

• 荟萃分析 •

2004—2024 年脑瘫康复研究热点与趋势的可视化分析

党雪¹, 熊紫怡¹, 张鸿宇¹, 曹怡诺¹, 宋文君¹, 刘伟², 英振昊¹

1. 山东中医药大学康复医学院, 山东 济南 250355; 2. 山东中医药大学

摘要: **目的** 探索近 20 年脑性瘫痪(脑瘫)康复的前沿热点和发展趋势,为脑瘫的临床康复研究提供线索。**方法** 从 Web of Science 核心集数据库中检索 2004—2024 年脑瘫康复相关文献,采用 CiteSpace 6.2. R6 软件对纳入文献的国家、机构、作者、关键词、参考文献进行分析。**结果** 共纳入 2 336 篇文献,脑瘫康复领域发文量呈增长趋势。美国发文 563 篇,昆士兰大学发文 97 篇,分别是发文量最多的国家和机构,Boyd 的 h 指数为 24,在该领域学术产出水平和影响力最高。关键词突现分析得到 20 个突现词,文献共被引聚类分析得到 17 个聚类,表明人工智能赋能脑瘫康复和早期干预是该领域的研究热点。**结论** 脑瘫康复研究主题呈从传统运动康复模式向人工智能辅助康复发展的趋势,康复机器人、虚拟现实辅助脑瘫康复和早期干预是该领域的研究热点,可能会为脑瘫康复带来突破性进展,应推进相关研究。

关键词: 脑性瘫痪; 康复; 可视化分析; 热点; 趋势

中图分类号:R179 文献标识码:A 文章编号:1008-6579(2025)09-1003-07 doi:10.11852/zgetbjzz2024-0858

Visual analysis of hotspots and trends in cerebral palsy rehabilitation research from 2004 to 2024

DANG Xue¹, XIONG Ziyi¹, ZHANG Hongyu¹, CAO Yinuo¹, SONG Wenjun¹, LIU Wei², YING Zhenhao¹

1. Department of Rehabilitation Medicine, Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan, Shandong 250355, China; 2. Shandong University of Traditional Chinese Medicine

Corresponding author: YING Zhenhao, E-mail: yzhdoctor@163.com

Abstract: **Objective** To explore research frontiers and emerging trends in cerebral palsy (CP) rehabilitation over the past two decades, in order to provide insights for clinical rehabilitation research. **Methods** Publications related to CP rehabilitation (2004—2024) were retrieved from the Web of Science Core Collection from 2004 to 2024. CiteSpace 6.2. R6 was employed to analyze country/region contributions, institutional affiliations, authors, keywords, and reference co-citations. **Results** A total of 2 336 articles were included, with annual publications demonstrating an upward trajectory. The United States (563 publications) and the University of Queensland (97 publications) ranked as the most productive country and institution, respectively. Boyd achieved the highest academic influence (h-index: 24). Keyword burst analysis identified 20 emergent terms, while reference co-citation clustering yielded 17 thematic clusters, highlighting artificial intelligence (AI)-augmented CP rehabilitation and early intervention as current research frontiers. **Conclusions** Cerebral palsy rehabilitation research themes show a trend from traditional motor rehabilitation modes to artificial intelligence-assisted rehabilitation. Rehabilitation robotics, virtual reality-assisted cerebral palsy rehabilitation and early intervention are research hotspots in this field, CP rehabilitation research has evolved from traditional motor-based modes toward AI-assisted approaches. Rehabilitation robotics, virtual reality-assisted therapy, and early intervention represent key hotspots, which may bring breakthroughs in CP rehabilitation, and related research should be prioritized.

Keywords: cerebral palsy; rehabilitation; visual analysis; hotspots; trends

脑性瘫痪(cerebral palsy, CP)简称脑瘫,是一组持续存在的中枢性运动和姿势发育障碍、活动受限症候群^[1]。据统计,发达国家 CP 发病率为 0.2%~0.3%,我国 CP 发病率约为 0.248%^[2]。CP 遗留功能障碍严重影响了患者的日常生活、学习和工作,因此功能恢复至关重要,但目前尚缺乏基于文献计量学方法对 CP 康复研究趋势和热点的量化分析。本

文基于 Web of Science 核心合集(WOSCC),采用 CiteSpace 软件对近 20 年 CP 康复文献进行分析,以期了解 CP 康复领域的研究趋势和热点,为临床研究提供必要的线索与指引。

1 资料和方法

1.1 数据来源和文献检索策略 采用主题词方式

基金项目:国家自然科学基金(82174367);山东省中医药科技项目(2020M003)

