

前 言

为了对中国康复的全球竞争力作出判断，及时掌握发展动态，为我国康复医学学科建设与高质量发展决策提供科学支撑，2023 年 9 月中华医学会物理医学与康复学分会第 12 届委员会在上海召开的第六次常委会与全委会一致通过了主任委员何成奇教授提出进行分会“主要亚专业现状研究”计划。主要亚专业包括神经康复、骨科康复、康复评定、康复治疗、呼吸康复、心脏康复、重症康复、老年康复、语言康复、康复教育、盆底康复与儿童康复。现状研究由分会组织、各学组组长或相关专家负责牵头落实。

“主要亚专业现状研究”内容包括亚专业主要病种康复的重大科学问题、关键技术问题、目前研究水平、国际前沿/发展趋势、国际学术组织任职情况、重大科学基础设施、国际合作交流情况、国际比较及对标前沿拟采取的举措。

为落实分会“主要亚专业现状研究”计划，中华医学会物理医学与康复学分会委员杜青教授、黄真教授组织相关专家编写了《脊柱侧凸康复现状研究》《脑性瘫痪康复现状研究》共计 1.8 万余字。相信本研究对掌握脑瘫康复与脊柱侧凸康复发展动态，推动我国该专业的建设与高质量发展必将提供科学支撑。

为此，谨代表分会感谢参与《脑性瘫痪康复现状研究》及《脊柱侧凸康复现状研究》的全体专家！

中华医学会物理医学与康复学分会第十二届委员会主任委员

何成奇

2024 年 4 月 20 日

《脑性瘫痪康复现状研究》研究小组

组长：黄真

成员/姓氏笔画排序

史惟 朱登纳 吴德 姜志梅 赵澎 徐开寿 黄真

《脊柱侧凸康复现状研究》研究小组

组长：杜青

成员/姓氏笔画排序

王楚怀 杜青 陈楠 庞伟周璇

中华医学会物理医学与康复学分会

第 12 届委员会

2024 年 4 月 20 日

《脑性瘫痪康复现状研究》

《脊柱侧凸康复现状研究》

学术委员会

主 委：何成奇、岳寿伟、周谋望

副主委：胡昔权、李建华、郭铁成

常委（按姓氏拼音排序）：白定群、陈丽霞、丛芳

公维军、李红玲、陆晓、潘钰、宋为群、王宝兰

王楚怀、王宏图、袁华、张长杰、张志强、谢青

委员（按姓氏拼音排序）：蔡西国、陈捷、陈林、陈伟

陈卓铭、丁桃、杜青、胡才友、黄真、金荣疆、康治臣

李哲、林坚、刘遂心、罗军、马超、马跃文、邵伟波

宋振华、孙强三、王宝军、王萍芝、吴鸣、吴霜、吴文

吴毅、夏清、夏文广、谢青、谢欲晓、许建文、许涛

叶超群、翟华、张桂青、张锦明、张巧俊、张跃萍

赵亮、赵澎、赵振彪、朱宁。

学术秘书：魏全

中华医学会物理医学与康复学分会

第 12 届委员会

2024 年 4 月 20 日

版权声明

《脑性瘫痪康复现状研究》与《脊柱侧凸康复现状研究》由文章内所署名的作者独立完成。如未经作者授权转载和发表均视为侵权，将依法追究法律责任。

《脑性瘫痪康复现状研究》

目 录

一、脑性瘫痪康复重大科学问题.....	6
二、脑性瘫痪康复的关键技术问题.....	7
三、脑性瘫痪康复的目前研究水平.....	8
四、脑性瘫痪康复的国际前沿/发展趋势.....	9
五、脑性瘫痪康复专业人员在国际学术组织任职情况.....	9
六、脑性瘫痪康复研究的重大科学基础设施.....	9
七、脑性瘫痪康复专家在国际合作交流情况简介.....	10
八、脑性瘫痪康复的国际比较与国际水平比较.....	11
九、脑性瘫痪康复拟采取的举措.....	12

《脊柱侧凸康复现状研究》

目 录

一、脊柱侧凸康复重大科学问题.....	16
二、脊柱侧凸康复的关键技术问题.....	18
三、脊柱侧凸康复的目前研究水平.....	20
四、脊柱侧凸康复的国际前沿/发展趋势.....	20
五、脊柱侧凸康复专业人员在国际学术组织任职情况.....	20
六、脊柱侧凸康复研究的重大科学基础设施.....	21
七、脊柱侧凸康复专家在国际合作交流情况简介.....	21
八、脊柱侧凸康复的国际比较与国际水平比较.....	21
九、脊柱侧凸康复拟采取的举措.....	22

脑性瘫痪康复现状研究

作者（按姓氏笔画排序）：史惟¹朱登纳²吴德³姜志梅⁴赵澎⁵徐开寿⁶黄真⁷（首席专家）

1 复旦大学儿科医院康复科，2 郑州大学第三附属医院康复科，3 安徽医科大学第一附属医院小儿神经康复中心，4 佳木斯大学康复医学院，5 天津市儿童医院康复科，6 广州市妇女儿童医疗中心康复科，7 北京大学第一医院康复医学科

脑性瘫痪（简称脑瘫）是指一组持续存在的运动和姿势发育障碍症候群，它导致活动受限，是由于发育中的胎儿或婴儿脑部受到非进行性损伤而引起，常伴有感觉、感知觉、认知、交流、行为等障碍以及癫痫和继发性肌肉骨骼问题[1]。脑瘫是导致人类残疾的重大疾患，全球发病率约 2%，我国 2018 年报道发病率为 2.48%，患病率为 2.46%[2]。近年来，随着围生医学水平的不断提升，以及基因诊断技术的推广，脑瘫的发病率有所降低，但它仍是影响儿童和家庭长期生存质量的高发病率致残性疾患。目前针对它的早期诊断、监测管理、评估工具、治疗技术、预后评判等，在国际上已有相对成熟的循证性指南或高质量的研究，相比之下，国内在应用已有成果和创新性研究以及系统康复管理方面还存在很大差距。脑瘫的非进行性损伤、持续存在的运动和姿势障碍、病损发生在具有很大可塑性的脑发育早期以及新定义中突出的活动受限等特征，使之无疑成为以提高活动能力和生存质量为目标康复医学尤其儿童康复医学的重点关注疾患，康复医学是脑瘫治疗的主体。本文将通过梳理脑瘫康复领域目前的重大科学问题、关键技术、重大科学研究的基础设备、发展方向，比较国内与国际相关领域的差距，利用优势和机遇，弥补不足，提出应对举措，希望有针对性和指导性地持续推动脑瘫康复的学科发展。

