

·综述·

脑性瘫痪患儿足部畸形评定方法研究进展

张雪原¹, 马丙祥^{1,2*}, 李华伟², 孔亚敏², 李瑞星², 谢克功²

1 河南中医药大学儿科医学院, 河南 郑州 450046;

2 河南中医药大学第一附属医院, 河南 郑州 450003

* 通信作者: 马丙祥, E-mail: mbx1963@126.com

收稿日期: 2022-04-04; 接受日期: 2022-09-20

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(81973904); 河南省中医药科学研究专项课题(2021JDZY021, 20-21ZY2034)

DOI: 10.3724/SP.J.1329.2022.06013

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



摘要 我国脑性瘫痪(CP)患儿发病率较高,给患儿、家庭、社会带来巨大的经济负担。剪刀步态、扁平足、足内翻或外翻等足部畸形是痉挛性CP患儿下肢痉挛的主要表现。CP属于非进行性脑损伤及神经受损。目前尚无有效治疗药物,若足部畸形长期得不到矫正,会导致肌肉、筋膜和韧带产生改变发生挛缩,可继发骨骼发育畸形,距跟、距舟和趾关节骨性关节炎,距跟关节和距跟舟关节骨性畸形,失去被动牵拉矫正的机会。扁平足者长期站立、行走、跑跳容易出现肢体疲劳和疼痛,必须尽早筛查确诊,实施康复训练。目前关于CP患儿足部畸形评定方法尚无统一标准。本研究对CP患儿足部畸形评定方法进行综述,主要阐述了静态分析评定法(足印分析法、影像学评定、立位跟骨休息位角度和距下关节硬度评定、表面肌电图检测等)、动态分析评定法(粗大运动功能分级系统、Berg平衡量表、足底压力系统等)相关评估工具的原理、检测评估方法、优缺点及适用范围,以期为CP患儿足部畸形的诊断、康复治疗和康复效果评估提供参考。研究发现,静态分析评定法主要倾向于结构的评价,动态分析评定法主要倾向于平衡与运动功能的评估。

关键词 脑性瘫痪;足部畸形;静态分析评定法;动态分析评定法;儿童

脑性瘫痪(cerebral palsy, CP)是指发育中的胎儿或婴幼儿脑部非进行性损伤导致的一组持续存在的中枢性运动和姿势发育障碍、活动受限综合征。CP患儿除运动障碍外,还常伴感觉、知觉、认知、交流和行为障碍,以及癫痫和继发性肌肉、骨骼问题^[1]。每1 000例活产的婴儿中有2.0~3.5例出现脑瘫,目前全球约有2 000多万例脑瘫患者。痉挛型脑瘫是CP的主要类型之一,常表现为肢体的异常痉挛,其中下肢痉挛表现为剪刀步态、足内翻或外翻等足部畸形。研究显示,约61%脑瘫患儿伴有马蹄外翻足,而且足外翻往往在粗大运动功能分级系统(gross motor function classification system, GMFCS)Ⅲ/Ⅳ级儿童中持续存在,6岁以后GMFCS I/Ⅱ级儿童中呈逐渐恢复趋势^[2]。足部畸形严重影响了脑瘫患儿的运动和平衡能力,其姿势、行走、跑跳

等日常活动均明显受限。应用系统评估方法以明确脑瘫足部畸形的诊断与严重程度是采取恰当治疗手段的前提,有利于在关节进展性畸变之前及时接受矫形鞋垫、辅具等治疗以缓解不适或疼痛的症状,纠正骨性对齐,并尽可能改善脑瘫患儿的运动功能。本研究就脑瘫患儿足部畸形评估方法进行综述,为临床工作选择合适的评估工具提供参考和借鉴。

1 静态分析评定法

1.1 足印分析法

足印分析法获取的是二维平面图,作为一种操作简单的测量方法,常在临床上用于足部畸形的评估^[3]。足弓是足的重要结构,足弓的塌陷或缺失是足部畸形的主要表现,通过足印图可直观显示足弓

引用格式: 张雪原, 马丙祥, 李华伟, 等. 脑性瘫痪患儿足部畸形评定方法研究进展[J]. 康复学报, 2022, 32(6): 562-568.

ZHANG X Y, MA B X, LI H W, et al. Research progress on foot deformity assessment methods of children with cerebral palsy [J]. Rehabilitation Medicine, 2022, 32(6): 562-568.

