·科研论著·

GMFCSⅠ-Ⅱ级痉挛型双瘫儿童足弓发育的研究及康复治疗方案

高夫宁，汤健，陈文翔，张磊，朱敏

南京医科大学附属儿童医院康复医学科，江苏 南京 210008

摘 要：目的 探讨 GMFCSⅠ-Ⅱ级痉挛型双瘫儿童足弓发育的康复治疗方案，为临床诊疗提供参考依据。**方法** 选取粗大运动功能分级系统(GMFCS)为Ⅰ-Ⅱ级的 50 例痉挛型双瘫儿童，采用随机数字表法分成观察组(25 例)和对照组(25 例)，对照组辅以常规运动治疗，观察组则在此基础上给予足弓矫正操治疗，观察组和对照组患者均每天治疗 1 次，每周治疗 5d，于介入前、介入 6 个月后评估，分别测量足弓指数 F、电子足底压力测量指标和粗大运动功能测试量表(GMFM、GMFM-88)中的 D、E 区评分，以评定扁平外翻足严重程度及运动发育水平。**结果** 介入前观察组和对照组儿童的足弓指数 F、电子足底压力测量指标及 GMFM-88 评分比较，差异无统计学意义($P>0.05$)。与介入前比较，介入 6 个月后，两组儿童的足弓指数 F($t=9.89$、5.35)及 GMFM-88 评分($t=6.59$、3.46)均显著升高($P<0.05$)；且观察组和对照组足弓指数 F 和 GMFM-88 评分 (26.08±0.73、30.24±7.94)均显著高于对照组(25.34±0.64、25.20±7.06)，差异有统计学意义($t=3.81$、2.37，$P<0.05$)。电子足底压力测量指标足底压力图片显示足部外侧压力与内侧压力相比逐渐增加，中足足弓区域压力减少，说明足外翻程度减少和足弓的渐进发育。**结论** 融合足弓矫正操治疗的综合康复治疗技术能促进 GMFCSⅠ-Ⅱ级痉挛型双瘫儿童足弓发育，对改善其足踝功能及运动发育水平具有积极作用。

关键词： 粗大运动功能分级系统；脑性瘫痪；足弓；扁平外翻足

中图分类号：R742.3 **文献标识码：**A **文章编号：**1008-6579(2024)05-0484-07 doi:10.11852/zgetbjzz2023-0522

Study on the development of foot arch and rehabilitation treatment plan for children with spastic diplegia in cerebral palsy gross motor function classification system grade Ⅰ-Ⅱ

GAO Funing, TANG Jian, CHEN Wenxiang, ZHANG Lei, ZHU Min

Department of Rehabilitation, Children's Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing, Jiangsu 210008, China

Corresponding author: ZHU Min, E-mail: 1553526445@qq.com

Abstract: Objective To investigate the development of the foot arch and develop a rehabilitation treatment plan for children with spastic diplegia of cerebral palsy gross motor function classification(GMFCS) system grade Ⅰ-Ⅱ. **Methods** Fifty children with spastic diplegia and flat exostosis with GMFCS grade Ⅰ-Ⅱ were selected into this study, and were divided into observation group ($n=25$) and control group ($n=25$) using the random number table method. The control group received conventional exercise therapy, while the observation group received arch correction exercises additionally. Both groups underwent treatment once a day for 5 days a week. Children in both groups were evaluated before and 6 months after the intervention. The arch index F, electronic plantar pressure measurement index, and the D and E scores of the Gross Motor Function Measure (GMFM-88) were used to assess the severity of clubfoot and the level of motor development. **Results** Bofore intervention, there were no significant differences in the arch index F, electronic plantar pressure measurement index, and GMFM-88 score between the observation group and the control group ($P>0.05$). After 6 months of intervention, the scores of arch index F($t=9.89$, 5.35), and GMFM-88 ($t=6.59$, 3.46) in both groups increased significantly($P<0.05$). The scores of foot arch index F (26.08±0.73) and GMFM-88 (30.24±7.94) in the observation group and control group were significantly higher than those in the control group (25.34±0.64, 25.20±7.06) ($t=3.81$, 2.37, $P<0.05$). Plantar pressure pictures showed a gradual increase in lateral foot pressure compared to medial pressure, and a decrease in pressure in the midfoot arch area, indicating a decrease in foot valgus and progressive development of the arch. **Conclusion** The comprehensive rehabilitation therapy technique incorporating arch correction

基金项目：南京医科大学科技发展基金面上项目(2016NJMU085)

作者简介：高夫宁(1983-)，男，主管技师，学士学位，主要研究方向为儿童康复治疗技术。

通信作者：朱敏，E-mail：1553526445@qq.com

and gymnastics treatment can promote the arch development in children with GMFCS grade Ⅰ-Ⅱ spastic diplegia, which is important for improving their foot and ankle function and motor development level.

