

·论著·

康复机器人辅助治疗对脑性瘫痪运动功能影响的系统评价及Meta分析

崔萌林,任俊彬,梁琼琼,袁俊英

作者单位
郑州大学第三附属
医院儿童康复科
郑州 450052
收稿日期
2023-06-20
通讯作者
袁俊英
yuan200412995@
163.com

摘要 目的:系统评价康复机器人辅助治疗对脑性瘫痪患者运动功能和平衡功能以及基本日常生活能力的影响。**方法:**使用计算机全面检索各大中外文数据库,纳入康复机器人辅助治疗脑性瘫痪的随机对照试验,对符合纳入标准的文献进行数据提取,采用Cochrane系统评价员手册5.0版进行质量评价,采用Revman 5.4统计软件进行Meta分析。**结果:**共纳入12项随机对照试验,合计797例患者。Meta分析结果显示,与传统康复治疗方法相比,康复机器人辅助治疗能显著提高脑性瘫痪的平衡功能($SMD=0.67, 95\%CI 0.16 \sim 1.18, P=0.010$),并能显著提高脑瘫患者粗大运动功能测试量表-D区评分($SMD=0.70, 95\%CI 0.28 \sim 1.12, P=0.001$)和E区评分($SMD=0.50, 95\%CI 0.26 \sim 0.75, P<0.0001$),以及基本日常生活能力($MD=8.77, 95\%CI 2.64 \sim 14.89, P=0.005$)。 **结论:**康复机器人辅助治疗同传统的康复治疗方法相比,能显著提高脑性瘫痪患者的平衡性评分、运动功能评分及基本日常生活能力。

关键词 脑性瘫痪;康复机器人;平衡性评分;粗大运动功能;基本日常生活能力;Meta分析

中图分类号 R741;R493 文献标识码 A DOI 10.16780/j.cnki.sjssgncj.20230423

本文引用格式:崔萌林,任俊彬,梁琼琼,袁俊英. 康复机器人辅助治疗对脑性瘫痪运动功能影响的系统评价及Meta分析[J]. 神经损伤与功能重建, 2024, 19(5): 276-281.

Effects of Robot-assisted Rehabilitation on Motor Function in Patients with Cerebral Palsy: a Systematic Review and Meta-analysis CUI Menglin, REN Junbin, LIANG Qionqiong, YUAN Junying. Department of Pediatric Rehabilitation, The Third Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China

Abstract Objective: To systematically evaluate the effects of robot-assisted rehabilitation on motor and balance functions, and basic activities of daily living in patients with cerebral palsy. **Methods:** A comprehensive computerized search of Chinese and foreign language databases was performed to identify randomized controlled trials (RCTs) of robot-assisted rehabilitation for cerebral palsy. Data were extracted from clinical studies that met the inclusion criteria. Quality evaluation was performed using the Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions version 5.0, and meta-analysis was performed using RevMan 5.4 statistical software. **Results:** A total of 12 RCTs with 797 patients were included. The meta-analysis results showed that, compared with traditional rehabilitation methods, robot-assisted rehabilitation significantly improved the balance function score [standard mean difference (SMD)=0.67, 95% CI 0.16 ~ 1.18], the gross motor function measure-D area score (GMFM-D) [SMD =0.70, 95% CI 0.28 ~ 1.12, $P=0.001$], gross motor function measure-E area score (GMFM-E) [SMD =0.50, 95% CI 0.26 ~ 0.75, $P<0.0001$], and the basic activities of daily living [MD =8.77, 95% CI 2.64 ~ 14.89, $P=0.005$] in patients with cerebral palsy. **Conclusion:** Compared with traditional rehabilitation methods, robot-assisted rehabilitation can significantly improve motor and balance function scores, and basic activities of daily living in patients with cerebral palsy.

Keywords cerebral palsy; robot-assisted rehabilitation; balance score; gross motor function measure; basic activities of daily living; meta-analysis

脑性瘫痪(cerebral palsy, CP)简称脑瘫,是儿童期最常见的残疾^[1],是一组影响身体运动和肌肉协调的慢性疾病,通常发生在胎儿发育或婴儿时期^[2]。虽然这种疾病本身是非进行性的,但随着大脑的成熟,临床表现会随着时间的推移而变化^[3]。脑瘫的运动障碍常伴随感觉、感知、认知、交流及行为障碍、癫痫、继发性肌肉骨骼问题^[4]。目前,国内外报道的脑瘫患病率为1.4%~

3.2%^[5]。绝大多数脑瘫患者,存在行走困难或者步态异常,严重影响患者的日常生活自理能力和社会参与能力。目前针对脑瘫患儿的康复治疗主要采用物理治疗为主的综合治疗^[6],传统康复治疗虽然对患儿运动和步行功能的恢复是有利的,但由于治疗环境、治疗师专业水平等因素的影响,其操作无法规范,评定指标不能量化^[7],具有一定的局限性。