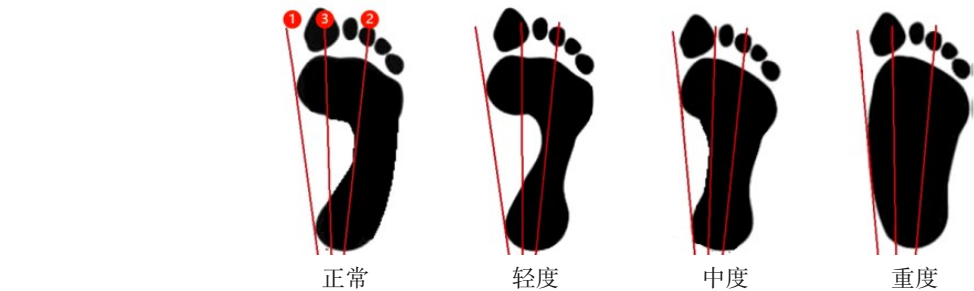
DOI: 10.3724/SP.J.1329.2022.06013

情况。足印分析法分为三线法、比值法、Clarke角、Chippaux-Smirak Index (C-S 指数) 和 Staheli Arch 指数。这些方法的基础理念是足弓的高度与脚印面积具有相关性,通过不同的计算公式来确定足跟、内侧足和前足之间的关系^[4],为临床足部畸形的诊断提供依据。三线法可用于评估扁平足,首先将足内侧边缘切线与第三趾和足跟后侧边缘中点的连线形成夹角,在此夹角引出分角线,再依据足弓内缘是否超过该分角线判断扁平足的轻重程度。见表1、图1。有研究将足印图三线法作为观察运动机能贴布缓解脑瘫患儿足外翻异常畸形的疗效观察

指标之一。结果显示,2组治疗后足印图三线法评估足弓内侧缘位置差异具有统计学意义^[5]。取足印内侧凹缘中点,向足印内缘前后最突出部位连线引1条垂直线,此垂直线与内缘连线、足印内/外侧缘分别相交于a(基线与垂直线的交点)、b(垂直线与足印内缘的交点)、c(垂直线与足印外缘的交点)3点,根据3点间距离比值进行足印足弓分类的方法称为比值法。具体方法见表1、图2。那尔布力·巴合提别克等^[6]采用足印图比值法评估针刀治疗脑性瘫痪伴足外翻的临床疗效,结果显示,2组治疗后足印图比值法等级及比值比差异具有统计学意义。

表1 足印图三线法与比值法具体评估方法

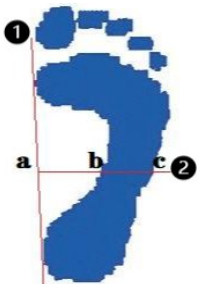
Table 1 Specific evaluation methods of three-line method and ratio method of footprint		
评估方法	评估内容	分级结果
三线法	第1线:足印内侧最突出的2个点连线;	轻度:足弓内侧在第2、3线间;
	第2线:足部第3趾的中心点与足跟后侧的中点连线;	中度:足弓内侧在第3线内侧边缘;
	第3线:第1、2线形成的夹角的分角线。	重度:足弓内侧超出第3线。
比值法	基线:足印的内缘前后较为突出处连线;	轻度:ab/bc>1.0/1.5;
	垂直线:足印内缘凹陷边缘中点,由此向基线作1条垂直线;	中度:ab/bc=1.0/1.5~1.0/3.0;
	三点:垂直线分别与基线和足印内外侧缘交于a、b、c点。	重度:ab/bc<0/1.0。



注:①为第1线;②为第2线;③为第3线。
Note: ① is the first line; ② is the second line; ③ is the third line.

图1 足印图三线法分级示意图

Figure 1 Schematic diagram of three-line classification of footprints



注:①为基线;②为垂直线。
Note: ① is the baseline; ② is the vertical line.