一、脑性瘫痪康复重大科学问题

1. 如何基于循证依据从病因和病理生理学角度对脑瘫患儿实施精准诊断和靶向治疗？

脑瘫是一种病因复杂、临床表现多样的综合征，其具体病因及发生发展机制仍不十分清楚^[3,4]，缺乏病因和病理生理学方面的治疗手段^[5]。研究表明约 40%左右的脑瘫与遗传变异有关^[6-9]，DNA 单核苷酸位点变异和拷贝数变异是两大常见的遗传变异。2017 年在澳大利亚成立了国际脑瘫基因组学联盟^[10]，希望未来在遗传变异病因诊断和基因治疗方面有所突破。脑瘫的非遗传变异病因和病理生理学也越来越受到重视，包括表观遗传学、转录组学、蛋白质组学、代谢组学、生化免疫学等，大量研究提示与临床表型有关。因此，

中华医学会物理医学与康复学分会第 12 届委员会

该领域的第一个重大科学问题是：如何基于循证依据从病因和病理生理学角度对脑瘫患儿实施精准诊断和靶向治疗。

2. 如何对脑瘫患儿的大脑可塑性及神经网络重组能力进行客观、精准的可视化评价？

脑瘫是由发育中的胎儿或婴幼儿脑部的非进行性损伤所致，具有较成人更大的可塑性。目前的康复治疗主要基于神经网络的使用依赖性可塑的机制，患儿越小，可塑性越大，随着年龄的增长，这种可塑性逐渐下降^[11]。因此，该领域的第二个重大科学问题是：如何对脑瘫患儿的大脑可塑性及神经网络重组能力进行客观、精准的可视化评价，继而准确评估患儿的功能预后及治疗效应。

3. 如何建立临床均质的多中心、大样本队列，破解脑瘫病因及临床表型的高异质性，推动脑瘫预防、预后和治疗的高质量发展？

脑瘫的病因和临床表型的异质性极大。除了遗传因素外，脑瘫发病的危险因素还包括早产、低出生体重、宫内感染和生长受限、窒息、高胆红素脑病、围产期缺氧缺血性脑病和脑卒中等。脑瘫的临床表现也异质性很大，以运动残损为主，可伴有感觉、感知觉、认知、交流、行为等障碍以及癫痫和继发性肌肉骨骼问题，还可共患睡眠障碍、功能性失明、听力障碍等。临床表型可分为痉挛型、不随意运动型、共济失调型、混合型等^[12, 13]。因此，该领域的第三个重大科学问题是：如何建立临床均质的多中心、大样本队列，破解脑瘫病因及临床表型的高异质性，推动脑瘫预防、预后和治疗的高质量发展。

二、脑性瘫痪康复的关键技术问题

脑性瘫痪康复的关键技术问题是：细胞治疗为代表的再生医学在脑瘫患儿中的应用、基于儿童不同认知水平的人机互动功能构建技术、基于功能影像及脑电网络等客观评估手段的精准神经调控治疗技术。

1. 以细胞治疗为代表的再生医学在脑瘫患儿中的应用。脑瘫缺乏特效治疗手段，干细胞治疗是具有前景的研究领域之一。多项动物实验和临床研究表明干细胞治疗脑瘫是安全有效的^[14-16]，但目前存在的局限性表现在：①干细胞的来源如脐血、骨髓等数量有限，采集过程复杂，限制了干细胞移植的广泛应用；②干细胞的制备、移植途径、移植剂量和移植时机等参数的设置还需要进一步探索；③干细胞在体内环境下的增殖和分化会受到多种因素的影响，存在较大的不确定性；④尽管干细胞移植后较少产生严重的不良反应，但仍存在一定的风险，可能会引起免疫反应；⑤需要继续研究脑瘫的发病机制和干细胞移植驱动损伤恢复的作用机制，为干细胞治疗脑瘫的临床转化提供更多的科学证据支持^[14]。基因治疗亦属于再生医学。近年来快速进展的神经科学和遗传学为脑瘫患儿提供了精确诊断、精准治疗和预后判断的机会。基因疗法可以直接针对病因，理论上可以更有效地修复受损的神经细胞，但仍需开展大量的相关基础和临床研究。

2. 基于儿童不同认知水平的人机互动功能构建技术。这方面技术在脑瘫的评估及康复治疗中展现了巨大优势，主要包括康复机器人技术、脑机接口技术、虚拟现实及增强现实技术等。作为具有训练一致性和持续性的康复机器人辅助治疗技术，可使评估和治疗参数化，但目前还需增加更多的训练模式、灵活的参数调节方式及提高其可操作性。脑机接口康复系统仍处于初期应用阶段，距离大规模市场化推广还需很长一段时间，具体问题包括：①易受外界环境影响；②不具有普遍适应性；③信号采集设备局限；④需要提升低认知水平患者的脑机接口效率；⑤具有一定的伦理风险。虚拟现实及增强现实技术凭借其特有的沉浸感、交互性及构想，在脑瘫患儿的康复治疗中可表现出个体化、多样性及趣味性等独有的优势和强大的潜力。存在的局限性包括：①要求患儿有一定的认知能力；②虽然能极大程度上模拟现实，但与多变的真实情况仍存在一定差别；③国内虚拟现实技术在康复领域的应用仍处于初级阶段，引进的设备所设定的环境及功能目标参数不一定适用于国内患儿。

3. 基于功能影像及脑电网络等客观评估手段的精准神经调控治疗技术。目前的脑瘫评估方法多为主观量表，如何通过客观评估来确定损伤部位及程度，是当前脑瘫神经调控技术精准治疗亟待解决的关键问题。神经调控技术主要包括重复经颅磁刺激、经颅直流电刺激、脑深部电刺激等技术。基于功能影像及近红外脑功能成像系统（fNIRS）与 EEG、ERPs、fMRI 结合的脑网络研究，将会为康复过程中神经环路和网络重建提供更有利的证据支撑，为临床提供多模态信息，有利于脑瘫患儿的精准评估，以明确脑瘫患儿神经调控技术的治疗靶点、参数设置及治疗强度等，具有良好的临床应用和发展前景。

三、脑性瘫痪康复的目前研究水平

2020 年至今中国学者（第一或并列第一或通讯或共同通讯作者中的第一单位来自中国）发表在 JCR-Q1 期刊的脑瘫相关论文共计 18 篇，其中 5 篇来自广州市妇女儿童医疗中心康复科徐开寿团队，2 篇来自郑州大学第三附属医院及其合作团队，深圳儿童医院康复科、重庆医科大学附属儿童医院康复科、复旦大学儿科医院康复科、淮安妇幼保健院康复科等各有 1 篇。2020 年至今省部级科学技术奖如下：

1. 《云南儿童神经发育障碍性疾病诊疗及康复关键技术体系的建立与应用示范》，2022 年度云南省科学技术奖二等奖，完成人：刘芸，徐开寿，唐红梅，黄浩宇，段丽芬，王静，刘春明，张杨萍，黄高贵。完成单位：昆明市儿童医院，广州市妇女儿童医疗中心。