作者简介:党雪(2000—),女,硕士研究生在读,主要研究方向为神经康复与儿童康复。

通信作者:英振昊, E-mail: yzhdoctor@163.com

检索 WOSCC,检索策略见表 1,共检索到 4 400 篇文献。检索时间设置为 2004.1.1—2024.5.27,检索数据库为 SCI-EXPANDED,文献类型选择 article 和 review article,检索语言为英语,共检索出 3 694 篇文献。

表 1 文献检索策略

Tab. 1 Literature search strategy

检索步骤	检索式
# 1	TS= ("cerebral palsy")
# 2	TS= (rehabilitation) OR TS= (habilitation) OR TS= ("Physical Therapy Modalities") OR TS= ("Physical Therapy") OR TS= ("Ergotherapy") OR TS= ("Occupational Therapy") OR TS= ("Rehabilitation of Speech and Language Disorders")
# 3	# 1 AND # 2

1.2 文献纳入标准和排除标准 纳入标准:1)通过表 1 检索式在 WOSCC 中获得的文献;2)CP 康复领域相关文献。排除标准:1)与 CP 康复不相关的论文;2)重复发表的论文;3)会议摘要、新闻、书信等非文章类型的文献。通过上述标准共纳入文献 2 336 篇,文献检索流程图见图 1。

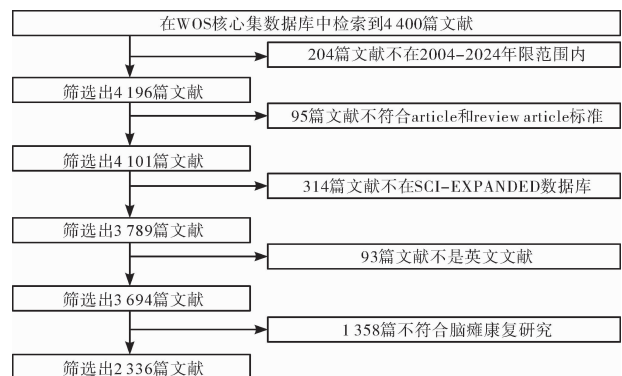


图 1 文献筛选流程

Fig. 1 Literature screening process

1.3 软件设置与分析方法 用 CiteSpace 6.2. R6 分析文献,绘制知识图谱。1)导出文献年发文量,采用 Excel 软件生成近 20 年年发文量趋势图。2)将纳入文献以纯文本文件导出,导入 CiteSpace 进行格式转换。3)软件设置如下:时间分区设置为 2004 年 1 月—2024 年 5 月,时间切片为 1,节点类型根据需要选择国家/机构/作者/关键词/共被引文献,TopN=50,网络裁剪功能选择 Pathfinder、Pruning sliced networks、Pruning the merged network。4)导出图谱分析。

2 结 果

2.1 2004—2024 年脑瘫康复领域年度发文量分析 CP 康复领域近 20 年发文量,整体呈波动上升趋

势,2004—2010 年发文量持续增长,2011—2023 年发文量螺旋式增长。2018 年发文量增速最快,之后 5 年皆大于 180 篇,2021 年发文量达到近 20 年的顶点,为 215 篇。见图 2。由此可知,近 20 年 CP 康复研究热度持续攀升,近五年热度较高。线性预测模型表明:CP 康复领域年发文量与年份之间有较高拟合度($R^2=0.76$),提示 CP 康复将会持续受到研究者关注,发文量将持续增长。

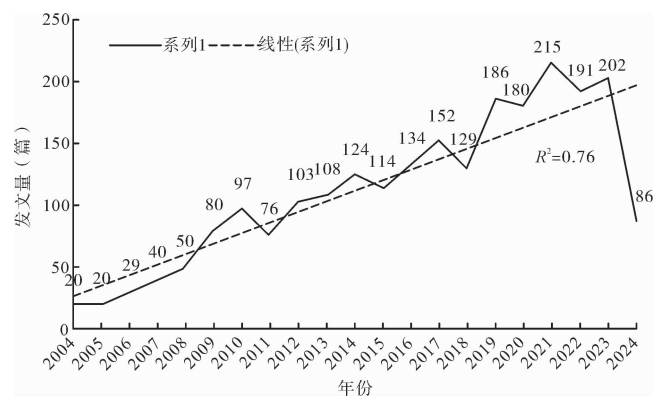


图 2 2004—2024 年脑瘫康复领域发文量趋势图

Fig. 2 Trends in the number of articles issued in CP rehabilitation, 2004—2024

2.2 2004—2024 年脑瘫康复领域合作分析

2.2.1 国家合作分析 发文量排名前 10 的国家见表 2,均高于 100 篇,国家合作网络图见图 3,美国发文 563 篇,占比 17.9%,贡献最大,加拿大和澳大利亚以 251 篇和 223 篇居于其后。荷兰、巴西和英格兰中心性大于 0.1,与其他国家合作密切。此外,排名前 10 的国家中仅有中国和巴西是发展中国家,我国发文量排名第 7,但中心性仅为 0.04,与其他国家合作交流较少。

