大运动评估中的信度和效度研究[J]. 中华流行病学杂志, 2006, 27(6):530—534.
- [30] Bagley AM, Gorton G, Oeffinger D, et al. Outcome as-

- assessments in children with cerebral palsy, Part II: discriminatory ability of outcome tools[J]. *Dev Med Child Neurol*, 2007, 49(3):181—186.
- [31] Oeffinger DJ, Tylkowski CM, Rayens MK, et al. Gross motor function classification system and outcome tools for assessing ambulatory cerebral palsy: a multicenter study[J]. *Dev Med Child Neurol*, 2004, 46(5):311—319.
- [32] Franjoine MR, Gunther J, Taylor M. Pediatric balance scale: a modified version of the berg balance scale for the school-age child with mild to moderate motor impairment [J]. *Pediatr Phys Ther*, 2003, 15:114—128.
- [33] Darr N, Franjoine MR, Campbell S, et al. Psychometric properties of the pediatric balance scale using rasch analysis [J]. *Pediatr Phys Ther*, 2015, 27:337—348.
- [34] Duarte Nde A, Grecco LA, Franco RC, et al. Correlation between pediatric balance scale and functional test in children with cerebral palsy[J]. *J Phys Ther Sci*, 2014, 26:849—853.
- [35] Ries L, Michaelsen S, Soares P, et al. Cross-cultural adaptation and reliability analysis of the Brazilian version of pediatric balance scale (PBS)[J]. *Rev Bras Fisioter*, 2012, 16:205—215.
- [36] Franjoine MR, Darr N, Held S, et al. The performance of children developing typically on the pediatric balance scale[J]. *Pediatr Phys Ther*, 2010, 22:350—359.
- [37] Rose D, Lucchese N, Wiersma L. Development of a multidimensional balance scale for use with functionally independent older adults[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2006, 87:1478—1485.
- [38] Sim Y, Kim G, Yi C. The reliability and validity of the Korean version of the fullerton advanced balance scale in children with cerebral palsy[J]. *Physiother Theory Pract*, 2019, 35:1087—1093.
- [39] Horak F, Wrisley D, Frank J. The balance evaluation systems test (BESTest) to differentiate balance deficits[J]. *Phys Ther*, 2009, 89:484—498.
- [40] Levin I, Lewek M, Giuliani C, et al. Test-retest reliability and minimal detectable change for measures of balance and gait in adults with cerebral palsy[J]. *Gait Posture*, 2019, 72:96—101.
- [41] 王云龙, 陈长香, 马素慧, 等. 简易平衡评定系统测试平衡量表应用于脑卒中患者的因子分析[J]. *中国康复医学杂志*, 2015, 30(5):496—500.
- [42] 陈长香, 王云龙, 马素慧, 等. 简易平衡评定系统测试量表的效度与敏感度研究[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2015, 37(1):16—19.
- [43] Dewar R, Claus AP, Tucker K, et al. Reproducibility of the balance evaluation systems test (BESTest) and the mini-BESTest in school-aged children[J]. *Gait Posture*, 2017, 55:68—74.
- [44] Dewar R, Claus A, Tucker K, et al. Reproducibility of the kids balance evaluation systems test (Kids- BESTest) and the kids-mini-BESTest for children with cerebral palsy [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2019, 100(4):695—702.
- [45] Mccoy SW, Bartlett DJ, Yocum A, et al. Development and validity of the early clinical assessment of balance for young children with cerebral palsy[J]. *Dev Neurorehabil*, 2014, 17(6):375—383.
- [46] Randall KE, Bartlett DJ, Mccoy SW. Measuring postural stability in young children with cerebral palsy: a comparison of 2 instruments[J]. *Pediatr Phys Ther*, 2014, 26(3):332—337.
- [47] Pierce SR, Skorup J, Miller A, et al. The responsiveness and validity of the early clinical assessment of balance in toddlers with cerebral palsy: brief report[J]. *Dev Neurorehabil*, 2019, 22(7):496—498.
- [48] Alyssa LaForme Fiss, McCoy SW, Bartlett D, et al. Developmental trajectories for the early clinical assessment of balance by gross motor function classification system level for children with cerebral palsy[J]. *Phys Ther*, 2019, 99(2):217—228.
- [49] Goebel JA, Sataloff RT, Hanson JM, et al. Posturographic evidence of nonorganic sway patterns in normal subjects, patients, and suspected malingerers[J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 1997, 117(4):293—302.
- [50] Hebert JR, Manago MM. Reliability and validity of the computerized dynamic posturography sensory organization test in people with multiple sclerosis[J]. *Int J MS Care*, 2017, 19(3):151—157.
- [51] Bingham PM, Calhoun B. Digital posturography games correlate with gross motor function in children with cerebral palsy[J]. *Games Health J*, 2015, 4(2):145—148.
- [52] 金冬梅, 燕铁斌, 谭杰文. 平衡测试仪的信度研究[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2002, (4):14—16.
- [53] 许晶莉, 李林, 范艳萍. 静态平衡仪在痉挛型双瘫脑瘫患儿平衡功能康复中的应用[J]. *中国康复理论与实践*, 2008, (10):958—959.
- [54] 华晶, 何彦璐, 芮洪新. 静态平衡仪与儿童运动评估成套工具评定儿童平衡功能的相关性分析[J]. *中国儿童保健杂志*, 2019, 27(01):110—112.
- [55] 高敏, 梁英, 王萍芝, 等. 动静平衡仪评定踝关节稳定性的信效度研究[J]. *中国康复*, 2015, 30(6):451—454.
- [56] 杨志英, 薛晓焕, 刘秀红, 等. 感觉统合失调儿童静态平衡功能的临床研究[J]. *青岛大学医学院学报*, 2016, 52(2):188—190+193.
- [57] Gan S, Tung L, Tang Y, et al. Psychometric properties of functional balance assessment in children with cerebral palsy[J]. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 2008, 22(6):745—753.
- [58] Yuksel E, Ozcan Kahraman B, Nalbant A, et al. Functional reach and lateral reach tests in turkish children[J]. *Physical & Occupational Therapy In Pediatrics*, 2017, 37(4):389—398.
- [59] Bourelle S, Berge B, Gautheron V, et al. Computerized static posturographic assessment after treatment of equinus deformity in children with cerebral palsy[J]. *J Pediatr Orthop B*, 2010, 19(3):211—220.