Keywords: gross motor function grading system; cerebral palsy; foot arch; flat exostosis foot

脑性瘫痪(cerabral palsy,CP)是一组持续存在的由于发育中胎儿或婴幼儿脑部非进行性损伤所致中枢性运动和姿势发育障碍、活动受限症候群,常伴有感知觉认知、交流和行为障碍以及癫痫和继发性肌肉、骨骼问题[1]。痉挛型脑性瘫痪(spastic cerebral palsy,SCP)是 CP 类型分布中所占比例最常见的亚型,约占所有病例的 70%～80%[2-3],并以痉挛型偏瘫或痉挛型双瘫为主[4]。欧洲脑瘫监测网络(Surveillance of Cerebral Palsy in Europe,SCPE)显示痉挛型偏瘫和痉挛型双瘫患病率有所变化,虽然前者呈现上升趋势而后者呈现下降趋势,但痉挛型双瘫占比依然最高,是 CP 最常见类型[5],临床研究价值更高。

扁平足特指各种原因导致足内侧纵弓(medial longitudinal arch,MLA)低下或塌陷的一个通用术语,儿童时期足弓的发育对成年期足的活动与功能极为重要[6]。运动发育和姿势异常是 CP 儿童的核心表现,足弓异常一直制约着 CP 患儿的运动功能。临床上痉挛型双瘫儿童出现扁平外翻足最为常见[7],多呈距骨塌陷、跟骨外翻与前足外展的组合表现,在行走时患儿足踝不能表现出良好的承重缓冲能力、杠杆效应及蹬地效率[8],在吸收地面反作用力时足弓不能保持足够弹性和为防止塌陷、变形而保持特定的硬度[9]。

粗大运动功能分级系统(gross motor function classification system,GMFCS)是根据 CP 儿童随年龄变化运动功能障碍程度出现的规律所设计的一套功能分级系统,多用来评价 CP 的严重程度[10-12]。依据运动功能水平从高到低划分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ和Ⅴ5 个级别,不同等级运动功能的差异具有临床意义。GMFCSⅠ-Ⅱ级的 CP 儿童功能受限少,足踝的功能受限轻,配合度较好,传统意义上被诊断为“轻微 CP”或“轻度脑功能障碍”[13]。本文选取 GMFCSⅠ-Ⅱ级儿童作为研究对象,以探索轻微痉挛型双瘫患儿足弓发育的研究及康复治疗方案。

1　对象和方法

1.1　对象　选取 2020 年 1 月—2021 年 6 月,在南京市儿童医院儿童康复医学科治疗的 50 名痉挛型双瘫患儿,符合《中国脑性瘫痪康复指南》(2015 版)所推荐的诊断和分型标准。纳入标准:1)年龄 2～4 岁;2)GMFCSⅠ-Ⅱ级;3)临床分型为痉挛型双瘫;4)有扁平足问题;5)生命体征平稳。排除标准:1)先天性马蹄外翻足等足部发育畸形;2)伴有智力障碍;3)有骨折等足部外伤史;4)先天性 X 型腿、O 型腿;5)进行性肌肉疾病;6)不配合者。本研究通过南京医科大学附属儿童医院医学伦理委员会审批(批号:202303055-2)。

共有 50 例 CP 儿童入选(其中男 28 例,女 22 例)。GMFCS 评分:Ⅰ级 27 例、Ⅱ级 23 例。按性别、年龄、GMFCS 因素进行分组,观察组 25 例,对照组 25 例。两组儿童在年龄、性别、GMFCS 方面差异无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。

1.2　流程和方法

1.2.1　流程　痉挛型双瘫儿童足弓发育康复治疗方案流程见图 1。

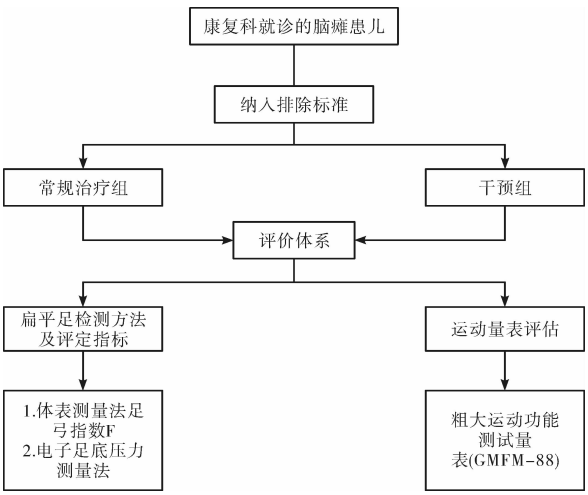


图 1　痉挛型双瘫儿童足弓发育康复治疗方案流程

Fig. 1　Process of arch development rehabilitation treatment for children with spastic diplegia