2.2.2 机构合作分析 表 3 列出了排名前 10 的机

表 2 脑瘫康复领域发文量排名前 10 的国家

Tab. 2 Top 10 countries in terms of number of publications in CP rehabilitation

排名	国家	发文量(%)	中心性
1	USA(美国)	563(17.9)	0.00
2	Canada(加拿大)	251(8.0)	0.00
3	Australia(澳大利亚)	223(7.1)	0.06
4	Netherlands(荷兰)	187(5.9)	0.12
5	Italy(意大利)	173(5.5)	0.00
6	Brazil(巴西)	147(4.7)	0.12
7	Peoples R China(中国)	135(4.3)	0.04
8	England(英格兰)	115(3.7)	0.48
9	South Korea(韩国)	112(3.6)	0.08
10	Spain(西班牙)	103(3.3)	0.04

构,昆士兰大学、阿姆斯特丹自由大学和多伦多大学分别以 97、72、71 篇的发文量位居前三,机构合作网络图见图 4。这些机构以大学为主,多与本国机构合作密切,如埃及知识库和开罗大学,华盛顿大学和华盛顿西雅图分校,建立了跨国合作关系的是多伦多大学和荷兰布鲁维尤儿童康复医院。从中心性看,只有麦克马斯特大学(0.21)和阿姆斯特丹自由大学(0.15)具有较高相关性,说明机构之间合作并不密切,今后应加强国际交流合作。

2.2.3 作者合作分析 表 4 列出了发文量排名前 5 的作者,作者合作网络图见图 5。Boyd 的 h 指数最高,说明其学术产出水平和影响力最高。Novak 文献总被引次数最高,其中被引次数最高的文献是 2013 年发表的脑瘫干预法循证医学证据的系统综述,被引次数达 838 次。

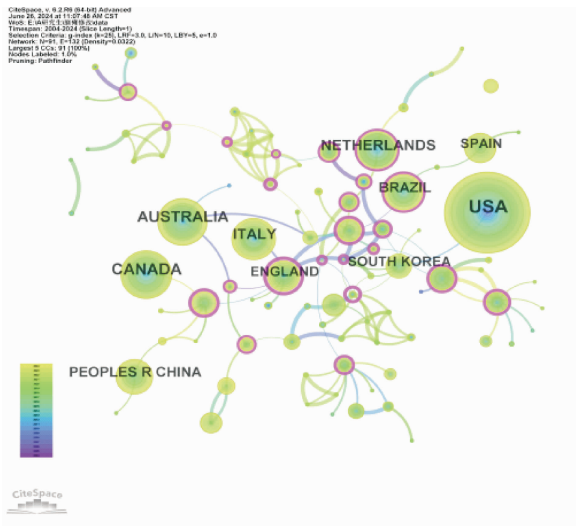


图 3 国家合作网络图
Fig. 3 Country cooperation network map

表 3 脑瘫康复领域发文量排名前 10 的机构

Tab. 3 Top 10 institutions in terms of number of articles published in CP rehabilitation

排名	机构	所属国家	频次	中心性
1	University of Queensland(昆士兰大学)	澳大利亚	97	0.04
2	Vrije Universiteit Amsterdam(阿姆斯特丹自由大学)	荷兰	72	0.15
3	University of Toronto(多伦多大学)	加拿大	71	0.02
4	McMaster University(麦克马斯特大学)	加拿大	64	0.21
5	Egyptian Knowledge Bank(埃及知识库)	埃及	55	0.03
6	Cairo University(开罗大学)	埃及	53	0.03
7	University of Sydney(悉尼大学)	澳大利亚	48	0.01
8	Holland Bloorview Kids Rehabilitation Hospital(荷兰布鲁维尤儿童康复医院)	荷兰	47	0.04
9	University of Washington(华盛顿大学)	美国	38	0.02
10	University of Washington Seattle(华盛顿大学西雅图分校)	美国	38	0.02

表 4 发文量排名前 5 的作者

Tab. 4 Top 5 authors in terms of number of publications

排名	作者	出现频次	中心性	指数	文献被引总次数
1	Boyd, Roslyn N	56	0.03	24	1 598
2	Sakzewski, Leanne	32	0.01	15	770
3	Novak, Iona	26	0.07	15	2 170
4	Ziviani, Jenny	25	0.01	19	1 071
5	Gordon, Andrew M	23	0.05	16	1 141