2. 《康复技术在儿童脑损伤中的应用与推广》，2020 年度重庆市科学技术奖二等奖，完成人：肖农、陈玉霞、徐开寿、江伟、刘玲、侯文生、侯雪勤、任永平、李邦惠、冯英。完成单位：重庆医科大学、广州市妇女儿童医疗中心、重庆大学。

四、脑性瘫痪康复的国际前沿/发展趋势

1. 通过多学科团队全生命周期的管理模式，处理脑瘫患者运动障碍及其他伴随与继发症状^[17]，以活动为中心构建和实施干预目标与措施^[18]，追求生活质量和全程全人发展的积极取向。

2. 功能评估更为全面，功能分级涉及各类运动种类、进食能力、交流能力、发音发声、视觉控制功能、疼痛等^[19,20]，针对不同运动障碍类型与程度实施更为细致的功能评价，基于 ICF-CY 框架以及生活质量指标开展更为全面的干预结局评价^[21,22]。

3. 脑瘫治疗技术更为多样化，医工结合推进治疗新技术研发与临床实践，包括虚拟现实技术、外骨骼等各类穿戴装置、机器人辅助设备、脑机接口、辅助交流设备等^[23]。

4. 基于大数据以及高水平专家经验研发人工智能系统^[24,25]，有助于临床形成科学的专业化决策，促进学科高质量、均质性发展。

5. 通过产前、围产期以及产后的综合干预，脑瘫预防的成效逐步呈现^[26]。高危因素、临床表现、影像学检查以及基因检测共同构成了更为合理的脑瘫早期筛查程序^[27-29]。在不同医疗和经济发展水平以及文化背景下，建立适宜的脑瘫及脑瘫高危儿转介与干预系统^[30]。

五、脑性瘫痪康复专业人员在国际学术组织任职情况

2021 年李晓捷当选国际残疾儿童学会联盟 (International Alliance of Academies of Childhood Disability, IAACD) 执行委员会委员，安徽医科大学附属第一医院唐久来、佳木斯大学康复医学院 (黑龙江省小儿脑性瘫痪防治中心) 姜志梅、上海交通大学医学院附属新华医院杜青和河北医科大学魏国荣成为新一届理事会理事，21 名儿童康复专家担任全球专业教育、最佳实践、科学研究、财务、会员、交流、会议计划 7 个委员会的委员。郑州大学第三附属医院朱长连、广州市妇女儿童医疗中心胡昊分别担任国际脑瘫基因组联盟副主席和委员。

六、脑性瘫痪康复研究的重大科学基础设施

1. 与基因相关的脑瘫发病机制研究平台，包括分子生物学研究平台、功能基因组学研究平台、蛋白质组学研究平台、动物实验平台等。相关大型设备涉及基因测序仪、实时定量 PCR 仪、基质辅助激光解吸-飞行时间质谱仪 (Matrix Assisted Laser Desorption Ionization-Time of Flight-Mass Spectrometer,

MALDI-TOF-MS)、高通量蛋白质组分析仪等。

2. 与人工智能、脑机接口研究相关的平台, 主要指脑机接口研究平台、外骨骼机器人技术研究平台等。

3. 与干细胞治疗相关的技术研究平台。

4. 网络登记数据平台, 主要指基于区块链等技术构建安全可靠的数据互联互通, 应用于脑瘫数据登记和建立队列研究。

5. 其他用于脑瘫评估和治疗的大型设备, 包括高磁场核磁共振仪、导航经颅磁刺激器、三维步态分析系统、三维动作捕捉分析系统等。

七、脑性瘫痪康复专家在国际合作交流情况简介

2016 年由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瘫康复专业委员会联合组团, 参加在瑞典斯德哥尔摩举办的首届 IAACD 学术大会暨第 5 届国际脑瘫会议、第 28 届欧洲残疾儿童学术会议。同年参加了美国脑瘫与发育医学学会 (American Academy for Cerebral Palsy and Developmental Medicine, AACPDM) 在美国迈阿密举办的第 71 届学术会议。2018 年组团参加由澳大利亚脑瘫与发育医学学会 (Australasian Academy of Cerebral Palsy and Developmental Medicine, AusACPDM) 举办的第 9 届学术会议, 佳木斯大学康复医学院李晓捷做了“中国儿童康复的发展与挑战”大会主旨报告; 同年特邀时任 IAACD 主席/瑞典卡罗琳斯卡医学院 Hans Forssberg 为全国儿童康复学术会议做大会报告并与我国儿童康复核心成员及专家学者进行座谈, 会后到国内儿童康复机构进行了参观和交流。2018 年郑州大学第三附属医院组织召开了国际脑瘫遗传学联盟的学术年会, 来自澳大利亚、美国、加拿大、瑞典、英国、芬兰、以色列、日本、西班牙以及中国学者从脑瘫的病因、表型、流行病学、影像学特征、致病基因、体外模型及动物模型、病理生理机制、防治措施等方面进行了广泛讨论, 并针对基因诊断大背景下的脑瘫诊断进行了讨论并提出了维持脑瘫临床诊断的建议, 会上胡昊做了关于中国人群脑瘫基因组队列组建和遗传分析报告。2019 年胡昊在美国阿纳海姆第 73 届 AACPDM 暨第 2 届 IAACD 学术会议上做了关于中国人群脑瘫遗传学和脑瘫基因功能的报告。2019 年组团参加了在美国阿纳海姆举办的第 73 届 AACPDM 暨第 2 届 IAACD 学术大会, 大会首次安排“脑瘫全生命周期管理”中国儿童康复专场。2020 年世界脑瘫日 IAACD 组织在全球范围内分享疫情期间为残疾儿童服务的经验及反思线上学术会议, 共有 19 个会场, 中国分会 289 人参加, 还吸引了来自澳大利亚、新加坡、日本、韩国等各界人士, 成为本次活动人数最多的分会场。2022 年由中国康复医学会儿童康复专业委员会主办、佳木斯大学康复医学院协办的 IAACD 世界脑瘫日 24 小时全球分享会中国分会场于线上成功举办, 640 余人线上参与。2022 年胡昊在国际脑瘫基因组联盟线上年会上做了中国人群脑瘫基因组非编码区致病机制研究和 tRNA 相关脑瘫基因药物干预机制研究的两个报告。2023 年第 10 届中华医学会物理医学与康复学分会第 12 届委员会