1.2.2　康复评估工具

1.2.2.1　粗大运动功能测试量表　粗大运动功能测试量表(Gross Motor Function Measure,GMFM)反映 CP 儿童粗大运动能力,本文选择 GMFM-88 作为评价工具[14-16]。GMFM-88 量表总共 88 项,共分 5 个能区,具体包含如下:A 区(卧位和翻身能区,总共 17 项);B 区(坐位能区,总共 20 项);C 区(爬和跪能区,总共 14 项);D 区(站立位能区,总共 13 项);E 区(行走、跑和跳能区,总共 24 项)。计分意味着一般指导原则,每项采用 4 个等级评分法(无法进行此项运动=0 分;仅能开始此项运动=1 分;部

分完成＝2 分；全部完成＝3 分；无法测试＝NT）。根据研究需要，可单独或组合每个功能区，本研究选取 D 区＋E 区（D 区＋E 区总分 111 分），该分值的提高反映站立、步行及更高级别运动能力的改善。该量表测试者间信度和重测信度相关系数为 0.996 和 0.994，提示有效好信度。

1.2.2.2 扁平足检测方法及评定指标[17-19] 痉挛型双瘫儿童扁平足检测方法，主要包括足弓指数法、放射学检查测量法、人体测量学检查法和临床检查法等[20]。其各有优缺点：足弓指数法简单快捷，但测量结果具有一定片面性；放射学检查测量法成本高、流程复杂，且有辐射风险；人体测量学检查法较为准确，但耗时过长；临床检查法有快捷、低成本等优点，但主观性较强。对比以往研究，研究者多选择经济快捷的足弓指数法作为扁平足检测方法及评定指标，本文选取足弓指数测量法及电子足底压力测量法作为评价工具，采用多种指标相结合以提高研究的准确性。

1）足弓指数测量法：弗里德良指数公式 足弓指数＝（足背高/足长）×100。

测量工具选用路泊仕（LUBOSHI）数显游标卡尺（型号：工业级高精度卡尺），量程为 300mm。足印法测量足长 L（即：足趾尖点至足跟跟点之间的最长距离），采用承重位下跟骨中立位（netrual calcaneal standing postion，NCSP）卡尺体表测量法测量足背高 H（胫骨前下点至支撑面的垂直距离）。依据公式 F＝（H/L）×100，来计算足弓指数 F（F 值 27～29 为正常足；F 值 25～27 为轻度扁平足；F 值＜25 为重度扁平足）。如图 2。

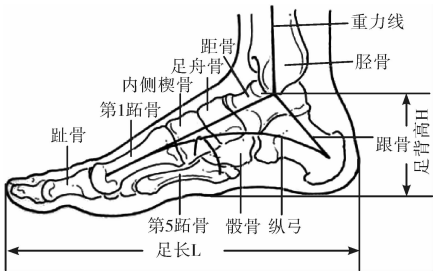


图 2 足弓指数

Fig. 2 Index of the arch of the foot

2）电子足底压力测量法及评定指标[21-23]：足部压力评定采用了韩国 KAHA. GR 设计研发的系统。该系统通过高密度压力传感器测定足底支撑面的压力分布具体数值，而足底支撑面的压力的数值分布可以反映出患儿足部姿势异常情况。通过足底支撑面的临床数据对比得出 CP 儿童的异常姿势情况，评估患儿动静态力学变化、症状严重程度、康复干预疗效。搜索显示，目前在成人的动静态生物力学足底压力研究较多，而在 CP 儿童方面的研究较少，本文通过动静态一体的足底压力测试系统研究 CP 儿童力学因素，针对 CP 儿童足弓提供定性定量数据分析。

1.2.3 研究方案 观察组和对照组患儿均接受采用 Bobath 技术、核心稳定训练、作业治疗、生物反馈疗法、功能性电刺激、针灸推拿等综合治疗。针对患儿足弓问题，观察组在综合治疗基础上制定一套足弓矫正操（足弓干预），增强足底肌肉力量，促进足弓发育[24]。

足弓干预方案如下：1）足底肌肉训练[25] ①短足训练也称拱足弓：患儿收缩足内附肌群将脚趾部分向足跟方向靠拢，使足弓收缩并向上拱起。②卷毛巾训练：将毛巾平铺在地面上，患儿一只脚放在毛巾长边的一侧。屈曲脚趾和跖趾关节将毛巾向足跟方向拉拽，激活患儿的趾长屈肌、趾短屈肌、蚓状肌和长屈肌的功能。③垫脚尖（提踵）训练：站立时患儿将两个脚跟向上抬起，使身体的重量落在前脚掌上，以大约 2s 的时间缓慢抬起脚跟，并保持 1s 再落下。④足趾钳沙包训练：裸足站立，患儿脚趾尽可能屈曲并钳住沙包，钳住沙包运送到指定位置。⑤脚掌控圆滚、网球训练：裸足单腿站立，患儿另一只脚掌踩压并前后滚动圆滚，熟练后更换为网球。2）动态足底肌肉力量训练 裸足单腿站立、平行杠内倒“V”形斜面上足底内侧缘行走、沙池裸足行走、足背运沙包行走（脚后跟走）、足跖屈行走（垫脚尖走）等。3）足弓力学干预方案 足弓矫形鞋垫、辅助矫正鞋、肌内效贴技术等[26-27]。