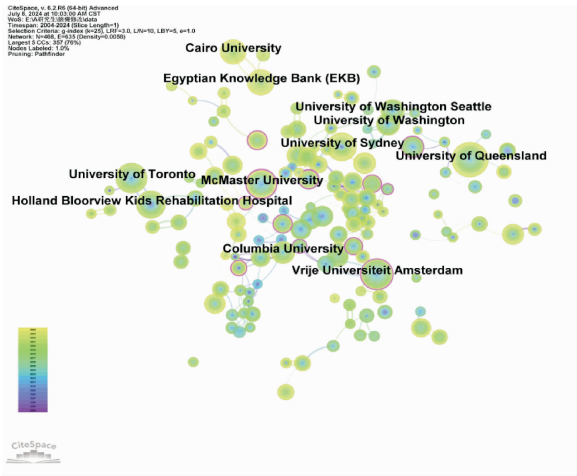


图 4 机构合作网络图
Fig. 4 Institution cooperation network map

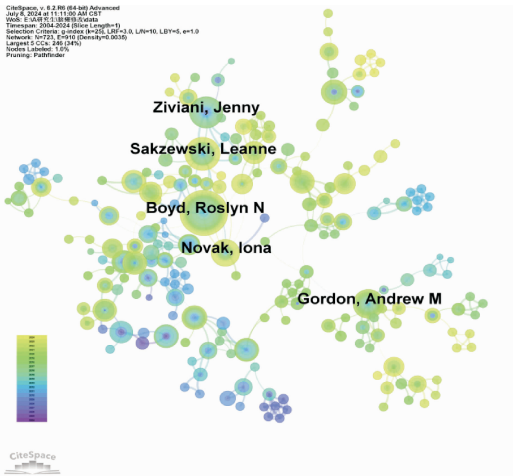


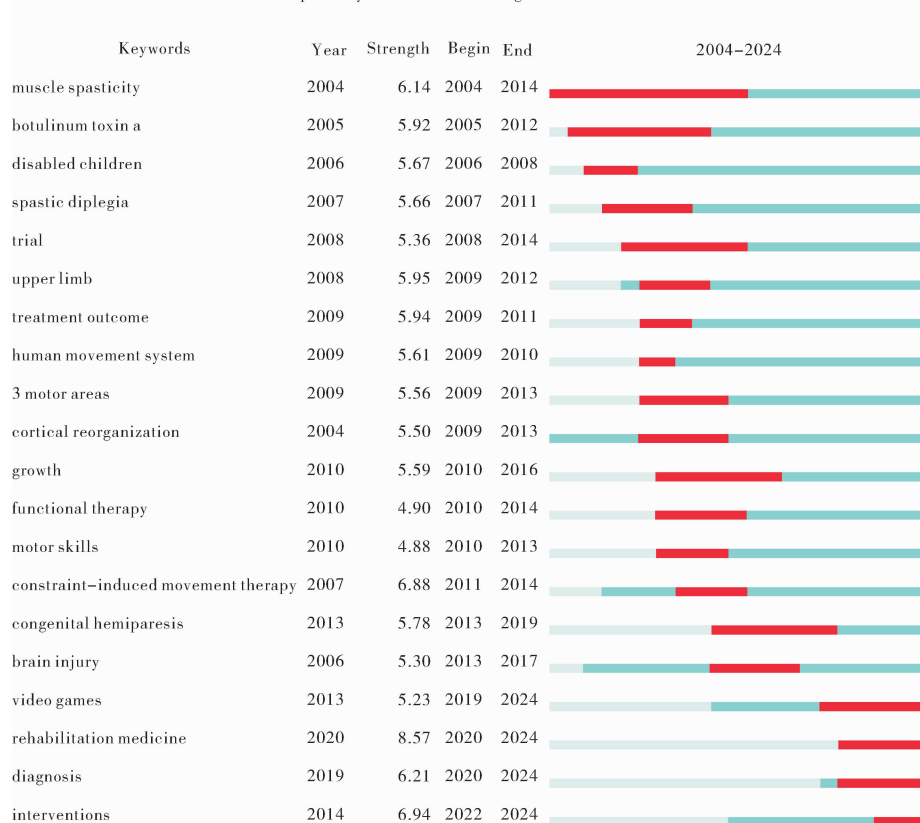
图 5 作者合作网络图
Fig. 5 Author collaboration network map

2.3 关键词突现分析 关键词突现是指在某个时间跨度内该词使用频次显著增加,用 strength 表示, strength 越大,关键词影响力越大^[3]。图 6 展示的是突现最短持续时间大于 2 年且 strength 排名前 10 的关键词。其中“康复医学”(8.57)爆发力最强,突现时间从 2020 到 2024,说明近 5 年 CP 康复医学研究热度较高,其次是“干预”(6.94)和“限制性诱导运动疗法(constraint-induced movement therapy, CIMT)”(6.88)。“肌张力”突现持续时间最长,从 2004 到 2014。“电子游戏”、“康复医学”、“诊断”、