图2 足印图比值法示意图

Figure 2 Schematic diagram of the footprint ratio method

足印图所需材料简单易得,具有简、便、廉、效的特点,在评价足弓降低以及跟骨外翻方面具有积极意义。在经济相对欠发达或医疗设备不完善的地区,足印图仍作为临床常用的诊断或疗效评价指标。但因其没有客观定量指标,只能粗略展现出足部畸形的大概程度,因此临床评估中要结合其他指标进行综合评定。

1.2 影像学评定

影像学资料是临床诊断和治疗随访的重要依据,对诊断扁平足、高足弓和内翻足具有重要意义。采用负重位电子计算机断层扫描(computed tomog-

raphy, CT)对足跟骨、第1跖跗关节、第1跖骨、跟骰关节相应位点进行连线分别测出前后弓角、内外弓角的角度大小,能够客观地显示出足后跟骨性角度是否异常^[7]。有研究采用改良胫骨后足角法(tibio-hindfoot angle, THA)对平足患者后足力线角度进行10°位X线拍摄,可以准确地反映后足外翻程度^[8]。负重X线平片从外侧角度可评估跟骨倾斜角、距骨第2跖骨角、外侧纵弓角、内侧纵弓角,反映了前、后足的矢状面状态,跟骨倾斜角较低,跖骨角度较大,表明足部较平坦,跟骨倾斜角测量扁平足准确率相对较高。KIM等^[9]通过负重X线片发现,足跟骨延长截骨术(calcaneal lengthening osteotomy, CLO)能有效矫正有症状的柔性扁平足的三维畸形。但负重位下不同角度(侧位、后位)可能产生较大的测量误差,应根据临床需求不断改进,提出更精准、更便捷的测量方法。

1.3 立位跟骨休息位角度和距下关节硬度评定

立位跟骨休息位(rest standing position of calcaneus, RCSP)是没有对下肢作任何矫正的足部状态,可直接反映患儿足内外翻的角度,是临床评估足内外翻的重要指标之一^[10]。RCSP角度是地面垂直线跟骨中位线的角度,当患者在俯卧位时,在跟骨中点画1条与水平面垂直的延长线,然后让患者直立,在坚实的平台,最后用量角器测量延长线与水平面垂直线的夹角即RCSP角度(外翻 $>4^{\circ}$ 、内翻 $<-4^{\circ}$)^[11]。见图3。



图3 RCSP角度测量示意图

Figure 3 Schematic diagram of RCSP angle measurement

在整个步态周期中,距下关节(subtalar joint, STJ)参与减震并协助迈步,该关节出现运动功能障碍时,表现为关节僵硬和/或不稳定性增加。临床STJ活动性检查主要包括临床医生评估关节活动度、韧带疼痛、完整性测评以及关节角度测量^[11]。距下关节硬度是一种生物力学指标,反映了扁平足部的矫正阻力。有研究显示,临床测试距下关节硬

度可更准确地对足部畸形做出诊断与分类^[10]。但若受试者为年龄较小儿童,不能独自稳定站立,需要辅助或受试者皮下脂肪厚度存在差异,可能会造成RCSP角度与距下关节硬度存在一定的测量误差,影响结果的准确性。但RCSP角度与距下关节硬度较直观,可为临床工作者在制定脑瘫患者足部畸形康复计划时提供生物力学参考,以提升治疗效果。

1.4 表面肌电图检测

表面肌电图(surface electromyography, sEMG)通过表面电极采集和记录肌肉活动不同状态下的神经肌肉电生理信号,对神经肌肉功能作定量和定性分析,并推测神经肌肉的病变特性,是浅层肌肉肌电和神经干上电活动在皮肤表面的综合效应^[12]。表面肌电信号活动的变化能在一定程度上反映肌肉功能状态(如肌张力、肌力水平、多肌群协调性等)^[13]。脑瘫患儿足部畸形时,相关肌肉长期不均衡发育导致肌电信号异常,通过表面肌电图可对足病有更全面的了解。有研究采用sEMG测试和关节活动度(range of motion, ROM)评估痉挛型脑瘫马蹄足患儿接受跟腱延长术的疗效,结果显示术后患儿被动背屈时腓肠肌肌电显著降低,ROM较治疗前增加,表明跟腱延长术对于改善踝关节背屈畸形并纠正马蹄内翻足有积极意义^[14]。

表面肌电图结合运动学与动力学采集到的肌电信号代表了肌肉功能的特性,提供了有关神经肌肉活动的信息,在康复工程领域常被应用于评定假肢、外骨骼的控制情况,用于诊断肌肉骨骼疾病、评估肌力、明确病因及制定康复计划,因其可操作性较强,应用越来越广泛。有研究显示,sEMG用于颈腰背肌、下肢肌群等不同受试肌静态或动态收缩的测试信度普遍较高^[15]。sEMG在静态或动态收缩、组内与组间比较获取结果的信度都较好,频域指标相对时域指标的信度更高^[16]。电极放置方案或程序、sEMG信号时序和接收强度等都可影响测试结果,应在消除串扰、增强信号、标准化方面开展深入研究,以更加敏感地提供神经肌肉活动的信息。