1.3 统计学方法 数据管理与统计分析采用 SPSS 25.0 软件进行，计量资料采用 $\bar{x}\pm s$ 表示，比较采用 t 检验。$P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 介入前后，观察组与对照组足弓指数 F 值及 GMFM-88 评分结果比较 与介入前相比，介入 6 个月观察组和对照组的足弓指数 F 平均值（取左、右脚的平均值）分别提高了 1.26 和 0.52，GMFM-88 评分平均值分别提高了 7.92 和 2.80，两组均较介入前显著提高，且观察组提高更为显著。见表 1。

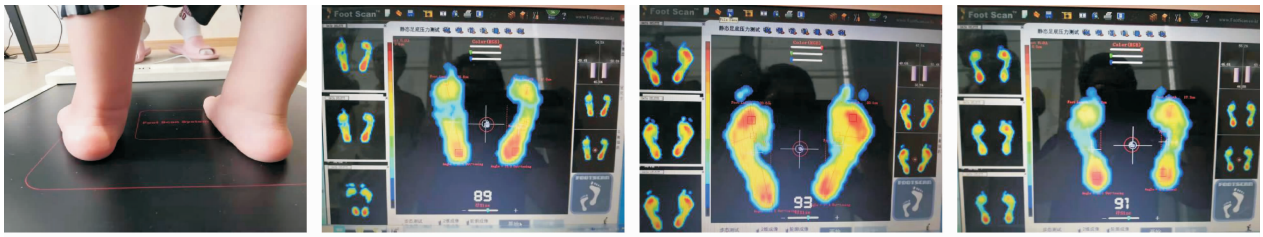
2.2 足部压力与步态分析系统评定数据结果 介入前、介入 3 个月和介入 6 个月 3 次足底压力图片显示足部外侧压力与内侧压力相比逐渐增加，中足

足弓区域压力减少，说明足外翻程度减少和足弓的渐进发育。见图 3。

表 1　观察者与对照组介入前后足弓指数 F 值(取左、右脚的平均值)及 GMFM-88 评分结果比较($\bar{x}\pm s$)

Tab. 1　Compare of the F value of the foot arch index (the average value of the left and right feet) and the GMFM-88 score before and after intervention between observation group and control group($\bar{x}\pm s$)

项目	组别	例数	介入前	介入 6 个月	t 值	P 值
足弓指数 F 值	观察组	25	24.82±0.57	26.08±0.73	9.89	0.006
	对照组	25	24.82±0.59	25.34±0.64	5.35	0.007
	t 值		0.01	3.81		
	P 值		0.99	0.001		
GMFM-88 评分	观察组	25	22.32±7.59	30.24±7.94	6.59	<0.001
	对照组	25	22.40±7.17	25.20±7.06	3.46	<0.001
	t 值		0.04	2.37		
	P 值		0.97	0.022		



a　b　c　d

注：图 a 为第一次足部姿势观察；图 b 为第一次足底压力测试；图 c 为介入 3 个月第二次足底压力测试；图 d 为介入 6 个月第三次足底压力测试。

图 3　介入前、介入 3 个月、6 个月足底压力图

Fig. 3　Pictures of plantar pressure before intervention, 3 and 6 months of intervention

3　讨　论

3.1　*足弓提供支撑基础，协助痉挛型双瘫儿童控制足部*　人的足部结构十分复杂，单足由骨骼 26 块、关节 33 个、韧带 112 条、足外在肌 13 块及足内在肌 21 块构成。解剖结构复杂性决定了功能的多样性，足踝在运动中起着承重、缓冲、支撑以及维持身体平衡等重要作用。足弓是基于人类特有的骨骼结构而形成，习惯上分为前后方向的内侧纵弓和外侧纵弓，以及内外方向的横弓，完善的足弓在保持站立姿势和行走稳定中起着重要作用[28]。足弓发育遵循自己的规律，Morely[29]研究足内侧纵弓发育规律发现平足发生率随年龄增加而下降；Volpon[30]报告 0～15 岁足印分析结果认为足内侧纵弓发育最快的阶段是婴幼儿时期。我国健康小儿足生长发育在 0～2 岁为最快时期，3～7 岁为发育形成期，8～12 岁相对稳定[31-32]。痉挛型双瘫儿童的扁平足通常分为柔性和僵硬性两种，前者内侧纵弓在负重状态下塌陷或消失而在非负重状态下恢复，后者内侧纵弓则在负重和非负重状态下都可见塌陷或消失。