随着科技的发展,康复技术不断出现,引领着康复治疗模式及方式发生新的改变,为脑瘫的治疗提供了更多的可能性^[8]。在过去的30年里,各种各样的康复机器人被开发出来^[9],康复机器人是康复医学和机器人技术的完美结合,已经成为了国际机器人领域的一个研究热点^[10],也越来越多地应用于脑瘫的治疗中。它们可以提供高强度、重复性的特定任务及互动培训^[11],有助于增加特定任务步态训练的治疗强度,并允许量化所执行的确切治疗量(如行走距离、行走持续时间、行走速度等)^[12],并减轻康复治疗师的负担,解决康复治疗师不足的问题。然而,目前有关康复机器人辅助治疗脑瘫有效性的系统性评价较少,且康复机器人辅助治疗的好处缺乏循证医学证据。

因此,本研究采用Meta分析,汇总中外文数据库中研究脑瘫患者康复机器人联合传统康复治疗的随机对照试验,系统评价康复机器人辅助治疗在脑瘫治疗中平衡功能、运动功能及提高基本日常生活能力的有效性,并为脑瘫的康复治疗提供证据支持。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

1.1.1 纳入标准 ①被诊断为脑瘫;②对照组患者采用常规康复治疗方案,试验组患者在对照组治疗的基础上加用康复机器人治疗;③国内外公开发表的随机对照试验;④语种限制为中文和英文。

1.1.2 排除标准 ①与本文的研究方向不符;②重复发表的文献;③试验组在对照组治疗基础上加用康复机器人与其他治疗方法联用(如肌电生物反馈);④质量差、资料数据不全的文献。

1.2 文献检索策略

中文数据库主题为“机器人、脑性瘫痪、随机对照试验”,英文主题为“Rehabilitation robot、Cerebral palsy、RCT”。采用主题词与自由词相结合的方式,用计算机对各大中外文数据库进行检索,中文数据库包括:中国知网数据库(CNKI)、万方期刊论文数据库、维普数据库、中国生物医学文献数据库(CBM)、中华医学期刊全文数据库;外文数据库包括:PEDro、Pubmed、Embase、Cochrane Library 和 Web of Science。检索的时限为从各数据库建库起至2022年10月的所有文献,检索语种为中、英文。

1.3 资料提取和质量评价

由两位研究者先各自独立提取资料,之后两人再对提取的资料进行交叉核对,采用Cochrance系统评价

员手册5.0版偏倚风险工具对纳入文献进行质量评价,遇到分歧时,加入第三人再次进行讨论通过。

1.4 统计学处理

采用Revman5.4统计软件进行Meta分析,使用STATA 14.0软件进行敏感性分析和偏倚检验。鉴于研究结果数据都属于连续性变量类型,故采用均数差(Mean Difference, MD)或标准化均数差(STD Mean Difference, SMD)作为合并效应统计量,并计算其95%置信区间(CI)。采用 χ^2 检验进行异质性检验。当 $P>0.1, I^2<50\%$ 时,认为没有异质性,采用固定效应模型进行Meta分析;当 $P<0.1, I^2>50\%$ 时,认为有异质性,采用随机效应模型进行Meta分析^[13]。

2 结果

2.1 纳入研究基本信息

按照上述检索策略在各个数据库中进行检索,共计搜索出文献475篇,去除重复文献后剩余311篇,去除Meta分析、综述、系统评价及非中英文文献后剩余257篇,通过初步阅读题目及文章摘要后剩余45篇,再阅读全文,根据纳排标准去除文章33篇,最终纳入12篇(项)随机对照试验^[7,14-24]。在12篇随机对照试验中,共计797例患者,对照组有404例,试验组有393例。对纳入文献的基本信息,包括治疗病种、例数、干预措施、结局指标等进行统计学处理,差异均无统计学意义($P>0.05$)。文献筛选流程见图1,纳入研究基本信息见表1。

2.2 质量评价结果

共纳入12项研究,有7项研究采用随机数字表法进行随机分组^[7,15,17,19,21,23,24],1项研究采用抽签方式进行随机分组^[16];1项研究由一不知情的物理治疗师进行随机分配分组^[20];其余研究均只提及随机,但具体的随机方法未说明。纳入的12项研究均对受试的基线情况进行了报道,平行可比;12项研究均未对患儿和治疗师