“干预”突现时间持续到现在,可能成为之后的研究热点。

关键词突现分析还能显示研究热点的转移,判断潜在的发展趋势与前沿研究^[3]。分析可知,CP 康复早年关注患者肌张力的改善,肉毒素注射联合康复训练可有效缓解痉挛;随着对人类运动系统和神经可塑性研究的深入,基于运动控制理论的 CIMT 用于临床且疗效显著;近年来电子游戏、康复医学、诊断和干预爆发力较强,成为该领域研究前沿。

Top 20 Keywords with the Strongest Citation Bursts



注:蓝色代表关键词存在的时间范围,红色代表关键词爆发、维持热度的时间段。自上而下的突现词中文名称:肌张力、肉毒素 a、残疾儿童、痉挛型双瘫、试验、上肢、治疗结果、人类运动系统、3 运动区、皮质功能重组、生长、功能治疗、动作技巧、限制性诱导运动疗法、先天性轻偏瘫、大脑损伤、电子游戏、康复医学、诊断、干预。

图 6 关键词突现网络图

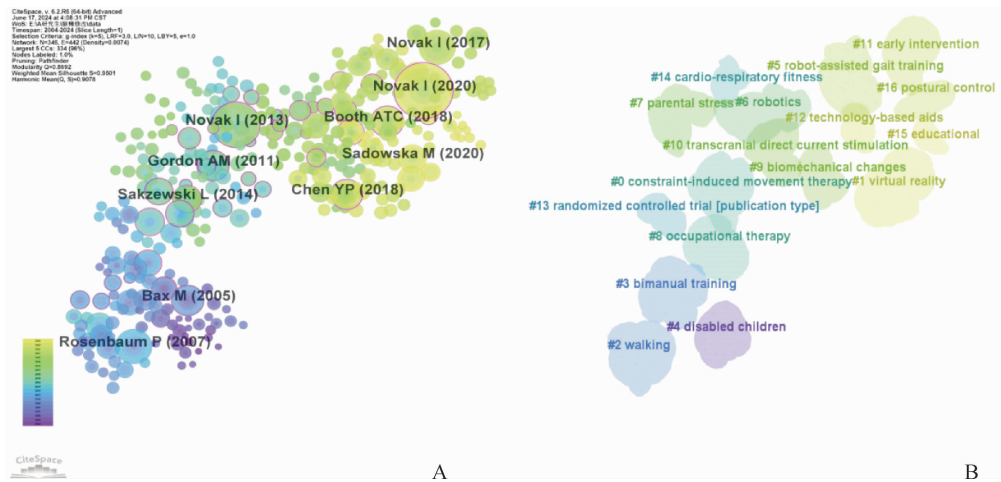
Fig. 6 Keyword emergence network diagram

2.4 文献共被引分析

2.4.1 文献共被引共现及聚类分析 文献共被引分析可阐述前沿研究背后的演变情况,对发展趋势和未来研究方向做出合理判断^[4]。引文共现图见图 7A,共被引频次排名前 5 的文献内容见表 5。

采用 LLR 算法得到 17 个聚类, Q 值 = 0.869 2 > 0.3, S 值 = 0.956 1 > 0.7,说明该聚类合理且令人信服。聚类颜色与文献所在年份一致,深色聚类

可视为 CP 康复领域的知识基础;浅色聚类可视为该领域的研究前沿。由此可知, # 1、# 5、# 11、# 12、# 15、# 16 是近几年形成的聚类,可分为两个领域,一是人工智能赋能 CP 康复,包括 # 1 虚拟现实(virtual reality, VR)、# 5 机器人辅助步态训练(robot-assisted gait training, RAGT)、# 12 基于技术的辅助工具、# 16 姿势控制;二是 CP 患儿的早期干预,包括 # 11 早期干预和 # 15 教育的。见图 7B。