痉挛型双瘫儿童踝关节跖屈是最常见的畸形，发生率高达 83.3%，跖屈的踝关节常伴有足弓发育问题[33-34]。骨、关节、韧带等构成了足弓的静态维持因素，肌肉、肌群构成了动态维持因素[35]。在足弓静态稳定因素中足底韧带尤其是跖腱膜有重要作用，跖腱膜松弛会导致足内侧纵弓长度延长、高度降低以及前足外展和后足外翻症状。步态中蹬地力量通过纵弓传递到前足，如果足弓塌陷造成刚性杠杆传递的有效性大大减弱[36]。赵晓光[18]研究显示高足弓人群具有较低的踝关节肌力，而低足弓人群具有较高的踝关节肌力。痉挛型双瘫儿童存在的低足弓和高张力状况，这限制了足踝功能，表现出特有的临床症状，这是康复方案的依据。

3.2　*融合足弓矫正操治疗的综合康复治疗技术能促进 GMFCS Ⅰ-Ⅱ级痉挛型双瘫儿童足弓发育*　痉挛型双瘫类型受损以锥体系为主，牵张反射亢进为重要特征，双下肢痉挛及功能障碍重于双上肢为主要表现[1]，生长发育过程中足部的问题，必然会引起承重力线改变，诱发躯干、髋关节、膝关节等代偿，例如骨盆前倾、骨盆后倾、脊柱力线改变等。本文足弓干预策略为 CP 儿童的足弓提供肌肉骨骼刺激，帮助足弓保持在最佳下肢生物力学位置。在最佳位置，患儿在运动中加强足踝本体觉等感觉输入，学习运动技能正确体验，实现有效步态功效，包含站立中

期小腿的稳定性、摆动期足部完全离地减少移位而保存能量、摆动末期肢体的正确定位等。

袁刚等[37]研究显示正常人双足压力分布基本对称，男性和女性足底峰值压力无明显差异，年龄、身高、体重与足底峰值压力相关性不大。本文测量各个时期赤足站立情况下的足底压力，分析足底压力中心点的轨迹改善度，得到痉挛型双瘫儿童足底各部位压力参数，补充了这一类型儿童足底压力分布特征，但痉挛型双瘫儿童在运动中的足踝功能有明显代偿，如步行时的支撑相中足底压力会发生明显的特征改变，这是值得更为深入研究的领域，是儿童康复治疗方案参考的佐证[38]。

痉挛型双瘫儿童距骨过度旋前使足部错位，导致支撑基础失衡。融合足弓矫正操治疗的综合康复治疗技术使足部保持正确位置，限制距骨过度旋前，达到矫正畸形并获得生物力学支撑，为下肢及全身提供稳定的支撑基础。观察组介入前后，足弓指数 F 值和 GMFM-88 评分有明显进步、电子足底压力测量数据显示足部外侧压力与内侧压力相比逐渐增加和中足足弓区域压力减少，表明融合足弓矫正操治疗的综合康复治疗技术能减少 GMFCS Ⅰ-Ⅱ级痉挛型双瘫儿童足外翻程度和促进足弓发育，对改善其足踝功能及运动发育水平具有积极作用。

本文结合足印分析的足弓指数测算是一种高效、可靠的方法，对足弓形态的诊断、分析和临床干预有积极意义。但是足印分析并不能准确描述足弓各解剖位置关系及运动中足弓的动态变化，剖析扁平足的干预方案还必须结合体格检查、影像学评估及动态评估[39]。本文样本量偏少，不足之处还有待后续更深入研究。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

参考文献

[1] 中国康复医学会儿童康复专业委员会，中国残疾人康复协会小儿脑性瘫痪康复专业委员会，中国医师协会康复医师分会儿童康复专业委员会，等. 中国脑性瘫痪康复指南(2022)第一章：概论[J]. 中华实用儿科临床杂志，2022，37(12)：887-892.
Pediatric Rehabilitation Professional Committee of Chinese Association of Rehabilitation Medicine, Pediatric Cerebral Palsy Rehabilitation Professional Committee of China Association for the Rehabilitation of the Disabled, Child Rehabilitation Professional Committee of Rehabilitation Physician Branch of Chinese Medical Doctor Association, etc. Chinese rehabilitation guidelines for cerebral palsy (2022) part 1: Overview[J]. Chin J Appl Clin Pediatr, 2022, 37(12): 887-892. (in Chinese)

[2] 李晓捷，邱洪斌，姜志梅，等. 中国十二省市小儿脑性瘫痪流行病学特征[J]. 中华实用儿科临床杂志，2018，33(5)：378-383.
Li XJ, Qiu HB, Jiang ZM, et al. Epidemiological characteristics of cerebral palsy in twelve province in China[J]. Chin J Appl Clin Pediatr, 2018, 33(5): 378-383. (in Chinese)

[3] Vitrikas K, Dalton H, Breish D. Cerebral palsy: An overview[J]. Am Fam Physician, 2020, 101(4): 213-220

[4] 杨丹彤，李晓捷，李庆红，等. 儿童脑性瘫痪的流行病学特征及早期防治进展[J]. 中国康复医学杂志，2022，37(10)：1406-1411.
Yang DT, Li XJ, Li QH, et al. Epidemiological characteristics and early prevention and treatment of cerebral palsy in children[J]. Chin J Rehabi Med, 2022, 37(10): 1406-1411. (in Chinese)