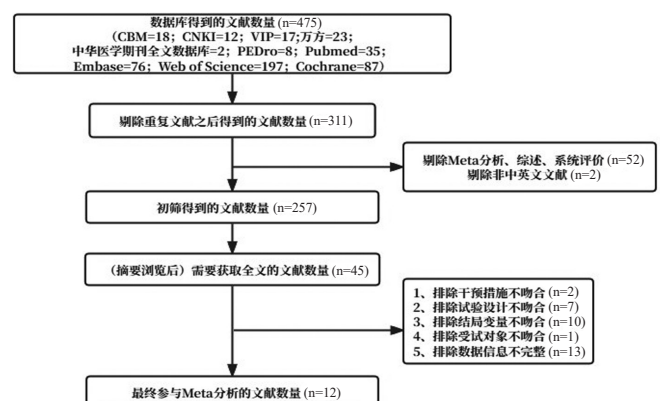


图1 文献筛选流程

表1 纳入研究基本信息

作者	年份	样本量/例(C/T)	年龄/岁	男/女	机器人类型	干预方法(C/T)	康复疗程	结局指标
熊华春等 ^[22]	2021	48/46	4~9	59/35	未说明	CT/RAGT+CT	8周	①②③
马婷婷等 ^[7]	2021	15/15	6~14	13/17	Lokomat	CT/RAGT+CT	8周	②③
陈精慧 ^[21]	2021	58/56	4~9	70/44	Lokomat	CT/RAGT+CT	8周	①②③
Yasar B等 ^[20]	2021	13/13	7~14	13/13	未说明	CT/RAGT+CT	8周	①
叶楠等 ^[19]	2020	41/41	4~7	40/42	未说明	CT/RAGT+CT	8周	①④
Klobucká S等 ^[18]	2020	26/21	>15	27/20	Lokomat	CT/RAGT+CT	3月	②③
张瑞娟 ^[17]	2018	55/55	4~6	53/57	LoKoHELP	CT/RAGT+CT	8周	①②③
Wallard L等 ^[16]	2018	16/14	8~10	15/15	Lokomat	CT/RAGT+CT	4周	①③
吕楠等 ^[15]	2017	47/47	2.6~10	57/37	LoKoHELP	CT/RAGT+CT	3月	①②③
金星等 ^[14]	2012	16/16	4~6	12/20	LoKoHELP	CT/RAGT+CT	8周	②③
黄瑞文等 ^[23]	2020	43/43	1~13	51/35	未说明	CT/RAGT+CT	3月	④
娄普等 ^[24]	2022	26/26	4~8	33/19	Armeo Spring	CT/RAGT+CT	3月	④

注:T为治疗组,C为对照组;CT为传统康复治疗;RAGT为康复机器人治疗;①为平衡性评分,②为GMFM D区评分,③为GMFM E区评分,④为基本日常生活能力。

实施盲法;5项研究在结局评价时采用盲法^[7,20,21,22,24],其余研究未提及盲法;未发现纳入研究存在数据不完整的现象;但12项研究均未对分配隐藏进行明确说明,未有足够的信息证明纳入研究是否存在选择性报告,见图2。

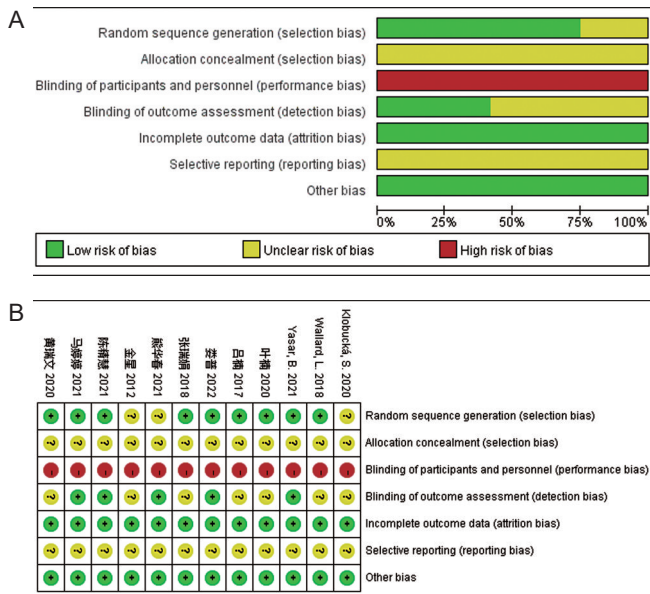


图2 纳入研究偏倚风险(A)及纳入研究个体风险偏倚(B)

2.3 Meta 分析结果

2.3.1 平衡性评分 6项研究^[15,17,19,22](520例患者)报道了平衡性评分,其中5项研究^[15,17,19,21,22]采用Berg平衡量表(Berg Balance Scale, BBS),1项研究^[20]采用儿童平衡量表(Pediatric Berg Balance Scale, PBS),所以采用SMD作为合并效应统计量。各研究间有中度异质性($I^2=87%, P<0.00001$),故采用随机效应模型合并效应量。当前Meta分析结果表明,试验组患者平衡性评分明显高于对照组,差异有统计学意义($SMD=0.67, 95%CI$