2 动态分析评定法

2.1 粗大运动功能分级系统

粗大运动功能分级系统(gross motor function classification system, GMFCS)是根据脑瘫儿童运动功能受限随年龄变化的规律所设计的一套分级系统,能客观地反映脑瘫儿童粗大运动功能发育情况。GMFCS将脑瘫儿童分为5个年龄组,每个年龄

组根据其运动功能从高到低分为5个级别。GMFCS可以用于评定脑瘫儿童粗大运动功能发育障碍程度。

粗大运动功能测试量表(gross motor function measure 88, GMFM-88)主要用于评定脑瘫儿童粗大运动功能随着时间或干预而出现的改变。GMFM-88包含了对人体基本运动内容的评估,共5个分区(88个项目),其中A区(17项)卧位与翻身;B区(20项)坐位;C区(14项)爬与跪;D区(13项)站立;E区(20项)行走与跑跳^[17]。研究显示,该量表具有良好的信度、效度和稳定性,广泛适用于脑瘫患儿自主发起的粗大功能评估^[18]。王玉娟等^[19]研究发现,GMFCS评分能有效评估不同时机(出生后至1周岁)康复治疗对CP患儿足外翻步态矫正及预后的影响。GMFM-88有利于医师、治疗师和家长更好理解脑瘫患儿运动发育进程,为制定相应康复计划及评价训练疗效提供科学依据^[20]。但是,GMFM-88项目并不是依据运动难易程度排序,而是按体位转换顺序,每次评估时患儿需完成全部88项内容的评估才最有意义。

2.2 Berg平衡量表

Berg平衡量表(Berg balance scale, BBS)主要是评估患者下肢运动过程中的动静态平衡能力,共包括站起、坐下、独立站立、闭眼站立、上臂前伸、转身1周、双足交替踏台阶、单腿站立等14个项目,每个项目得分0~4分,总分56分。得分越高表明平衡功能好,总分<40分提示有跌倒风险^[21]。研究显示,BBS各单项重测信度和全表重测信度均>0.96,具有良好的重复测试信度,可以从动、静态全面反映被测试者整体的平衡能力^[22]。何璐等^[23]研究发现,Berg平衡量表能较客观地评价痉挛型脑性瘫痪儿童的平衡功能。刘帅等^[24]研究发现,Berg平衡量表可以评价足部畸形痉挛性脑瘫患儿穿戴国际生物力学学院矫形鞋垫进行治疗后的运动功能、平衡功能,为临床康复治疗方案的制定提供依据。但在Berg平衡量表应用过程中,评估者需借助秒表、台阶、座椅等工具,其结果在一定程度上受评估环境、参与人员等因素的影响^[25],量表有效性及可靠性存在一定争议。

2.3 足底压力系统

动态足底压力的步态分析是一种运用时间、空间、动力学参数对步态进行客观、精确、定量和对比分析的生物力学方法^[26],主要指标为压力峰值、支撑期的足底压力曲线、足底压强、各区受力面积及

比例等。其可同步检测人体特别是下肢关节在行走中的变化(如行走时步长、步速、步频、步宽等),为制定康复训练计划和客观、定量分析康复疗效提供现代运动分析技术^[27]。人行走时足部对地面产生不均等分布压力,一般分为足趾压力区(T1、T2~T5)、中足压力区(M1~M5、MF)、后足压力区(HM、HL)7个解剖部分(见图4)。足部压力变化可以直接反映出人体在运动过程中足部的结构、功能以及整个身体姿势的运动状况^[28]。正常足由于足内侧纵弓的存在,内侧缘负重较小;足外翻者由于足内侧纵弓的塌陷,足弓内侧负重较正常足大,足拇指和足中段内侧负重明显^[29]。向其鹏等^[30]比较高弓足和正常足受试者裸足行走时的足底压力参数,研究发现高弓足足弓区域接触面积远小于正常足,其他区域均稍大于正常足,而高弓足与正常足第2、4跖骨足底接触面积差异无统计学意义。足底异常的高压强峰值反映了足部结构和功能的异常^[31],高弓足足弓部位较高,相关肌肉、韧带强度改变使得足底接触面积中心前移,除足弓外其他大部分区域(如前脚掌)承受的压强变大^[32]。HUANG等^[33]在对比穿平底鞋垫和拱形支撑鞋垫矫正扁平足效果的研究中,运用无线足底压力系统测量患者站立时间、迈步速率、足底压力和接触面积,研究结果显示拱形支撑鞋垫组患者第2~4跖骨峰值压力和中足接触面积分布更均匀,缩短了不同坡度下的站立时间,矫正效果更好。