届全国儿童康复、第十七届全国小儿脑瘫康复、第六届世界中联小儿脑瘫诊疗与康复学术会议暨国际学术论坛，特邀 IAACD 主席墨尔本大学 Christine Imms、日本札幌医科大学保健医学部小塚直树等国内外知名专家进行大会主旨报告并与专业委员会核心成员进行了座谈。2023 年在英国格拉斯哥召开的国际脑瘫遗传学联盟学术会议上，郑州大学第三附属医院及复旦大学生物医学研究院报道了迄今最大样本量的散发性脑瘫儿童的全外显子组学测序分析对脑瘫早期诊断的价值。

八、脑性瘫痪康复的国际比较与国际水平比较

1. 优势分析

1.1 我国人口众多，可以获得的样本量巨大，无论在实践经验还是大数据研究方面可以为脑瘫康复领域的发展作出贡献。

1.2 传统中医在脑瘫康复中有较多的临床经验积累。

1.3 据中国残疾人联合会报道在全国已广泛建立 9000 多家脑瘫等残联儿童的康复定点机构，初步具备了社区康复、医疗康复和家庭康复的模式。

2. 短板分析

2.1 缺乏统一的脑瘫登记管理系统，国际上脑瘫的登记和队列是较完善的，如：欧洲监测组织建立的脑瘫系统，澳大利亚全国脑瘫早期筛查体系等。目前我国在这一方面存在较大差距，仅个别省份建立了脑瘫登记管理平台^[31-35]，处于省内推广阶段，远未达到全省范围应用。全国范围内基本没有脑瘫队列建立和早期筛查干预的体系，无法获取关于脑瘫的发展特征、与结局相关的信息，限制了高质量队列研究。

2.2 国际一流期刊上来自中国的文献较少，包括基础性研究和临床性研究，需要加强高质量研究，同时提高国内指南的撰写质量。

2.3 国际上已有较为先进、完善的循证医学指南，包括早期筛查、评估体系、康复干预等方面，但国内在将循证医学指导实践方面存在较大差距。

2.4 中国国土面积大，在地域、经济、服务精细化等方面存在巨大差异，部分地方还在使用已经被国际淘汰的技术，而没有使用先进的技术，由此可能耽误了治疗时机。加拿大、澳大利亚、新加坡等国家在脑瘫等特殊儿童的发现、评估鉴定、安置、教育和就业等环节，建立了规范的法规政策和服务体系，能最大限度降低服务过程的随意性，确保服务质量。

2.5 脑瘫是重大的疾患，但并没有引起政府的足够关注，获得的投入资金和科研基金有限，与此同时又存在资金有效利用不充分，突击花销使用、缺乏个体化的盲目赠送、低质量技术和产品的免费提供等现象屡见不鲜，造成有限资金的浪费。

中华医学会物理医学与康复学分会第 12 届委员会

2.6 人才培养与国际差异较大，包括医师、治疗师等不同人群，缺乏科学的儿童康复人才培养体系。

2.7 脑瘫临床康复的多学科联合不足，与神经内科、神经外科、骨科、眼科、耳鼻喉科、营养科、医学影像科等科室的紧密合作有待提高。

2. 医教结合，帮助脑瘫儿童和青少年顺利融入社会、向成人过渡等方面存在很大差距。

九、脑性瘫痪康复拟采取的举措

1. 针对短板/问题拟采取的举措

1. 设立专家指导组，定期或不定期召开沟通会，对重要举措达成共识，从不同层面、不同角度推动学科科学发展。

1.2 在充分调研基础上不断推进儿童康复人才培养体系的合理发展，这是确保儿童康复亚专业持续高质量提升的根本保障。

1.3 强化各层面、各专业人群的规范化培训，尤其针对在国际上已被循证依据明确证明有效的技术，倡导各种培训应具有顶层设计、目标明确、优选师资、集体备课、效果评估、后续调研等环节，确保培训的科学引导性和规范有效性。

1.4 积极促进脑瘫等残障儿童管理部门之间的资源整合，包括医疗、教育、民政、妇联、残联等，为患儿及其家庭提供全人全周期的优化服务。

2. 针对优势/机遇拟采取的举措

2.1 推动相关各方规范收集与管理脑瘫相关数据，在有条件区域试点建立脑瘫登记系统，开展脑瘫康复服务的系统管理，最大化利用人口优势数据，推进多中心高质量科学研究。

2.2 积极推动资源整合，加强与残联系统的合作，在现有的规模管理架构下，促进专业人员岗位胜任力培养，让康复医学充分惠及广大患儿和家庭。

综上所述，脑瘫是目前导致儿童运动功能障碍为主伴随多系统障碍的第一位高发病率症候群，病因复杂，影响因素繁多，康复干预是其防治的主体。目前相关领域的研究进展较快，而国内无论在创新性研究还是将已有高循证等级依据的成果付之于实践，均存在较大差距，这种差距与多层次、多方面因素有关，作为康复人，责无旁贷肩负使命，为人类大健康贡献绵薄之力。

参考文献：

Peter Rosenbaum, Nigel Paneth, Alan Leviton, et al. A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006

李晓捷, 姜志梅, 郭津, 等. 中国十二省市小儿脑性瘫痪流行病学特征[J]. 中华实用儿科临床中华医学会物理医学与康复学分会第 12 届委员会

床杂志, 2018, 33(05): 378-383.

Korzeniewski SJ, Slaughter J, Lenski M, Haak P, Paneth N. The complex aetiology of cerebral palsy. *Nat Rev Neurol*. 2018;14(9):528-543.

Li N, Zhou P, Tang H, et al. In-depth analysis reveals complex molecular aetiology in a cohort of idiopathic cerebral palsy. *Brain*. 2022;145(1):119-141.

Cieza A, Causey K, Kamenov K, Hanson SW, Chatterji S, Vos T. Global estimates of the need for rehabilitation based on the Global Burden of Disease study 2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet*. 2021;396(10267):2006-2017.

Petterson B, Stanley F, Henderson D. Cerebral palsy in multiple births in Western Australia: genetic aspects. *Am J Med Genet*. 1990;37(3):346-351.

Costeff H. Estimated frequency of genetic and nongenetic causes of congenital idiopathic cerebral palsy in west Sweden. *Ann Hum Genet*. 2004;68(Pt 5):515-520.

Hallmayer J, Cleveland S, Torres A, et al. Genetic heritability and shared environmental factors among twin pairs with autism. *Arch Gen Psychiatry*. 2011;68(11):1095-1102.

Sandin S, Lichtenstein P, Kuja-Halkola R, Hultman C, Larsson H, Reichenberg A. The Heritability of Autism Spectrum Disorder. *Jama*. 2017;318(12):1182-1184.

Boycott KM, Rath A, Chong JX, et al. International Cooperation to Enable the Diagnosis of All Rare Genetic Diseases. *Am J Hum Genet*. 2017;100(5):695-705.

Finch-Edmondson M, Morgan C, Hunt RW, Novak I. Emergent Prophylactic, Reparative and Restorative Brain Interventions for Infants Born Preterm With Cerebral Palsy. *Front Physiol*. 2019;10:15.