$0.16 \sim 1.18, P=0.010$)。康复机器人联合传统康复治疗较传统康复治疗方法相比,能较大程度改善平衡性评分,见图3。

2.3.2 GMFM-D区评分 8项研究^[7,14-18,21,22](551例患者)报道了粗大运动功能测试量表-D区评分(Gross motor function measure-D, GMFM-D),其中3项研究^[16,18,22]结果为百分比形式(其中1项^[16]采用GMFM-66量表,2项^[18,22]采用GMFM-88项量表),5项研究^[7,14,15,17,21]结果采用原始分形式(其中2项^[14,21]采用GMFM-88项量表,剩余3项^[7,15,17]未说明)。所以采用SMD作为合并效应统计量。各研究间有中度异质性($I^2=81%, P<0.00001$),故采用随机效应模型合并效应量。当前Meta分析结果表明,试验组患者GMFM-D区评分明显高于对照组,差异有统计学意义($SMD=0.70, 95%CI 0.28 \sim 1.12, P=0.001$)。可见康复机器人联合传统康复治疗较传统康复治疗方法相比,能较大程度改善GMFM-D区评分,见图4。

2.3.3 GMFM-E区评分 8项研究^[7,14-18,21,22](551例患者)报道了粗大运动功能测试量表-E区评分(Gross motor function measure-E, GMFM-E),其中3项研究^[16,18,22]结果为百分比形式(其中1项^[16]采用GMFM-66量表,2项^[18,22]采用GMFM-88项量表),5项研究^[7,14,15,17,21]结果采用原始分形式(其中2项^[13,20]采用GMFM-88项量表,剩余3项^[7,15,17]未说明)。所以采用SMD作为合并效应统计量。各研究间有轻度异质性($I^2=46%, P=0.07$),采用随机效应模型合并效应量。当前Meta分析结果表明,试验组患者GMFM-E区评分明显高于对照组,差异有统计学意义($SMD=0.50, 95%CI 0.26 \sim 0.75, P<0.0001$)。可见康复机器人联合传统康复治疗较传统

康复治疗方法相比,能较大幅度改善 GMFM-E 区评分,见图5。

2.3.4 基本日常生活能力 3项研究^[19,23,24](220例)报道了有关基本日常生活能力(Basic Activities of Daily Living, BADL)的结局指标,均采用改良 Barthel 指数(Modified Barthel index, MBI)进行评价。所以采用 MD 作为合并效应统计量。各研究间有中度异质性($I^2=84%$, $P=0.002$),采用随机效应模型合并效应量。当前 Meta 分析结果表明,试验组患者 MBI 评分明显高于对照组,差异有统计学意义($MD=8.77$, $95\%CI 2.64 \sim 14.89$, $P=0.005$)。提示康复机器人联合传统康复治疗较传统康复治疗方法相比,能较大幅度改善患儿的 BADL,见图6。

2.4 偏倚分析

应用 Revman 5.4 统计软件进行漏斗图的绘制,根据结果观察是否存在发表性偏倚。若漏斗图对称,则认为偏倚较小;若不对称,则可能存在发表偏倚。结果显示平衡性评分、GMFM-D 及 GMFM-E 的漏斗图基本对称,应用 STATA 14.0 软件进行偏倚检验,对平衡性评分纳入的6篇文献进行偏倚检验得出 $P=0.780$,对 GMFM-D 区评分纳入的8篇文献进行偏倚检验得出 $P=0.0803$,对 GMFM-E 区评分纳入的8篇文献进行偏倚检验得出 $P=0.528$,对结局指标为有关患儿基本日常生活能力纳入的3篇文献进行偏倚检验得出 $P=0.215$,提示纳入的研究存在发表偏倚的可能性较小,见图7。

3 讨论

脑瘫是导致儿童肢体运动障碍的最常见原因之一^[25],会产生诸如肌肉异常收缩、姿势改变、运动和活动受限等症状,这些症状伴随着感觉障碍以及知觉障碍、认知问题、无法交流、行为问题、癫痫和继发性骨骼问题,严重影响患儿的生活质量,需要长期进行康复训练,消耗大量人力、物力及医疗资源,给家庭及社会造成沉重的经济和心理负担^[1,26]。目前传统的康复治疗方法往往集中在物理治疗和肉毒杆菌毒素,然而新技术的发展为脑瘫的康复带来更广泛的可能性。传统物理康复治疗主要由康复治疗师完成,训练效果受到训练持续时间、治疗师水平以及训练强度等影响,且训练过程中患者的治疗效果不能及时地反馈给康复治疗师^[21],缺乏量化的评价指标,部分学者提出,脑瘫康复管理的模式需要转向通过更高强度、更积极的训练方案^[27]。

近年来,康复机器人辅助治疗被引入儿科康复,其也在过去几年里在儿科神经康复环境中进行了测试和实施,并被发现是一种可行和安全的治疗选择,所以康复机器人似乎是有希望的替代和补充疗法,可以弥补传统康复治疗方法的局限性^[28-30]。相较于传统康复而言,康复机器人可提供高强度、精准的康复训练,允许任务重复执行,不受制于治疗师水平的影响,且对于脑功能的重塑也起着重要作用。脑瘫是因发育中的胎儿或婴幼儿脑部遭受损伤所致,大脑的调节功能失衡,上运动神经元病变引起患儿肌张力改变,从而产生运动