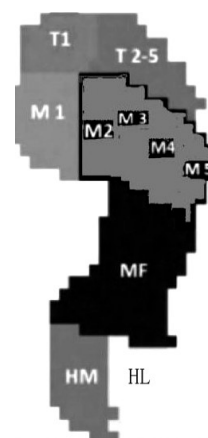


图4 足底压力分区图

Figure 4 Bottar pressure partition diagram

足底压力系统依据人体足部运动特征,借助相关器械可以测量足底不同区域压力以及足-地接触面积,但是行走时步速、测试平台与地面、步态的差异对测量数据往往会有影响,从而产生误差。虽然

传感器技术的改进有利于降低结果误差,但还需对足底区域做出统一的精细划分,并将测量环境进一步标准化。

3 不同评定方法优缺点比较

脑瘫患儿足部畸形评定方法多种多样,各有其优缺点,临床中应根据实际情况灵活运用。见表2。

表2 不同足部畸形评定方法的优缺点

Table 2 Advantages and disadvantages of different foot deformity assessment methods

评估类型	评估方法	优点	缺点	适用范围
静态评估	足印分析法	简单、快速、经济	结果粗略、只有大概程度,而没有客观定量指标	早期初步诊断和分级
	影像学评定	精准便捷,可以了解足的主要结构及形态	标准不一、检测效率相对低,成本较高,X射线辐射危害	需要获取足骨组织结构 and 发育情况
	立位跟骨休息位角度	踝关节旋转角度直观	较繁琐,存在人为误差	观察跟骨立线错位角度
	表面肌电图检测	可获取神经肌肉活动的信息	信号接收、肌肉收缩、电极放置方案和程序以及EMG信号时序和强度等方面有所不足	深入研究足畸形形成的原因及形态特征
动态评估	GMFCS	标准化功能评估,具有更强的精度和稳定性,不需特殊设备,用时较少,可直观评估静、动态平衡功能	项目多、耗时长,评估难度值高	评估下肢平衡功能
	Berg平衡量表	基于足底压力图像对足型识别效果好	结果受评估环境、参与人员等因素影响	评价运动功能、平衡功能
	足底压力系统		模型的泛化能力需进一步完善	大样本调研;分析左右足底压力分布及相关数据

4 讨 论

小儿脑性瘫痪是儿童神经残疾中最为严重和常见的疾病,足部畸形是脑瘫患儿常见并发症,足部畸形不及时诊治常会导致行走姿势异常或/和功能缺陷,对个人生理、心理以及家庭均有负面影响。目前,有关CP儿童足部畸形的临床重视程度不够,尚无公认的用以评估脑瘫患儿足部畸形矫正疗效的评估方法。足部结构复杂,具有弹性缓冲、能量转移的功用,是人体活动的基础。当人体足部不稳时,身体的平衡及运动功能常会受到影响,躯干软组织、骨骼、肌肉和肌腱为维持功能产生“代偿”作用,增加足部损伤的风险。

根据足部功能、肌肉不平衡水平和痉挛状态来评估脑瘫性患儿足部畸形的柔韧性和可还原性,是选择适当治疗方案的必要准备。足弓是足的重要结构,足弓的塌陷或缺失是足部畸形的主要表现,在静态评估中可通过足印图直观显示。足部畸形首先损害的是患儿的下肢运动功能,GMF88可用于脑性瘫痪患儿运动能力评定,也可作为临床评定足部畸形康复疗效的首选。此外,影像学检查(X线等)可进一步为诊断或疗效评价提供数据支

持。距骨第1跖骨角(Meary角)是评价足弓高度的重要指标;RCSP、足底压力测量可以更直观地与正常足进行比较,从而提高诊断足部畸形的效率,并可对畸形严重程度进行分级。研究表明,使用单个指标评估临床疗效往往不能得到确切结果,需要动静结合、临床观察与客观测量多方面综合评估,才能反映足部畸形的治疗效果^[17]。综合运用评估方法可以更准确地诊断足部畸形,从而实现早期诊断、精准评估,为每位患儿制定个体化完整的诊疗方案,以改善CP患儿步态和运动功能,提高平衡协调性和生活质量。