Novak I, Morgan C, Adde L, et al. Early, Accurate Diagnosis and Early Intervention in Cerebral Palsy: Advances in Diagnosis and Treatment. *JAMA Pediatr*. 2017;171(9):897-907.

Moreno-De-Luca A, Ledbetter DH, Martin CL. Genetic [corrected] insights into the causes and classification of [corrected] cerebral palsies. *Lancet Neurol*. 2012;11(3):283-292.

Paton MCB, Wall DA, Elwood N, et al. Safety of allogeneic umbilical cord blood infusions for the treatment of neurological conditions: a systematic review of clinical studies. *Cytotherapy*. 2022 Jan;24(1):2-9.

易沙沙,罗凯旋,陈荣弦,等. 干细胞移植治疗小儿脑瘫的现状和进展[J]. 医学研究生学

报,2020,10:1098-1104.

Kuřak-Bejda A, Kuřak P, Bejda G, et al. Stem cells therapy in cerebral palsy: A systematic review. *Brain Dev.* 2016 Sep;38(8):699-705.

D. R. Patel, M. Neelakantan, K. Pandher, and J. Merrick, "Cerebral palsy in children: a clinical overview," *Translational Pediatrics*, vol. 9, no. 1, pp. S125–S135, 2020.

Jackman M, Sakzewski L, Morgan C, et al. Interventions to improve physical function for children and young people with cerebral palsy: international clinical practice guideline[J]. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 2022, 64(5): 536-549.

Piscitelli D, Ferrarello F, Ugolini A, et al. Measurement properties of the Gross Motor Function Classification System, Gross Motor Function Classification System - Expanded & Revised, Manual Ability Classification System, and Communication Function Classification System in cerebral palsy: a systematic review with meta - analysis[J]. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 2021, 63(11): 1251-1261.

Vinkel M N, Rackauskaite G, Finnerup N B. Classification of pain in children with cerebral palsy[J]. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 2022, 64(4): 447-452.

尹欢欢, 王慧珊, 沈修姝, 等. 健康和健康相关信息与《国际功能, 残疾和健康分类 (儿童青少年版)》链接文献状况的范围综述[J]. *中国循证儿科杂志*, 2023, 18(3): 221-225.

Makris T, Dorstyn D, Crettenden A. Quality of life in children and adolescents with cerebral palsy: a systematic review with meta-analysis[J]. *Disability and rehabilitation*, 2021, 43(3): 299-308.

Reyes F, Niedzwecki C, Gaebler-Spira D. Technological advancements in cerebral palsy rehabilitation[J]. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics*, 2020, 31(1): 117-129.

Duran I, Stark C, Saglam A, et al. Artificial intelligence to improve efficiency of administration of gross motor function assessment in children with cerebral palsy[J]. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 2022, 64(2): 228-234.

史惟. 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.

McIntyre S, Goldsmith S, Webb A, et al. Global prevalence of cerebral palsy: A systematic analysis[J]. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 2022, 64(12): 1494-1506.

Novak I, Morgan C, Adde L, et al. Early, accurate diagnosis and early intervention in cerebral palsy:

advances in diagnosis and treatment[J]. JAMA pediatrics, 2017, 171(9): 897-907.

Morgan C, Fetters L, Adde L, et al. Early intervention for children aged 0 to 2 years with or at high risk of cerebral palsy: international clinical practice guideline based on systematic reviews[J]. JAMA pediatrics, 2021, 175(8): 846-858.

Moreno-De-Luca A, Millan F, Pesacreta D R, et al. Molecular diagnostic yield of exome sequencing in patients with cerebral palsy[J]. Jama, 2021, 325(5): 467-475.

Boychuck Z, Bussi eres A, Goldschleger J, et al. Age at referral for diagnosis and rehabilitation services for cerebral palsy: a scoping review[J]. Developmental Medicine & Child Neurology, 2019, 61(8): 908-914.

肖丽萍,史惟,康淑蓉,等.上海市闵行区脑瘫登记管理的初步结果[J]. 中国康复理论与实践.2010,16(7):613-616.

马冬梅,姜志梅,马玉廷,等.佳木斯市区脑性瘫痪儿童登记管理初探[J]. 中国康复理论与实践.2013,19(11):1096-1098.

徐磊,姜志梅,吕智海,等.佳木斯市残疾儿童的登记管理[J]. 中国康复医学杂志.2016,31(3):340-342.

袁俊英,王以文,王军,等.河南省脑性瘫痪儿童登记管理及监测网络建设与数据分析[J]. 中国康复理论与实践,2020,26(8):885-891.

中华医学会儿科学分会康复学组.中国脑性瘫痪儿童登记管理专家共识[J]. 中华实用儿科临床杂志,2021,36(19):1441-1445.

脊柱侧凸康复现状研究

王楚怀¹ 杜青² (首席专家) 陈楠³ 庞伟⁴ 周璇²

¹中山大学附属第一医院

²上海交通大学医学院附属新华医院

³上海健康医学院附属崇明医院 ⁴佳木斯大学附属第三医院

脊柱侧凸是脊柱一个或数个节段冠状面侧方弯曲, Cobb 法测量弯曲角度 $\geq 10^\circ$ 可明确诊断, 是一种三维畸形, 常合并椎体旋转和矢状面生理弯曲改变, 按病因分为特发性、先天性、神经肌肉型等。特发性脊柱侧凸进展率为 42%~49%, 后两型进展与先天畸形程度、原发疾病高度相关¹, 畸形严重将导致躯干不对称、生物力线异常、心肺功能下降、生活质量降低, 甚至导致焦虑忧郁等心理问题。随着病因、筛查、康复临床研究深入开展, 早期预防与非手术干预日益受到关注。通过国内外脊柱侧凸康复现状研究, 发现优势、找准短板, 以便对我国脊柱侧凸康复的全球竞争力作出判断, 为我国康复医学学科建设与高质量发展决策提供科学支撑、为各综合医院康复医学科或者康复医院的亚专业建设提供科学支撑。