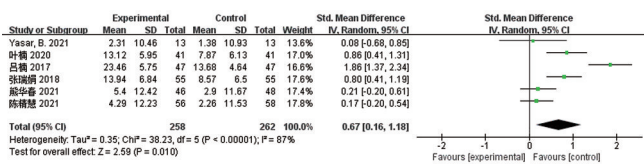


图3 2组患者平衡性评分的Meta分析森林图

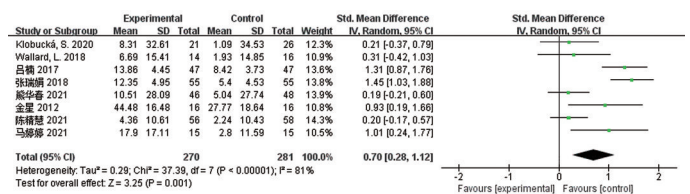


图4 2组患者GMFM-D分区评分的Meta分析森林图

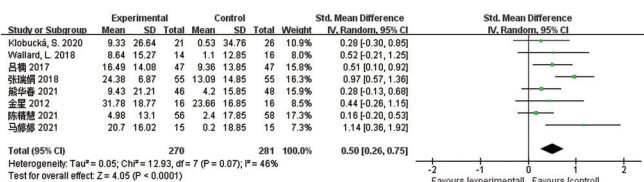


图5 2组患者GMFM-E分区评分的Meta分析森林图

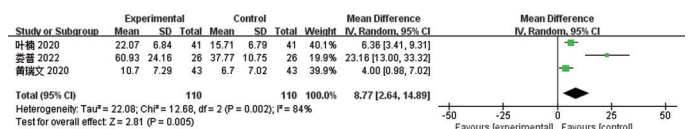


图6 2组患者基本日常生活能力的Meta分析森林图

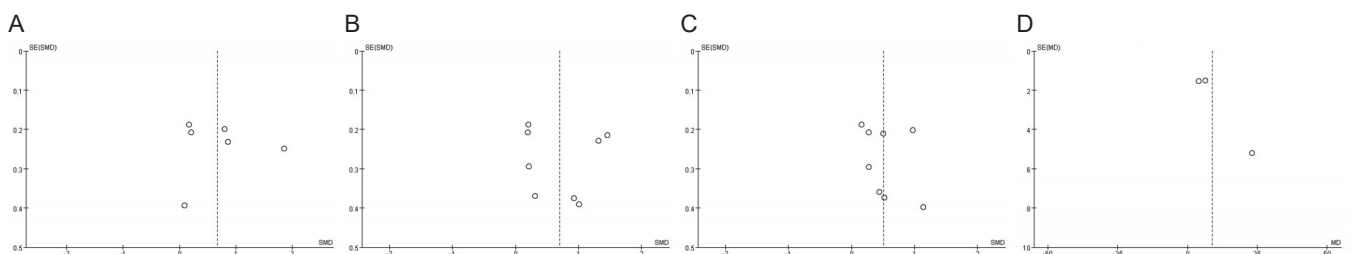


图7 平衡性评分(A)、GMFM-D分区评分(B)、GMFM-E分区评分(C)、MBI评分(D)的漏斗图

功能障碍。康复机器人辅助训练可以对患儿的不良姿势进行矫正,通过重复的主动运动加强肢体的本体感觉输入,促进神经突触的生成,修复受损的中枢神经,使大脑运动中枢重新学习对运动功能的控制,从而改善运动功能^[19,31-34]。

随着儿科领域对康复机器人辅助治疗的需求日益增长,本文进一步探讨康复机器人辅助治疗脑瘫的有效性,为临床康复提供证据支持,本文检索各大中外文数据库,纳入康复机器人辅助治疗脑性瘫痪的随机对照试验,并对文献进行 Meta 分析,结果显示,相较于传统康复治疗,康复机器人辅助治疗脑性瘫痪在提高 GMFM-D 区及 GMFM-E 区评分、平衡性评分、及基本日常生活能力改善方面更为优越,提示康复机器人辅助治疗脑性瘫痪具有较好的疗效。因此,康复机器人辅助治疗脑瘫有一定的临床意义。

本文的创新点在于:①汇集了 11 个常见中英文数据库中所有康复机器人辅助治疗脑性瘫痪的随机对照试验,相较于之前的 Meta 分析搜索的数据库更为全面;②在探讨康复机器人辅助治疗对脑性瘫痪患儿运动及平衡功能疗效的基础上,进一步探讨了对有关患儿 BADL 的改善效果,更为全面地评价康复机器人的治疗效果。