[5] Sellier E, Platt MJ, Andersen GL, et al. Surveillance of cerebral palsy network. decreasing prevalence in cerebral palsy: A multi-site European population-based study, 1980 to 2003 [J]. Dev Med Child Neurol, 2016, 58(1): 85-92

[6] 陈善本，鲍琨，陈博昌. 儿童足弓发育与扁平足的研究进展[J]. 临床小儿外科杂志，2016，15(6)：610-613.
Chen SB, Bao K, Chen BC. Research progress on arch development and flat feet in children[J]. J Clin Pediatr Surg, 2016, 15(6): 610-613. (in Chinese)

[7] 洪柳，梅海波. 儿童脑瘫性扁平外翻足的外科治疗进展[J]. 临床小儿外科杂志，2016，15(6)：607-609.
Hong L, Mei Hb. Advances in the surgical treatment of pediatric cerebral palsy flat valgus[J]. J Clin Pediatr Surg, 2016, 15(6): 607-609. (in Chinese)

[8] 韩艳坤，霍洪峰. 扁平足患者足型及步态特征研究[J]. 中国康复医学杂志，2020，35(4)：434-439.
Han YK, Huo HF. A study on foot shape and gait characteristics of patients with fiat foot[J]. Chin J Rehabi Med, 2020, 35(4): 434-439. (in Chinese)

[9] 白啸天，霍洪峰. 足弓差异对动静态足踝功能的影响[J]. 医用生物力学，2021，36(6)：951-956.
Bai XT, Huo HF. The influence of arch difference on dynamic and static foot-ankle function[J]. J Med Biomech, 2021, 36(6): 951-956. (in Chinese)

[10] 戚金飞，史惟，廖元贵，等. 脑瘫粗大运动功能分级系统的稳定性研究[J]. 中国儿童保健杂志，2014，22(11)：1207-1210.
Qi JF, Shi W, Liao YG, et al. Stability study of gross motor function grading system for cerebral palsy[J]. Chin J Child Health Care, 2014, 22(11): 1207-1210. (in Chinese)

[11] 王新莹，徐伟健，史惟，等. 脑瘫儿童和青少年粗大运动功能、手功能、沟通功能分级相关性分析[J]. 中国儿童保健杂志，2020，28(3)：269-272，276.
Wang XY, Xu WJ, Shi W, et al. Correlation analysis of gross motor function, hand function and communication function in children and adolescents with cerebral palsy[J]. Chin J Child Health Care, 2020, 28(3): 269-272, 276. (in Chinese)

[12] 高严，战玉军，曹建国，等.《国际功能、残疾和健康的分类-

儿童青少年版》框架下脑性瘫痪的分级、分类管理[J]. 中国康复医学杂志, 2022, 37(7): 955-960.
Gao Y, Zhan YJ, Cao JG, et al. Classification and management of cerebral palsy under the framework of international classification of functioning, disability and health-children and adolescents[J]. Chin J Rehabi Med, 2022, 37(7): 955-960. (in Chinese)

[13] 王秋, 蒋华莹, 石娅娅, 等. 小儿脑性瘫痪类型与粗大运动功能分级的关联性调查分析[J]. 现代预防医学, 2015, 42(13): 2486-2489.
Wang Q, Jiang HY, Shi YY, et al. Survey on the relationship between the subtype and the gross motor function classification system in children with cerebral palsy[J]. Mod Prev Med, 2015, 42(13): 2486-2489. (in Chinese)

[14] 孙垚, 朱欢, 朱敏, 等. 两种评估量表对脑性瘫痪儿童粗大运动功能评定的相关性研究[J]. 东南大学学报(医学版), 2018, 37(3): 436-440.
Sun Y, Zhu H, Zhu M, et al. Research on the relevance of two Gross Motor Measure Scales in children with cerebral palsy[J]. J Southeast Univ(Med Sci Ed), 2018, 37(3): 436-440. (in Chinese)

[15] 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 Pediatrics, 2018, 13(2): 81-87. (in Chinese)

[16] 王以文, 陈功勋, 朱登纳, 等. 基于共识选择健康测量工具对粗大运动功能评估 88 项和 66 项测量学属性的系统评价[J]. 中国循证儿科杂志, 2022, 17(5): 336-342.
Wang YW, Chen GX, Zhu DN, et al. Psychometric properties of gross motor function measure-88 and 66 based on consensus-based standards for the selection of health measurement instruments: A systematic review[J]. Chin J Evid Based Pediatrics, 2022, 17(5): 336-342. (in Chinese)

[17] 陈宝亮, 马小凡, 肖飞云, 等. 基于足底三点支撑面动态信息的足弓指数测量方法[J]. 电子测量与仪器学报, 2022, 36(6): 48-54.
Chen BL, Ma XF, Xiao FY, et al. Arch index measurement method based on dynamic information of three-point support surface of the sole[J]. J Electr Measur Instr, 2022, 36(6): 48-54. (in Chinese)