一、脊柱侧凸康复重大科学问题

特发性脊柱侧凸是最常见的脊柱侧凸类型, 其病因复杂, 受多因素影响, 最常发生于儿童生长发育高峰期。早期畸形轻、难以发现, 就诊普遍较晚, 易错过非手术治疗黄金时期, 导致手术率、残疾率升高。学龄期筛查有利于早期发现和干预, 降低手术率²。有研究指出, 性别、民族、地理纬度、家庭社会经济状况、身体活动等因素可能影响脊柱侧凸的发生与进展。因此, 明确脊柱侧凸发生的高危因素对于高危人群的识别至关重要。脊柱侧凸早期筛查的工具或方法有多种, 如 Adam 前屈试验、脊柱侧弯测量仪、肌骨超声、动态图像智能识别系统、红外热成像、Moiré 云纹照相等。目前国内筛查指南推荐使用 Adams 前屈试验联合脊柱侧弯测量仪测量躯干旋转角, 简易快捷³, 但该筛查技术受测量人员、学生体格差异等影响, 准确率和特异性欠佳。即便大规模由专业人员开展的筛查准确性已被证实远高于未经培训的家进行测量, 能有效减少假阴性, 有益于早期识别, 但耗时长、花费高⁴。肌骨超声作为一项新技术可排除 50% 的筛查假阳性, 但该技术尚未完全成熟、普及率低, 且超声仪体积巨大, 操作较复杂, 受仪器操作人员专业技术的影响较大, 不利于大范围的人群筛查。现有筛查方法的局限性影响疾病的高效早期识别, 如假阳性高造成健康人

中华医学会物理医学与康复学分会第 12 届委员会

群的辐射暴露⁵。因此，**该领域的第一个重大科学问题是：如何基于高危因素分析及筛查方法优化提高脊柱侧凸早期识别准确率和效率。**

脊柱侧凸的治疗方法主要包括手术和非手术两大类，Cobb 角 $>50^{\circ}$ 的患者建议进行手术治疗，症状相对较轻或进展风险较小的患者则行非手术治疗。非手术治疗可分为支具疗法、物理疗法两大类，物理疗法又分为运动疗法、手法治疗、电刺激、被动牵伸等，其中电刺激已被证实无法有效阻止侧凸的进展而较少应用⁶。非手术治疗虽然不能像手术治疗那样起到短期明显的效果，但其对于 AIS 患者生理、功能以及心理等各方面的恢复中起着重要的作用。特定运动疗法(physiotherapy scoliosis-specific exercises, PSSE) 逐渐进入大众视野，这是专门针对脊柱侧凸的一种运动疗法，是 2016 年国际脊柱侧凸矫形与康复治疗协会发布的指南中首推的非手术治疗²。PSSE 基于特定主动矫正模式和运动训练，进行稳定性、本体感觉训练和运动控制，主要分为七大流派，包括德国 Schroth 疗法、DoboMed 疗法、FITS 疗法、SEAS 疗法、Lyon 疗法、BSPTS 疗法和侧移疗法，现有证据表明 PSSE 有助于稳定脊柱畸形，提高患者生活质量⁷。Schroth 疗法是 PEES 中研究和应用最广泛的，并已被证明是有效的，在脊柱侧凸 Cobb 角、胸廓旋转角度和肺功能方面显示出良好的效果^{8,9}。SEAS 疗法和 BSPTS 疗法均有效地稳定甚至减小了侧凸 Cobb 角，而支持其他方法论有效性的数据非常有限¹⁰。但由于各流派特征差异大，儿童青少年难以理解掌握，疗效有限。此外，PSSE 以医院治疗为主，大量占用时间，给家长和孩子带来沉重心理和经济负担，难以坚持。因此，**该领域的第二个重大科学问题是：如何基于国情，研发我国儿童青少年接受度高，易掌握推广、可行性强的脊柱侧凸运动疗法。**

脊柱侧凸分为先天性脊柱侧凸、特发性脊柱侧凸以及其他神经肌肉系统疾病引起的继发性脊柱侧凸。先天性脊柱侧凸的病因复杂，包括遗传、环境、代谢、细胞因子、药物作用等，但至今仍未有明确的结论¹¹。特发性脊柱侧凸的发病机制尚不明确，普遍认为是由多种致病因素综合作用的结果。脊柱生物力学的改变可能是特发性脊柱侧凸发生发展的病因，表现为脊柱前路相对过快生长、脊柱脊髓发育不匹配、椎体或椎间盘的楔形变、椎旁肌的不对称分布以及脊柱与躯干其他部位之间的生物力学因素等。大量研究在脊柱和非脊柱层面上观察到了可能导致脊柱侧凸患者出现椎体前柱相对过度生长和椎体旋转的原因。在疾病发生的早期，可能是内源性的致病因素引起了脊柱生物力学的异常，而在青春期人体进入爆发式的生长发育阶段时，这种力学异常被快速放大，并通过 Hueter-Volkman 效应、Wolff 定律反作用于脊柱骨骼的生长发育，进而造成脊柱侧凸的发生和进展¹²。越来越多的人支持中枢神经系统损伤可能是特发性脊柱侧凸发病的病因^{13,14}。多项研究显示脊柱侧凸患者中枢水平本体感觉输入或整合异常，导致脊柱姿势控制不足，从而影响脊柱的正常发育，前庭系统异常介导的姿势控制障碍可能与脊柱侧凸的发生发展有关。因此，根据脊柱侧凸可能的发病机制，探索生物力学调整、特定性运动疗法及神经调控等手段对脊柱侧凸进行干预有

一定的理论依据¹⁵，通过特定性运动疗法、核心力量训练减少甚至停止非对称负荷，提高脊柱稳定性，从而矫正脊柱畸形，延缓侧凸进展。使用经颅磁刺激等无创神经调控的手段从中枢水平对脊柱侧凸进行干预¹⁶，改变突触的传导性影响神经元之间的连接进而影响大脑可塑性，提升中枢水平重塑中枢皮层的效率。患者脑干皮质脊髓束不对称，与健康儿童相比 s 运动控制和协调功能相关脑区的体积差异，以及运动执行过程中出现异常的运动网络的模式，脊柱侧凸患者皮质和皮层下运动结构的脑功能连接异常，这种功能障碍通过下肢屈曲而改变。由运动引起的运动回路激活的标准化表明，中枢运动回路损伤可能是继发性的或是脊柱侧弯的病因，受到大脑可塑性的影响¹³。因此，**该领域的第三个重大科学问题是：如何从神经肌肉角度探讨脊柱侧弯发生与发展的机制，并以此为着手寻求有效的治疗手段。**

二、脊柱侧凸康复的关键技术问题

脊柱侧凸康复的关键技术问题是多模态数据融合的脊柱侧凸人工智能辅助筛查技术、ICF 理念下，基于特定运动疗法的脊柱综合矫正运动疗法技术、舒适化佩戴、传感器应用结合心理治疗提升支具治疗依从性的技术。

1. 多模态数据融合的脊柱侧凸人工智能辅助筛查技术。多模态数据融合是一种新的深度学习优化方法，通过将来自不同媒体和传感器的多种数据进行结合，显著加速神经网络的训练过程，并提高模型的泛化性能，已被尝试用于脊柱侧凸的筛查。

由父母实施的家庭脊柱健康监测是早期识别脊柱侧凸的重要途径。有研究提出一种易操作的、可靠性高的脊柱侧凸筛查应用程序，由父母按提示将 TRACE 美学评估、Adams 前屈弯腰试验、性别、月经初潮和脊柱侧凸家族史等数据输入手机应用程序，通过多模态数据融合和模型计算得出侧凸风险评分¹⁷。