但是本文也存在一些局限性,如:①对文献语言进行了限制,只纳入了中英文的文献,可能会存在一定的语言偏倚;②研究对象不完全一致,涉及各类脑瘫分型、及 GMFCS 功能等级的脑瘫患儿,这可能对结果产生一定的影响;③具体的干预措施不统一,如康复机器人具体类型、治疗时长、频率及强度等不一致,可能对结果产生影响。

综上所述,康复机器人辅助治疗在脑瘫的康复上占有一定的优势,对于脑瘫的康复治疗有一定的临床意义,值得临床推广。但本文纳入的文献存在一定的异质性,康复机器人的种类、治疗频率、时间不完全一致,脑瘫分型、GMFCS 分级、年龄并未进行限定,因此,康复机器人用于脑瘫的治疗需要更加精确和规范,未来需要更多研究进一步探讨康复机器人辅助治疗的确切的治疗持续时间和治疗强度,并根据不同类型、治疗强度和频率及脑瘫分型、GMFCS 分级等进行进一步的亚组分析。并且关于康复机器人治疗脑瘫的随机对照试验较少,样本量较小,未来的研究应进一步提高康复机器人对脑瘫治疗的临床研究的质量,如增加随访、扩大样本量等。故康复机器人对脑瘫的治疗效果仍需高质量、大样本、多中心的随机对照试验来验证。

参考文献

- [1] Paul S, Nahar A, Bhagawati M, et al. A Review on Recent Advances of Cerebral Palsy[J]. *Oxid Med Cell Long*, 2022, 2022: 2622310.
- [2] Smania N, Bonetti P, Gandolfi M, et al. Improved Gait After Repetitive Locomotor Training in Children with Cerebral Palsy[J]. *Am J Phys Med Rehab*, 2011, 90: 137-149.
- [3] Gulati S, Sondhi V. Cerebral Palsy: An Overview[J]. *Indian J Pediatr*, 2018, 85: 1006-1016.
- [4] 史惟, 张崇凡, 黄真, 等. 儿童和青少年脑性瘫痪临床实践指南选题的范围综述[J]. *中国循证儿科杂志*, 2022, 17: 179-194.
- [5] 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: 887-892.
- [6] 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, 《中国脑性瘫痪康复指南》编委会. 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: 747-754.
- [7] 马婷婷, 张皓. 机器人辅助步态训练对痉挛型脑性瘫痪患儿运动和步行功能的效果[J]. *中国康复理论与实践*, 2021, 27: 1260-1265.
- [8] 苏鹏, 李冬静, 程露露, 等. 上肢康复机器人对脑卒中后肩痛患者的疗效观察[J]. *神经损伤与功能重建*, 2023, 18: 3.
- [9] Ivanova E, Krause A, Schalicke M, et al. Let's do this together: Bi-Manu-Interact, a novel device for studying human haptic interactive behavior[C]// 2017 International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR). *IEEE Int Conf Rehabil Robot*, 2017.
- [10] 张晓玉, 王凯旋. 机器人辅助技术、康复机器人与智能辅具[J]. *中国康复*, 2013, 28: 246-248.
- [11] Llamas-Ramos R, Sánchez-González JL, Llamas-Ramos I. Robotic systems for the physiotherapy treatment of children with cerebral palsy: a systematic review[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2022, 19: 5116.
- [12] Schroeder AS, Homburg M, Warken B, et al. Prospective controlled cohort study to evaluate changes of function, activity and participation in patients with bilateral spastic cerebral palsy after Robot-enhanced repetitive treadmill therapy[J]. *Eur J Paediatr Neurol*, 2014, 18: 502-510.
- [13] 李秀艳, 陶媿娜, 张杰, 等. 脾多肽注射液辅助化疗治疗肿瘤的疗效与安全性 meta 分析[J]. *中国现代应用药学*, 2019, 36: 977-984.
- [14] 金星, 孟兆祥, 尹正录, 等. 康复机器人辅助步行训练对脑瘫患儿步行能力的影响[J]. *中国康复医学杂志*, 2012, 27: 822-824.
- [15] 吕楠, 尚清, 马彩云, 等. 康复机器人对痉挛型脑性瘫痪患儿的康复效果[J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2017, 20: 45-47.
- [16] Wallard L, Dietrich G, Kerlirzin, et al. Effect of robotic-assisted gait rehabilitation on dynamic equilibrium control in the gait of children with cerebral palsy[J]. *Gait Posture*, 2018, 60: 55-60.
- [17] 张瑞娟. 康复机器人辅助步行训练对脑瘫患儿下肢肌张力及平衡能力的影响[J]. *中国实用医刊*, 2018, 45: 99-101.
- [18] Klobucká S, Klobuck R, Kollár B. Effect of robot-assisted gait training on motor functions in adolescent and young adult patients with bilateral spastic cerebral palsy: A randomized controlled trial[J]. *NeuroRehabilitation*, 2020, 47: 1-14.
- [19] 叶楠, 樊启红, 陈治江, 等. 下肢机器人辅助步态训练对脑性瘫痪患儿康复效果及生活质量的影响研究[J]. *中国医学装备*, 2020, 17: 94-97.
- [20] Yaar B, Atc E, Razaai DA, et al. Effectiveness of Robot-Assisted Gait Training on Functional Skills in Children with Cerebral Palsy[J]. *J Pediatr Neurol*, 2022, 20: 164-170.
- [21] 陈精慧. 下肢康复机器人训练对痉挛型脑性瘫痪患儿运动功能的疗效研究[D]. 郑州大学, 2021.
- [22] 熊华春, 陈精慧, 王军, 等. 下肢康复机器人训练对痉挛型脑瘫患儿粗大运动功能及平衡功能的影响[J]. *郑州大学学报(医学版)*, 2021, 56: 370-375.
- [23] 黄瑞文, 应其兴. 上肢康复机器人辅助治疗小儿脑瘫痉挛型偏瘫的效果[J]. *华夏医学*, 2020, 33: 4.
- [24] 娄普, 李文霞, 耿香菊, 等. 上肢多关节机器人训练对痉挛型偏瘫脑瘫患儿上肢运动功能及日常生活活动能力的影响[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2022, 44: 712-714.
- [25] Rosenbaum P, Paneth N, Leviton A, et al. A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006.[J]. *Dev Med Child Neurol*