参考文献

- [1] 《中国脑性瘫痪康复治疗指南》编写委员会. 脑性瘫痪的定义、诊断标准及临床分型[J]. 中华实用儿科临床杂志, 2014, 29(19): 1520.
Compiling Committee of Guidelines for Rehabilitation and Treatment of Cerebral Palsy in China. Definition, diagnostic criteria and clinic classification of cerebral palsy [J]. Chin J Appl Clin Pediatr, 2014, 29(19): 1520.
- [2] CHURCH C, LENNON N, ALTON R, et al. Longitudinal change in foot posture in children with cerebral palsy [J]. J Child Orthop, 2017, 11(3): 229-236.
- [3] 李海, 张海瑞, 张瀚元, 等. 扁平足检测方法研究及进展[J]. 中

- 国卫生标准管理,2018,9(9):34-37.
- LI H, ZHANG H R, ZHANG H Y, et al. Study on detection methods and progress of flatfoot [J]. China Health Stand Manag, 2018, 9(9):34-37.
- [4] GIJON-NOGUERON G, MARCHENA-RODRIGUEZ A, MONTES-ALGUACIL J, et al. Evaluation of the paediatric foot using footprints and foot posture index: a cross-sectional study [J]. J Paediatr Child Health, 2020, 56(2):201-206.
- [5] 郑淞尹,王艳,项栋良,等.运动机能贴布结合运动训练治疗脑瘫患儿足外翻疗效观察[J].康复学报,2020,30(3):230-234.
- ZHENG S Y, WANG Y, XIANG D L, et al. Treatment of kinesiology taping combined with exercise training in children with foot valgus caused by cerebral palsy [J]. Rehabil Med, 2020, 30(3):230-234.
- [6] 那尔布力·巴合提别克,方丽娜,袁红丽,等.针刀配合康复训练治疗脑性瘫痪伴足外翻的临床研究[J].上海针灸杂志,2017,36(11):1329-1332.
- NAERBULI B, FANG L N, YUAN H L, et al. Clinical study on needle knife plus rehabilitation training for treatment of cerebral paralysis with strephexopodia [J]. Shanghai J Acupunct Moxibust, 2017, 36(11):1329-1332.
- [7] BURSENS A, PEETERS J, BUEDTS K, et al. Measuring hindfoot alignment in weight bearing CT: a novel clinical relevant measurement method [J]. Foot Ankle Surg, 2016, 22(4):233-238.
- [8] 梁景棋,赵宏谋,张言,等.改良后足力线X线测量方法研究及其对平足患者的评估价值[J].中华解剖与临床杂志,2020,25(1):8-13.
- LIANG J Q, ZHAO H M, ZHANG Y, et al. Modified hindfoot alignment radiological evaluation and application in the flatfoot [J]. Chin J Anat Clin, 2020, 25(1):8-13.
- [9] KIM H Y, CHA Y H, LEE J S, et al. Changes in gait and radiographic and clinical results of calcaneal lengthening osteotomy in children with idiopathic flexible flatfoot [J]. Clin Orthop Surg, 2020, 12(3):386-395.
- [10] CHEN W, YAO J, YANG Y, et al. Relationship between subtalar joint stiffness and relaxed calcaneal stance position in cerebral palsy children with valgus deformities [J]. Biomed Res Int, 2018, 2018:6576108.
- [11] LEE E C, KIM M O, KIM H S, et al. Changes in resting calcaneal stance position angle following insole fitting in children with flexible flatfoot [J]. Ann Rehabil Med, 2017, 41(2):257-265.
- [12] 夏玲,王磐,吴春芳,等.表面肌电图在周围神经损伤修复过程中的应用价值[J].中国组织工程研究,2019,23(7):1142-1148.
- XIA L, WANG P, WU C F, et al. Application value of surface electromyography in the repair of peripheral nerve injury [J]. Chin J Tissue Eng Res, 2019, 23(7):1142-1148.