注: A 为共现图, 标签显示的是被引频率排名前十的参考文献; B 为聚类图, 颜色填充与施引文献发表年份一致。

图 7 引文共现和聚类分析图

Fig. 7 Graph of co-occurrence and cluster analysis of citations

表 5 高被引文献 Top 5

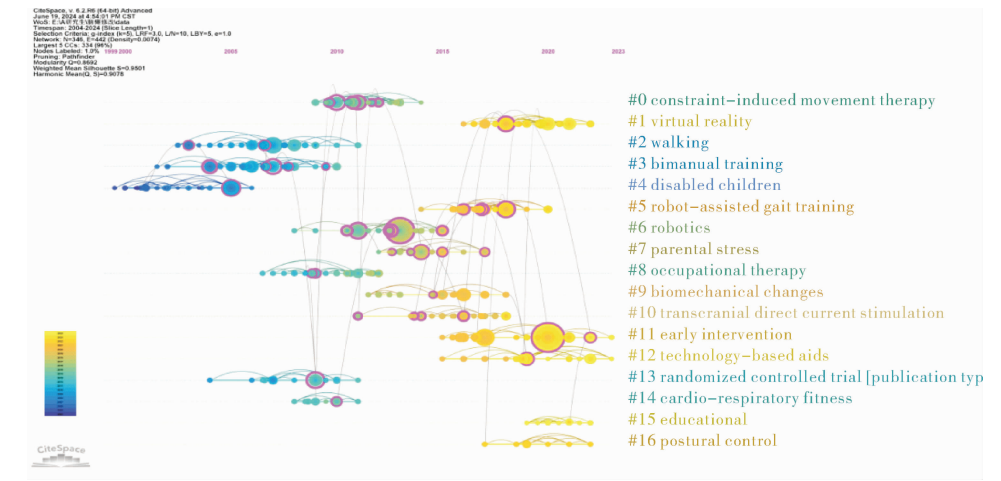
Tab. 5 Top 5 highly cited literature

第一作者	主要内容	被引频次
Novak ^[5]	总结 2019 年以前预防和管理脑瘫的最佳证据干预措施, 包括有效的预防策略、联合干预措施和内外科干预措施。	126
Novak ^[6]	总结 2013 年以前预防和管理脑瘫儿童的最佳证据干预措施。	80
Rosenbaum ^[7]	对脑瘫定义和分类的修订提出了建议, 提供脑瘫的通用概念以供使用	51
Novak ^[8]	系统回顾了早期准确诊断和早期干预脑瘫的最佳现有证据	51
Booth ^[9]	探究功能性步态训练对脑瘫儿童和年轻人步行能力的影响, 表明功能性步态训练可提高脑瘫儿童和年轻人的步行速度。	39

2.4.2 文献共被引时间轴分析 时间线图可进一步探究 CP 康复领域的发展脉络和主题演变。见

图 8。分析可知, CP 康复领域以残疾儿童的功能障碍为知识基础, 重点关注手功能和步行功能障碍, 作业疗法、双手训练、CMT 逐渐用于临床, 随着人工智能的发展和辅助设备的更新, 经颅直流电刺激和机器人技术开始用于该领域, 与 CP 康复机器人研发相关的生物力学变化备受关注, 由此衍生出的 RAGT、VR 等治疗技术在临床中得以应用。与此同时, CP 患儿的早期干预引起专家们的重视, CP 儿童父母承受的压力和 CP 儿童的教育问题也引发了社会的普遍关注。

在治疗方式上, 研究主题呈现出从传统运动康复模式向人工智能辅助康复发展, 在治疗对象上, 从 CP 儿童、青少年的功能障碍改善向早产儿、婴儿的早期诊断和干预发展, 干预时机前移。



注: 图中节点在横轴上的位置表示首次出现的时间节点, 连线表示共引关系, 颜色越暖则时间越近。

图 8 引文时间线图

Fig. 8 Timeline diagram of citations

3 讨 论

3.1 2004—2024 年脑瘫康复领域研究概况 国际上 CP 康复领域发文量呈上升趋势,2018—2019 发文量增速最快,近 5 年研究热度较高。91 个国家、468 个机构、723 位作者参与发表 CP 康复论文,发文最多的国家、机构和作者分别是美国、昆士兰大学和 Boyd Roslyn N。综合国家、机构、作者来看,荷兰、澳大利亚在 CP 康复领域占据着举足轻重的地位。我国发文量排名第 7,但与其他国家合作较少,缺乏具有高影响力的机构和作者,这可能是我国儿科和康复科起步较晚,发展有限造成的。值得借鉴的是,美国、荷兰等 CP 研究的主要贡献国都建立了脑瘫登记库^[10-11],我国作为人口大国,CP 人数高达 600 万^[12],如果能建立 CP 数据库,可以提供更多疾病数据,推动 CP 康复发展。