Suppl, 2007, 49: 8-14.

[26] 刘梦君, 祁芳, 曹倩茹, 等. 悬吊运动疗法对脑性瘫痪儿童运动功能影响的Meta分析[J]. 湖南中医杂志, 2022, 38: 128-133.

[27] Fluet GG, Qinyin QIU, Saleh S, et al. Robot-assisted virtual rehabilitation (NJIT-RAVR) system for children with upper extremity hemiplegia[C/OL]//2009 Virtual Rehabilitation International Conference. Haifa, Israel: IEEE, 2009: 189-192.

[28] El-Shamy SM. Efficacy of Armeo (R) Robotic Therapy Versus Conventional Therapy on Upper Limb Function in Children With Hemiplegic Cerebral Palsy [J]. Am J Phys Med Rehabil, 2018, 97: 164-169.

[29] 王壮, 王轶钊, 丘世因, 等. 脑卒中上肢康复机器人研究进展[J]. 中国现代神经疾病杂志, 2023, 23: 15-21.

[30] Ammann-Reiffer C, Bastiaenen CHG, Meyer-Heim AD, et al.

Effectiveness of robot-assisted gait training in children with cerebral palsy: a bicenter, pragmatic, randomized, cross-over trial (PeLoGAIT) [J]. BMC Pediatr, 2017, 17: 64.

[31] 尹正录, 孟兆祥, 薛永骥, 等. 康复机器人辅助步行训练对成年脑性瘫痪患者步行能力的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2017, 32: 3.

[32] 王东生, 鲁佑瑜. 神经康复与脑功能重塑[J]. 国外医学(神经病学神经外科学分册), 2004, 31: 427-429.

[33] 牛春燕, 朱玉瑶, 牛琳艳. 康复机器人辅助步态训练联合脑电生物反馈对痉挛型脑瘫患儿下肢运动功能、平衡能力及脑功能的影响[J]. 全科护理, 2022, 20: 4427-4429.

[34] 曲斯伟, 朱琳, 钱龙, 等. 镜像视觉反馈训练联合下肢康复机器人对脑卒中患者下肢运动功能的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2022, 44: 5.

(本文编辑:王晶)

(上接第271页)

Disease Study 2019[J]. Lancet, 2020, 396: 1204-1222.

[2] Douiri A, Rudd AG, Wolfe CD. Prevalence of poststroke cognitive impairment: South London Stroke Register 1995-2010[J]. Stroke, 2013, 44: 138-145.

[3] Preston E, Ada L, Stanton R, et al. Prediction of Independent Walking in People Who Are Nonambulatory Early After Stroke: A Systematic Review[J]. Stroke, 2021, 52: 3217-3224.

[4] 孙毅, 纪亚晨, 吴康飞, 等. 营养状况是影响临床预后的重要因素: 基于459例急性前循环大血管闭塞性卒中急诊取栓治疗患者的回顾性分析[J]. 南方医科大学学报, 2022, 42: 1397-1402.

[5] 阳国兴, 孙颖. 早期营养管理对老年急性脑卒中患者预后的影响[J]. 实用医院临床杂志, 2019, 16: 145-148.

[6] 鄢晶, 陈肖兰, 黄纯. 脑卒中患者实施全程营养干预的效果评价[J]. 东南国防医药, 2013, 15: 395-396.

[7] 刘家硕, 朴哲, 杨瑞丽, 等. 三种营养风险筛查工具对老年脑卒中住院患者的筛查与比较[J]. 中国老年学杂志, 2020, 40: 4286-4288.