有研究者使用深度照相机 Azure Kinect 测量受试者的静态姿势，应用智能算法排除身高、体重和身体成分的差异及测量距离的影响，通过智能算法与深度照相机结合初步筛查异常姿势，场景适应性强，在大规模人群筛查中具有低成本、便携易使用、快速高效的特点¹⁸。

2. ICF 理念下，基于特定运动疗法的脊柱综合矫正运动疗法技术。早期康复减缓生长发育期畸形进展，改善不良结局，降低手术¹⁹。在畸形纠正方面，6 个月、每周不少于 4.4 小时的 PSSE 对生长发育期轻、中度单弯效果更佳^{20,21}，可单独或联合其他治疗（如马术治疗）改善躯干外观、关节位置觉和足部力线，对低骨骼成熟度的患者疗效更显著^{22,23}，胸弯疗效最²⁴。针对侧凸的平衡功能问题和肺功能下降，特定运动疗法结合核心力量训练及呼吸训练锻炼患者腰、腹、背部和呼吸肌力量，激活深部肌群，改善脊柱力线，提升姿势稳定性、呼吸功能²⁵⁻²⁷。社会参与方面，与健康同龄人相比，侧凸患者运动频率降低，PSSE 虽可预防侧凸进展，但同时会因训练枯燥占用日常活动时间，造成患者自我满意度欠佳^{28,29}。需充分考虑患者接受度，

逐步从以医院康复为主转变为家庭康复与医院治疗相结合，每周 3 次医院治疗结合每天 1 次家庭康复可有效改善侧凸畸形³⁰。

脊柱矫正综合运动疗法是以 PSSE 为基础的创新疗法，综合了 PSSE 各流派的优势，以兼顾结构—功能—社会参与为核心理念，每周 1—3 次医院治疗兼顾平衡与稳定性训练，结合手法筋膜松解治疗、呼吸训练，每天 1 次家庭康复将自我矫正体操与日常姿势管理结合，鼓励规律身体活动，减少久坐行为，保持肌肉力量、促进骨健康，减轻时间成本和经济负担。

3. 舒适化佩戴、传感器应用结合心理治疗提升支具治疗依从性的技术。支具治疗依从性受支具质量、规范佩戴程度及患者心理状况影响^{31,32}。支具质量影响支具内矫正和舒适度，刚性支具在临床应用广泛，但会导致骨突处压力大、穿脱困难、活动受限等问题，软支具虽舒适度好但效果存在争议³²。3D 打印支具更轻薄，即时疗效较好，长期效果与低温热塑板支具效果相似³³，但价格昂贵。定制加长、舒适的内衣可改善长期佩戴支具导致的因汗水堆积、摩擦而产生皮肤问题，提高患者舒适度和治疗依从性³⁴。

支具佩戴情况主要考虑佩戴时长和松紧程度两个要素，使用热敏传感器和压力传感器是提高依从性的有效方法³⁵。热敏传感器客观监测佩戴时长的可靠性 98.5%³⁶，特殊部位上压力传感器用于监测佩戴松紧程度会低于实际佩戴的时间。因此，研究者从量和质两方法，使用热敏传感器记录支具佩戴时长，并结合压力传感器来测量佩戴松紧程度，生成患者佩戴习惯图像并给予指导。智能矫形器由一个力传感器和一个自适应调节模块组成，可在日常活动中控制垫块的压力在规定的范围内，自适应调整支具的松紧程度，可以提高依从性和效果。

心理因素影响支具治疗的依从性³¹。由于害怕外界对自身外观的负面评价，脊柱侧凸患者更愿意在家里或睡觉时佩戴支具，在社交环境中会避免佩戴支具。但研究表明，支具与皮肤之间的压力在白天最接近规定负荷，在夜间则降到最低水平。因此，在开设支具处方时，要注意日常生活中不同时期的习惯及其所处的社会环境，积极通过健康宣教塑造支具佩戴友好的社会氛围。建立“心理—脊柱侧凸”综合康复方案，在支具制作和每次就诊时根据患者对支具治疗的想法和依从性报告，提醒患者治疗的意义，必要时培训家人、朋友和同学提供安全环境^{37,38}，有助于降低消极情绪水平，增加治疗依从性。

支具结合特定运动疗法较单一支具更有效，支具治疗期间鼓励患者积极参加体育运动（运动时脱掉支具）³⁹，有益于提高呼吸功能，促进身心健康⁴⁰。支具治疗建议 6~12 个月随访，摄片前需至少脱掉支具 18 小时⁴¹。支具治疗至骨骼成熟（Risser4-5）后，需根据情况逐步减量使用 6—12 个月直至完全去⁴²。

三、脊柱侧凸康复的目前研究水平

2018 年至今我国康复相关领域学者（第一或并列第一或通讯或共同通讯作者中的第一单位来自中国）发表在 JCR-Q1 期刊的脊柱侧凸相关论文共计 22 篇，其中香港大学 13 篇，上海交通大学医学院附属新华医院康复 4 篇，四川大学华西医院 2 篇，台湾成功大学、上海中医药大学附属岳阳中西医结合医院、常州市体育医院各 1 篇。2018 年至今省部级科学技术奖如下：

《青少年特发性脊柱侧凸康复诊疗方案的研究》，2018 年度中国康复医学会科学技术奖二等奖，完成人：杜青、周璇、陈楠、陈珽、杨晓颜、于虹、李欣、宋琰萍、梁菊萍。完成单位：上海交通大学医学院附属新华医院。

《整合疗法在青少年特发性脊柱侧凸患者中的临床研究及应用推广》，2022 度中国康复医学会科学技术奖三等奖，完成人：王连成、何跃、黄博、牛余贵、李奇。完成单位：天津市天津医院、四川省八一康复中心（四川省康复医院）、太原市第七人民医院、胜利油田中心医院。

四、脊柱侧凸康复的国际前沿/发展趋势

1. 通过多学科团队全生命周期的管理模式，处理脊柱侧凸患者可能面临的生长发育、骨科、心理、遗传内分泌等问题。
2. 功能评估更为全面，针对不同运动障碍类型与程度实施更为细致的功能评价，基于 ICF-CY 框架以及生活质量指标开展更为全面的干预结局评价。
3. 脊柱侧凸治疗技术更规范、高效化，医工结合推进治疗新技术研发与临床实践，包括数字疗法、虚拟现实技术、基于可穿戴设备的远程康复等。
4. 基于大数据以及高水平专家经验研发人工智能系统，有助于临床形成科学的专业化决策，促进学科高质量、均质性发展。