[18] 赵晓光. 不同足弓高度对踝关节肌力和运动能力的影响[J]. 体育科学, 2018, 4: 61-66.
Zhao XG. The impacts of different arch height on ankle strength and physical performance[J]. Chin Sport Sci, 2018, 4: 61-66. (in Chinese)

[19] 路闯, 李辉, 邱俊涛, 等. 一种可大批量筛查扁平足的综合测量装置的研制[J]. 医疗装备, 2020, 33(23): 3-6.
Lu C, Li H, Qiu JT, et al. The development of a comprehensive measuring device for large-scale screening of flat foot[J]. Chin J Med Device, 2020, 33(23): 3-6. (in Chinese)

[20] 汤运启, 邹灵秋, 李毅, 等. 儿童足型分类方法的系统综述[J]. 中国组织工程研究, 2022, 26(12): 1963-1968.
Tang YQ, Zou LQ, Li Y, et al. A systematic review of children's foot type classification methods[J]. Chin J Tissue Eng Res, 2022, 26(12): 1963-1968. (in Chinese)

[21] 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, 3: 431-436.
Song LW, Xiang CC, Qiu D, et al. Feature extraction of foot movement based on plantar pressure distributions[J]. J Med Biomech, 2021, 3: 431-436. (in Chinese)

[22] 王雪森, 闫松华, 郑华, 等. 痉挛型脑瘫儿童动态足底压力分布特征研究[J]. 北京生物医学工程, 2019, 38(1): 28-35.
Wang XS, Yan SH, Zheng H, et al. Characteristics of dynamic plantar pressure during walking in children with spastic cerebral palsy[J]. Beijing Biomedical Eng, 2019, 38(1): 28-35. (in Chinese)

[23] 陈盼盼, 刘夕东, 韩林林, 等. 学龄儿童柔软性扁平足足底压力分布特征[J]. 中国康复, 2021, 36(4): 226-230.
Chen PP, Liu XD, Han LL, et al. Characteristics of plantar pressure distribution of school-age children with flexible flatfoot[J]. Chin J Rehabilit, 2021, 36(4): 226-230. (in Chinese)

[24] 高夫宁, 张跃, 赵晓科, 等. 肌内效贴技术对脑瘫患儿足弓发育及运动功能的影响[J]. 中国急救医学, 2016, 36(z1): 248-249.
Gao FN, Zhang Y, Zhao XK, et al. Effect of intramuscular patch technology on arch development and motor function in children with cerebral palsy[J]. Chin J Crit Care Med, 2016, 36(z1): 248-249. (in Chinese)

[25] 张燊, 崔科东, 张希妮, 等. 足部功能训练对足趾肌力和足弓生物力学的影响[J]. 中国运动医学杂志, 2021, 40(4): 249-258.
Zhang S, Cui KD, Zhang XN, et al. Effects of foot functional exercise on the toe flexor strength and the arch biomechanics[J]. Chin J Sports Med, 2021, 40(4): 249-258. (in Chinese)

[26] 戴燕琼, 陈丽, 唐亮. 矫形鞋垫联合运动贴扎技术对偏瘫型脑性瘫痪患儿姿势控制效果的临床研究[J]. 中国康复医学杂志, 2020, 35(1): 65-68.
Dai YQ, Chen L, Tang L. Clinical study on the effect of orthopedic insole combined with sports strapping technology on posture control in children with hemiplegic cerebral palsy[J]. Chin J Rehabi Med, 2020, 35(1): 65-68. (in Chinese)

[27] 蒋莹, 徐艳, 谢文龙, 等. 肌内效贴联合康复训练对小儿脑瘫患儿运动功能的影响[J]. 中国妇幼保健, 2020, 35(24): 4742-4745.
Jiang Y, Xu Y, Xie WL, et al. Effect of intramuscular plaster combined with rehabilitation training on motor func-tion of children with cerebral palsy[J]. Matern Child Health Care China, 2020, 35(24): 4742-4745. (in Chinese)

[28] 白啸天, 霍洪峰. 足踝功能的生物力学测评: 构建足静态和

动态评价指标[J]. 中国组织工程研究, 2021, 17: 2747-2754.
Bai XT, Huo HF. Biomechanical evaluation of foot and ankle function: Constructing static and dynamic indexes of the foot[J]. Chin J Tissue Eng Res, 2021, 17: 2747-2754. (in Chinese)

[29] Morley AJ. Knock-knee in children[J]. Br Med J, 1957, 2(5051): 976-979.

[30] Volpon JB. Footprint analysis during the growth period[J]. J Pediatr Orthop, 1994, 14(1): 83-85.