[8] 马征, 李娜, 吴黎明. 老年营养风险指数预测社区老年人群住院及死亡的意义[J]. 中国老年学杂志, 2022, 42: 2521-2524.

[9] Bouillanne O, Morineau G, Dupont C, et al. Geriatric Nutritional Risk Index: a new index for evaluating at-risk elderly medical patients[J]. Am J Clin Nutr, 2005, 82: 777-783.

[10] Kang MK, KIM T J, KIM Y, et al. Geriatric nutritional risk index predicts poor outcomes in patients with acute ischemic stroke - Automated undernutrition screen tool[J]. PLoS One, 2020, 15: e0228738.

[11] 孙慧君. 脑卒中患者健康素养、患者依从性与生活质量的相关性研究[D]. 上海中医药大学, 2020.

[12] 中华医学会神经病学分会, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国急性缺血性脑卒中诊治指南2018[J]. 中华神经科杂志, 2018, 51: 666-682.

[13] Nishi I, Seo Y, Hamada-Harimura Y, et al. Geriatric nutritional risk index predicts all-cause deaths in heart failure with preserved ejection fraction[J]. ESC Heart Fail, 2019, 6: 396-405.

[14] Li L, Wang H, Yang J, et al. Geriatric nutritional risk index predicts prognosis after hepatectomy in elderly patients with hepatitis B virus-related hepatocellular carcinoma[J]. Sci Rep, 2018, 8: 12561.

[15] 冯荣建, 余茜, 李怡, 等. 卒中后认知功能障碍患者肠道菌群紊乱特征研究[J]. 四川大学学报(医学版), 2021, 52: 966-974.

[16] 马珂珂, 郭园丽, 董小方, 等. 住院脑卒中患者营养管理的最佳证据总结[J]. 中华护理教育, 2021, 18: 456-463.

[17] De Van Der Schueren MA, Lonterman-Monasch S, Van Der Flier

WM, et al. Malnutrition and Risk of Structural Brain Changes Seen on Magnetic Resonance Imaging in Older Adults[J]. J Am Geriatr Soc, 2016, 64: 2457-2463.

[18] 胡静, 李梅. 肠外营养相关代谢性骨病的研究进展[J]. 中国全科医学, 2020, 23: 3488-3491.

[19] Bharadwaj S, Ginoya S, Tandon P, et al. Malnutrition: laboratory markers vs nutritional assessment[J]. Gastroenterol Rep (Oxf), 2016, 4: 272-280.

[20] Bouillanne O, Morineau G, Dupont C, et al. Geriatric Nutritional Risk Index: a new index for evaluating at-risk elderly medical patients[J]. Am J Clin Nutr, 2005, 82: 777-783.

[21] Abd-El-Gawad WM, Abou-Hashem RM, El Maraghy MO, et al. The validity of Geriatric Nutrition Risk Index: simple tool for prediction of nutritional-related complication of hospitalized elderly patients. Comparison with Mini Nutritional Assessment[J]. Clin Nutr, 2014, 33: 1108-1116.

[22] Huppertz V, Guida S, Holdoway A, et al. Impaired Nutritional Condition After Stroke From the Hyperacute to the Chronic Phase: A Systematic Review and Meta-Analysis[J]. Front Neurol, 2021, 12: 780080.

[23] 杨丹丹, 蒋琳芝, 李丽燕, 等. 预后营养指数对老年急性缺血性脑卒中患者静脉溶栓后短期功能预后的预测价值[J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2023, 25: 39-43.

[24] Tsutsumiuchi K, Wakabayashi H, Maeda K, et al. Impact of malnutrition on post-stroke cognitive impairment in convalescent rehabilitation ward inpatients[J]. Eur Geriatr Med, 2021, 12: 167-174.

[25] Huang Y, Xiao Z. Albumin therapy for acute ischemic stroke: a meta-analysis[J]. Neurol Sci, 2021, 42: 2713-2719.

[26] Zhu L, Xia J, Shao X, et al. The relationship between the baseline geriatric nutritional risk index (GNRI) and neurological function at the convalescence stage in patients with stroke: a cross-sectional study[J]. BMC Geriatr, 2023, 23: 173.

[27] 邓君启, 王侠, 刘会芳, 等. 急性脑出血患者疾病严重程度及早期预后影响因素研究[J]. 神经损伤与功能重建, 2020, 15: 413-415.

[28] De Menezes ST, Giatti L, Brant L, et al. Hypertension, Prehypertension, and Hypertension Control: Association With Decline in Cognitive Performance in the ELSA-Brasil Cohort[J]. Hypertension, 2021, 77: 672-681.

[29] 金艳, 倪朝民, 范文祥, 等. 脑卒中后认知障碍的相关因素分析[J]. 神经损伤与功能重建, 2023, 18: 56-59.

(本文编辑:王晶)