3.2 2004—2024 年脑瘫康复领域研究趋势和热点分析 综上,人工智能赋能 CP 康复和早期干预是当前研究热点。

3.2.1 人工智能赋能 CP 康复 在文献共被引聚类图谱中,机器人、生物力学变化、机器人辅助步态训练、基于技术的辅助设备和虚拟现实主题都与人工智能密切相关。

机器人系统以生物力学数据为设计基础,可以提供高强度、重复性、针对特定任务的互动式训练,不受制于治疗师水平,弥补传统康复疗法的局限性^[13]。Qian 等^[14]研究证明,RAGT 可能是步态干预措施中改善 CP 患者粗大运动功能的最佳措施。Wu 等^[15]研究发现与辅助机器人步态训练相比,需要主动运动输入的阻力机器人步态训练能更有效地改善 CP 儿童的运动功能,但目前不同控制策略的机器人系统临床疗效对比研究较少,哪种控制策略最适合 CP 儿童仍需进一步研究。

VR 是指由计算机生成的、可以进行交互的虚拟环境,可以调动 CP 儿童的视、听、触、动觉器官,使其积极参与康复锻炼^[16]。目前,VR 已被证明可以有效改善 CP 患儿的平衡、运动功能和日常生活活动能力^[17]。此外,VR 联合其他新技术也为 CP 康复提供了新的可能:VR 与远程家庭康复相结合,在单一环境中创造丰富的虚拟训练场景,既给足患儿安全感,也能激发患儿的训练积极性^[18];与增强现实技术相融合,在患儿的真实视野中叠加动作提示和动态反馈,帮助其更好地理解 and 执行训练任务^[19];与可穿戴技术相融合,可实时追踪生理数据并提供个性化康复训练^[20]。作为极具前景的康复

辅助技术,VR 技术与其他新技术的联合应用值得更多探索。

3.2.2 脑瘫早期诊断和早期干预 研究表明,运动体征反映了皮质脊髓束连接的缺失,在大约 6 个月和 1 岁时,活动干预可以最大程度地促进皮质脊髓束重塑^[21]。因此,对 CP 高风险儿童进行早期干预可以在婴幼儿 CP 典型运动障碍和异常运动模式形成前,最大限度地帮助其恢复到最接近正常的运动状态^[22]。目前,在矫正 6 月龄之前就可以准确预测 CP 或“CP 高风险”,常用的检测工具是磁共振成像、全身运动质量评估、Hammersmith 婴幼儿神经系统检查和婴幼儿神经发育评估^[8]。已得到国际循证医学证据支持的早期干预措施包括 CIMT 和目标-活动-运动集成疗法(goals-activity-motor-enrichment, GAME)^[23]。Eliasson 等^[24]发现 CIMT 可以改善偏瘫 CP 婴儿的手部功能,Morgan 等^[25]发现 GAME 可以改善 CP 儿童的运动和认知功能,同时可以降低父母焦虑和亲职压力水平,提示应该建立一个医院、家庭、社会共同参与的 CP 儿童康复体系。目前早期干预 CP 婴幼儿运动和认知功能的临床疗效研究居多,针对 CP 儿童并发症的早期干预研究较少,如髋关节移位、癫痫、视觉障碍等,如何通过早期干预改善并发症、降低并发症发生风险也应获得更多关注。

综上所述,脑瘫康复研究主题呈现出从传统运动康复模式向人工智能辅助康复发展的趋势,康复机器人、虚拟现实辅助脑瘫康复和早期干预是研究热点,可能会为脑瘫康复带来突破性进展,应推进相关研究。

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.
Tang JL, Qin J, Zou LP, et al. China's cerebral palsy rehabilitation guidelines (2015): Part 1[J]. Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2015,30(7):747-754. (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] 张宇,王峰,姜昱,等.基于 CiteSpace 知识图谱分析凝胶贴膏制剂的研究动态与发展趋势[J].中草药,2022,53(17):5459-5468.
Zhang Y, Wang F, Jiang K, et al. Analysis on research trends and development tendency of gel plaster preparation based on CiteSpace knowledge graph[J]. Chinese Traditional