- [13] DI NARDO F, STRAZZA A, MENGARELLI A, et al. EMG-based characterization of walking asymmetry in children with mild hemiplegic cerebral palsy [J]. Biosensors (Basel), 2019, 9(3):E82.
- [14] 方科,李范玲,肖晟,等.跟腱延长术治疗痉挛型脑性瘫痪患儿马蹄足的效果[J].中国康复理论与实践,2017,23(6):734-736.
- FANG K, LI F L, XIAO S, et al. Effects of achilles tendon lengthening on talipes equinus in children with spastic cerebral palsy [J]. Chin J Rehabil Theory Pract, 2017, 23(6):734-736.
- [15] LARIVIÈRE C, ARSENAULT A B, GRAVEL D, et al. Electromyographic assessment of back muscle weakness and muscle composition: reliability and validity issues [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2002, 83(9):1206-1214.
- [16] 李青青,吴宗耀,罗利平.表面肌电图的信度研究[J].中国康复医学杂志,2006,21(3):224-227.
- LI Q Q, WU Z Y, LUO L P. Reliability of surface electromyography [J]. Chin J Rehabil Med, 2006, 21(3):224-227.
- [17] 史惟.复旦中文版脑瘫粗大运动功能测试量表项目难度改良及反应度和精确度研究[J].中国循证儿科杂志,2018,13(2):81-87.
- SHI W. The study of items difficulty order, responsiveness and precision of Fudan Chinese version gross motor function measure [J]. Chin J Evid Based Pediatr, 2018, 13(2):81-87.
- [18] 孙耀金,张晓琴,汤健,等.基于Bobath理念的核心稳定性训练对痉挛型脑性瘫痪儿童运动功能的影响[J].康复学报,2021,31(2):119-124.
- SUN Y J, ZHANG X Q, TANG J, et al. Effect of core stability training based on bobath concept on motor function of children with spastic cerebral palsy [J]. Rehabil Med, 2021, 31(2):119-124.
- [19] 王玉娟,刘青,周春明.不同时机康复干预对脑瘫患儿足外翻步态矫正及预后的影响[J].中国实用医药,2020,15(10):23-25.
- WANG Y J, LIU Q, ZHOU C M. Effect of rehabilitation intervention at different timings on the gait correction and prognosis of talipes Valgus in children with cerebral palsy [J]. China Pract Med, 2020, 15(10):23-25.
- [20] KO J. Functional improvement after the gross motor function measure-88 (GMFM-88) item-based training in children with cerebral palsy [J]. J Kor Phys Ther, 2017, 29(3):115-121.
- [21] 金冬梅,燕铁斌. Berg平衡量表及其临床应用[J].中国康复理论与实践,2002,8(3):155-157.
- JIN D M, YAN T B. Berg balance scale and its clinical application [J]. Chin J Rehabil Theory Pract, 2002, 8(3):155-157.
- [22] MESEGUER-HENAREJOS A B, RUBIO-APARICIO M, LÓPEZ-PINA J A, et al. Characteristics that affect score reliability in the Berg balance scale: a Meta-analytic reliability generalization study [J]. Eur J Phys Rehabil Med, 2019, 55(5):570-584.
- [23] 何璐,徐开寿,邱晒红,等. Berg平衡量表对痉挛型脑瘫儿童平衡功能评定的信度研究[J].中国康复,2010,25(1):21-23.
- HE L, XU K S, QIU S H, et al. Reliability of Berg balance scale in balance function of children with spastic cerebral palsy [J]. Chin J Rehabil, 2010, 25(1):21-23.
- [24] 刘帅,孙强三. ICB矫形鞋垫有纠正痉挛型双瘫患儿平衡、步行能力及下肢生物力线的作用[J].中国组织工程研究,2020,24(33):5272-5276.
- LIU S, SUN Q S. ICB orthotic insole can correct balance, walking ability and biological force line of lower limbs in children with spastic diplegia [J]. Chin J Tissue Eng Res, 2020, 24(33):5272-5276.
- [25] JOUNG H J, YANG H K, LEE Y. Effect of dance on balance, mo-