[31] 叶春娟, 陈玉平. 幼儿足弓发育及异常状况文献综述[J]. 当代体育科技, 2019, 9(15): 53-54.
Ye CJ, Chen YP. A literature review of peduncle development and abnormalities in young children[J]. Contemporary Sports Technol, 2019, 9(15): 53-54. (in Chinese)

[32] 钟雨婷, 吕婧仪, 陈天午, 等. 上海市学龄儿童足弓指数及扁平足的流行病学研究[J]. 中国学校卫生, 2020, 41(9): 1358-1361, 1364.
Zhong YT, Lv JY, Chen TW, et al. Assessment of plantar arch index and prevalence of fiat feet in 3 226 school-age children in Shanghai[J]. Chin J Sch Health, 2020, 41(9): 1358-1361, 1364. (in Chinese)

[33] 中国康复医学会儿童康复专业委员会, 中国残疾人康复协会小儿脑性瘫痪康复专业委员会, 中国医师协会康复医师分会儿童康复专业委员会, 等. 中国脑性瘫痪康复指南(2022)第四章: 康复治疗(下)[J]. 中华实用儿科临床杂志, 2022, 37(17): 1281-1309.
Pediatric Rehabilitation Professional Committee of Chinese Association of Rehabilitation Medicine, Pediatric Cerebral Palsy Rehabilitation Professional Committee of China Association for the Rehabilitation of Persons with Disabilities, Pediatric Rehabilitation Professional Committee of Rehabilitation Physician Branch of Chinese Medical Doctor Association, etc. Chinese rehabilitation guidelines for cerebral palsy (2022) part 4: rehabilitation treatment(Ⅱ)[J]. Chin J Appl Clin Pediatr, 2022, 37(17): 1281-1309. (in Chinese)

[34] Horsch A, Götze M, Geisbüsch A, et al. Prevalence and classification of equinus foot in bilateral spastic cerebral palsy[J]. World J Pediatr. 2019, 15(3): 276-280

[35] 刘程林, 郝卫亚, 霍波. 运动生物力学发展现状及挑战[J]. 力学进展, 2023, 53(1): 198-238.
Liu CL, Hao WY, Huo B. Advances and challenges in sports biomechanics[J]. Advances In Mech, 2023, 53(1): 198-238. (in Chinese)

[36] 张燊, 张希妮, 崔科东, 等. 足弓的运动功能进展及其在人体运动中的生物力学贡献[J]. 体育科学, 2018, 38(5): 73-79.
Zhang S, Zhang XN, Cui KD, et al. The development of the longitude arch motor function and its biomechanical contribution to human movement[J]. Chin Sport Sci, 2018, 38(5): 73-79. (in Chinese)

[37] 袁刚, 张木勋, 王中琴, 等. 正常人足底压力分布及其影响因素分析[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2004, 26(3): 156-159.
Yuan G, Zhang MX, Wang ZQ, et al. The distribution of foot pressure and its influence factors in Chinese people[J]. Chin J Phys Med and Rehabilit, 2004, 26(3): 156-159. (in Chinese)

[38] 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 XY, Ma BX, Li HW et al. Research progress on foot deformity assessment methods of children with cerebral palsy[J]. J Fujian Univ Tradit Chin Med, 2022, 32(6): 562-568. (in Chinese)

[39] 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 HR, Zhang HY, et al. Study on detection methods and progress of flatfoot[J]. China Health Stand Manag, 2018, 9(9): 34-37. (in Chinese)

收稿日期: 2023-05-25 **修回日期**: 2023-09-15 **本文编辑**: 杨媛媛

(上接第 483 页)

动训练方案在运动发育迟缓儿童中早期干预效果[J]. 中国儿童保健杂志, 2022, 30(6): 603-606.
Zhou F, Jiang LY, Gao PP. Effect of Peabody Developmental Motor Scales and the motor activities program in early intervention of children with motor development retardation[J]. Chin J Child Health Care, 2022, 30(6): 603-606. (in Chinese)

[22] 徐璇, 陈茉弦, 唐欣, 等. Peabody 运动发育量表在脑性瘫痪中的应用研究进展[J]. 中国康复医学杂志, 2019, 34(9): 1121-1124.
Xu X, Chen MX, Tang X, et al. Research progress on the application of Peabody motor development scale in cerebral palsy[J]. Chin J Rehabil Med, 2019, 34(9): 1121-1124. (in Chinese)

[23] Collett BR, Aylward EH, Berg J, et al. Brain volume and shape in infants with deformational plagiocephaly [J]. Childs Nerv Syst, 2012, 28(7): 1083-1090.

[24] 潘维伟, 廖姣姣, 童笑梅. 婴儿体位性斜头异常的随访和预后研究[J]. 中国当代儿科杂志, 2023, 25(4): 368-373.
Pan WW, Liao JJ, Tong XM. Follow-up and prognostic study of infants with positional plagiocephaly[J]. Chin J Contemp Pediatr, 2023, 25(4): 368-373. (in Chinese)

收稿日期: 2023-07-05 **修回日期**: 2023-09-04 **本文编辑**: 杨媛媛