- and Herbal Drugs, 2022,53(17): 5459-5468. (in Chinese)
- [4] 党小雯,黄海量,黄雷,等. 生物医学领域碳纳米材料 10 年研究前沿与热点[J]. 中国组织工程研究, 2025, 29(4): 752-760.
- Dang XW, Huang HL, Huang L, et al. Research frontiers and hotspots of carbon nanomaterials in biomedical field over the past 10 years[J]. Chinese Journal of Tissue Engineering Research, 2025,29(4): 752-760. (in Chinese)
- [5] Novak I, Morgan C, Fahey M, et al. State of the evidence traffic lights 2019: Systematic review of interventions for preventing and treating children with cerebral palsy[J]. Curr Neurol Neurosci Rep, 2020,20(2): 3.
- [6] Novak I, McIntyre S, Morgan C, et al. A systematic review of interventions for children with cerebral palsy: State of the evidence[J]. Developmental Medicine and Child Neurology, 2013,55(10): 885-910.
- [7] 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(109): 8-14.
- [8] Novak I, Morgan C, Adde L, et al. Early, accurate diagnosis and early intervention in cerebral palsy: Advances in diagnosis and treatment[J]. JAMA Pediatr, 2017, 171(9): 897-907.
- [9] Booth ATC, Buizer AI, Meyns P, et al. The efficacy of functional gait training in children and young adults with cerebral palsy: A systematic review and Meta-analysis[J]. Developmental Medicine and Child Neurology, 2018,60(9): 866-883.
- [10] Syrimi E, Lewison G, Sullivan R, et al. Analysis of global pediatric cancer research and publications[J]. JCO Glob Oncol, 2020, 6: 9-18.
- [11] Andringa A, Veerkamp K, Roebroek M, et al. Combined surveillance and treatment register for children with cerebral palsy: The protocol of the Netherlands CP register[J]. BMJ Open, 2023,13(10): e076619.
- [12] 穆晓红,李筱叶. 痉挛型脑性瘫痪外科治疗专家共识[J]. 中国矫形外科杂志, 2020,28(1): 77-81.
- Mu XH, Li XY. Expert consensus on the surgical treatment of spastic cerebral palsy[J]. Orthopedic Journal of China, 2020,28(1): 77-81. (in Chinese)
- [13] Llamas-Ramos R, Sanchez-Gonzalez 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(9):5116.
- [14] Qian G, Cai X, Xu K, et al. Which gait training intervention can most effectively improve gait ability in patients with cerebral palsy? A systematic review and network meta-analysis[J]. Front Neurol, 2022,13: 1005485.
- [15] Wu M, Kim J, Gaebler-Spira DJ, et al. Robotic resistance treadmill training improves locomotor function in children with cerebral palsy: A randomized controlled pilot study[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2017,98(11): 2126-2133.
- [16] Liu C, Wang X, Chen R, et al. The effects of virtual reality training on balance, gross motor function, and daily living ability in children with cerebral palsy: Systematic review and Meta-analysis[J]. JMIR Serious Games, 2022,10(4):e38972.
- [17] Komariah M, Amirah S, Abdurrahman MF, et al. Effectivity of virtual reality to improve balance, motor function, activities of daily living, and upper limb function in children with cerebral palsy: A systematic review and meta-analysis[J]. Ther Clin Risk Manag, 2024,20: 95-109.
- [18] Gerber CN, Kunz B, van Hedel HJA. Preparing a neuroepidiatric upper limb exergame rehabilitation system for home-use: A feasibility study[J]. Journal of Neuroengineering and Rehabilitation, 2016,13(1): 33.
- [19] Guinet A, Bouyer G, Otmame S, et al. Visual feedback in augmented reality to walk at predefined speed cross-sectional study including children with cerebral palsy[J]. IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering, 2022,30: 2322-2331.
- [20] Choi JY, Yi SH, Ao L, et al. Virtual reality rehabilitation in children with brain injury: A randomized controlled trial[J]. J Neuroeng Rehabil, 2021,63(4): 480-487.
- [21] Martin JH, Chakrabarty S, Friel KM. Harnessing activity-dependent plasticity to repair the damaged corticospinal tract in an animal model of cerebral palsy[J]. Dev Med Child Neurol, 2011,53 (Suppl 4): 9-13.
- [22] 唐久来,王宝田,李晓捷. 脑性瘫痪早期诊断和脑性瘫痪高风险儿诊断及早期干预进展[J]. 中华实用儿科临床杂志, 2018,33(15): 1121-1125.
- Tang JL, Wang BT, Li XJ. Early accurate diagnosis and early intervention in cerebral palsy and high risk of cerebral palsy[J]. Chin J Appl Clin Pediatr, 2018, 33(15): 1121-1125. (in Chinese)
- [23] 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(上)[J]. 中华实用儿科临床杂志, 2022,37(16): 1201-1229.
- Chinese Association of Rehabilitation Medicine Pediatric Rehabilitation Committee, Chinese Association of Rehabilitation of Disabled Persons Rehabilitation Committee for Cerebral Palsy, Chinese Medical Doctor Association Pediatric Rehabilitation Committee, et al. Chinese rehabilitation guidelines for cerebral palsy (2022) part 4: rehabilitation treatment(I) [J]. Chin J Appl Clin Pediatr, 2022,37(16): 1201-1229. (in Chinese)
- [24] Eliasson AC, Holmefur M. The influence of early modified constraint-induced movement therapy training on the longitudinal development of hand function in children with unilateral cerebral palsy[J]. Dev Med Child Neurol, 2015,57(1): 89-94.
- [25] Morgan C, Novak I, Dale RC, et al. Optimising motor learning in infants at high risk of cerebral palsy: A pilot study[J]. BMC Pediatr, 2015(15): 30.