- bility, and activities of daily living in adults with cerebral palsy: a pilot study [J]. *Front Neurol*, 2021, 12: 663060.
- [26] 杨洁, 倪朝民. 足底压力及其临床康复应用研究进展[J]. 中国临床保健杂志, 2014, 17(3): 329-331.
- YANG J, NI C M. Research progress of plantar pressures and its clinical rehabilitation application [J]. *Chin J Clin Health*, 2014, 17(3): 329-331.
- [27] 潘永雄, 陈锦, 王大伟, 等. 足底压力测试系统的常用步态分析指标[J]. 临床医学工程, 2018, 25(9): 1267-1269.
- PAN Y X, CHEN J, WANG D W, et al. The common gait analysis indicators of plantar pressure system [J]. *Clin Med Eng*, 2018, 25(9): 1267-1269.
- [28] 刘晓飞, 苏思维, 杜森, 等. 正常足与高弓足的足底压力分布特征的对比研究[J]. 泰山医学院学报, 2020, 41(2): 85-88.
- LIU X F, SU S W, DU S, et al. Comparison of plantar pressures and contact area between normal and cavus foot [J]. *J Taishan Med Coll*, 2020, 41(2): 85-88.
- [29] 宋礼文, 向长城, 邱达, 等. 基于足底压力分布的足部运动特征提取[J]. 医用生物力学, 2021, 36(3): 431-436.
- SONG L W, XIANG C C, QIU D, et al. Feature extraction of foot movement based on plantar pressure distributions [J]. *J Med Biomech*, 2021, 36(3): 431-436.
- [30] 向其鹏, 李紫豪, 吴秀清, 等. 足弓结构对足底压力分布的影响[J]. 皮革科学与工程, 2019, 29(3): 59-62.
- XIANG Q P, LI Z H, WU X Q, et al. Effect of arch structure on plantar pressure distribution [J]. *Leather Sci Eng*, 2019, 29(3): 59-62.
- [31] 马新颖, 满喜. 不同年龄段人群行走足底压力特征分析[J]. 医用生物力学, 2020, 35(1): 108-113.
- MA X Y, MAN X. Analysis on characteristics of plantar pressures in different age groups during walking [J]. *J Med Biomech*, 2020, 35(1): 108-113.
- [32] DERLATKA M, IHNATOUSKI M, JAŁBRZYKOWSKI M, et al. Ensembling rules in automatic analysis of pressure on plantar surface in children with pes planovalgus [J]. *Adv Med Sci*, 2019, 64(1): 181-188.
- [33] HUANG Y P, PENG H T, WANG X, et al. The arch support insoles show benefits to people with flatfoot on stance time, cadence, plantar pressure and contact area [J]. *PLoS One*, 2020, 15(8): e0237382.

Research Progress on Foot Deformity Assessment Methods of Children with Cerebral Palsy

ZHANG Xueyuan¹, MA Bingxiang^{1,2*}, LI Huawei², KONG Yamin², LI Ruixing², XIE Kegong²

¹ Medical School of Pediatrics, Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou, Henan 450046, China;

² The First Affiliated Hospital of Henan University of Traditional Chinese Medicine, Zhengzhou, Henan, 450003, China

*Correspondence: MA Bingxiang, E-mail: mbx1963@126.com

ABSTRACT The incidence of cerebral palsy (CP) is high in China, which brings huge economic burden to patients, families and society. Foot deformities such as scissors gait, flat foot, varus or valgus are the main manifestations of lower limb spasm in patients with spastic cerebral palsy. Cerebral palsy is a kind of non-progressive brain injury and nerve damage. At present, there is no effective treatment. If the foot deformity was not corrected for a long time, the muscles, fascia and ligament will change and contracture will occur, which can lead to secondary skeletal deformity, osteoarthritis of talocalcaneal, talonavicular and phalangeal joints, bony deformities of talocalcaneal joints and talonavicular joints, and miss the opportunity for passive traction correction. Patients with flat feet are prone to limb fatigue and pain when standing, walking, running and jumping for a long time, so it is necessary to screen and diagnose as soon as possible and implement rehabilitation training. Currently, there is no unified standard for the evaluation of foot deformity in children with CP. This review summarizes the evaluation methods for foot deformity in children with CP, mainly including the principles, evaluation methods, advantages, disadvantages and scope of application of related evaluation tools for static analysis (footprint analysis, imaging evaluation, angle of standing calcaneus rest position, subtalar joint hardness, surface electromyography, etc.) and dynamic analysis (gross motor function grading system, Berg balance scale, plantar pressure system, etc.). The purpose is to provide reference for the diagnosis, rehabilitation treatment and rehabilitation outcomes evaluation of foot deformities in children with CP. The review found that the static analysis and evaluation method was mainly used for structure evaluation, while the dynamic analysis and evaluation method was mainly used for the evaluation of balance and motor function.

KEY WORDS cerebral palsy; foot deformity; static analysis and evaluation method; dynamic analysis and evaluation method; children

DOI:10.3724/SP.J.1329.2022.06013