五、脊柱侧凸康复专业人员在国际学术组织任职情况

杜青：国际矫形外科与创伤外科学会骨科康复专业委员会委员

袁望舒：国际脊柱侧凸矫形与康复治疗协会成员

中华医学会物理医学与康复学分会第 12 届委员会

六、脊柱侧凸康复研究的重大科学基础设施

1. 与脊柱侧凸病因学研究相关的研究平台，包括分子生物学研究平台、功能基因组学研究平台、蛋白质组学研究平台、动物实验平台等。相关大型设备涉及基因测序仪、实时定量 PCR 仪、高通量蛋白质组分析仪等。

2. 与脊柱侧凸诊断相关的大型设备：如 EOS “全身骨骼三维建模成像系统”，是目前国际上公认最为先进的骨科影像采集设备。双平面设计，双球管从上到下，缓慢移动，垂直平行人体扫描，获取全身精确的 2D 和 3D 测量数据。能有效消除普通 X 射线机投影误差，可以一次性进行正侧位成像，真正实现人体的真实成像。

3. 基于物联网的运动监测系统：通过收集、处理和分析运动过程中的各种数据信息，监测系统可以给出更全面的运动评价，包括运动的强度、时间、频率等；可通过不同的算法和模型对数据进行综合分析，替代人工评价的过程，减少了用户因操作不当、主观因素等造成的误判发生的可能。

4. 其他用于脊柱侧凸评估和治疗的设备：手持式三维扫描仪、高速颗粒 3D 打印机、三维步态分析系统、三维动作捕捉分析系统等。

七、脊柱侧凸康复专家在国际合作交流情况简介

1. 第二届全民护脊日暨 2019 健康护脊大会。2019 年 9 月，第二届全民护脊日暨 2019 健康护脊大会在上海举办。来自国内外著名骨科专家学者、全国相关组织机构、行业企业、媒体等围绕“全民护脊，儿童先行”的主题展开系列学术交流与探讨，上海交通大学医学院附属新华医院康复医学科杜青教授分享主题：青少年脊柱健康与家庭管理，以加速推动护脊事业发展步伐，护航中国青少年健康成长。

2. 2023 西部康复论坛暨第十一届华西康复国际论坛。2023 年 7 月，由四川大学华西医院主办，华西医院康复医学中心承办的 2023 西部康复论坛暨第十一届华西康复国际论坛在成都召开。论坛由华西医院康复医学中心王谦副教授牵头举办了脊柱侧凸规范化康复培训班（基础班），重点围绕国际化康复理念，提高康复医疗服务能力，探索多元化康复服务模式，传播新技术、新方法，融合发展思路，推动我国脊柱侧凸康复医学事业创新发展，积极助力健康中国战略实施。

八、脊柱侧凸康复的国际比较与国际水平比较

1. 优势分析

1.1 政府支持：近年来，儿童青少年脊柱健康成为重点关注问题，政府出台了一系列的政策来支持脊柱侧凸的早期筛查、治疗和康复工作，如《“健康中国 2030”规划纲要》等，并投入了大量的资金和资源来支持相关研究和发展，为脊柱侧弯康复领域的发展提供了有力的支持。

1.2 传统医学治疗：中医和推拿等传统治疗方法在中国有着深厚的历史和广泛的应用。这些方法可能对某些患者有效，尤其是对于轻度到中度的脊柱侧弯患者；将传统医学与现代医学技术结合逐步受到重视，有待进一步研究。

1.3 专业的医疗团队：国内越来越多的医疗机构开展脊柱侧凸康复，并组建了专业的专病康复诊疗团队，包括骨科医生、康复医师、物理治疗师等，为患者提供全面的治疗和康复服务。

1.4 丰富的临床经验：我国人口众多，在脊柱侧凸治疗和康复方面积累了丰富的临床经验。这使得我国在脊柱侧弯的治疗上具有一定的优势。

2. 短板分析

2.1 医疗资源分布不均：我国的医疗资源在城市和农村之间、东部沿海地区和中西部地区之间分布不均。这导致一些地区的脊柱侧弯患者无法获得及时有效的治疗和康复服务。

2.2 专业人才短缺：虽然我国经济发展较好地区有专业的脊柱侧弯治疗团队，但相对于庞大的患者群体来说，专业人才仍然短缺。这限制了我国脊柱侧弯康复领域的发展。

2.3 技术规范性不足：与发达国家相比，我国在脊柱侧弯治疗和康复方面的整体技术规范性不足，限制了技术的创新与推广。

2.4 公众意识不足：尽管近年来公众对脊柱侧弯的关注度有所提高，但总体来说，公众对脊柱侧弯的认识仍然不足，预防和早期干预的意识不够强。

2.5 政策支持力度有限：虽然政府对脊柱侧弯的治疗和康复给予了一定的政策支持，但相对于其重要性和紧迫性来说，支持力度仍有待于加强。

九、脊柱侧凸康复拟采取的举措

1. 针对短板/问题拟采取的举措

1.1 加强医疗资源配置：政府应加大对脊柱侧弯治疗和康复领域的投入，优化医疗资源的配置，特别是在农村和中西部地区。同时，鼓励社会力量参与，发展私立医疗机构，提高医疗服务的可及性。

1.2 培养专业人才：加强脊柱侧弯康复领域的人才培养，提高专业人才的数量和质量。可以通过设立相关专业、开展培训课程、引进国外优秀人才等方式来实现。

1.3 加强诊疗技术规范：积极引进国外先进的治疗方法和技术，结合我国的实际情况进行创新和规范

范化应用。推进指南、专家共识、团体标准的制定与实施，促进适宜技术规范推广落地，提高康复依从性和效果。

1.4 加强公众教育：通过各种渠道加强脊柱侧弯的科普宣传，提高公众对脊柱侧弯的认识和预防意识。可以利用媒体、网络、社区等平台，开展健康教育活动，普及脊柱侧弯的相关知识。

1.5 完善政策支持：政府应进一步完善相关政策，为脊柱侧弯治疗和康复领域提供有力的支持。例如，可以出台相关税收优惠政策、加大财政投入等措施，鼓励企业和个人参与脊柱侧弯康复事业的发展。

2. 针对优势/机遇拟采取的举措

2.1 加强科研投入，促进交叉学科研究：加大对脊柱侧凸相关领域的科研投入，鼓励高校、科研机构与企业合作，共同开展脊柱侧凸的基础研究和临床应用研究。同时不断促进医工结合、医体结合等交叉学科研究、进一步提高科研成果转化率。

2.2 提高诊疗水平：加强脊柱侧凸的早期筛查和诊断工作，推广先进的诊疗技术和管理模式。建立完善的脊柱侧凸康复服务体系，为患者提供个性化、专业化的治疗方案。

2.3 强化人才培养：培养一批具有国际视野和专业素养的脊柱侧凸康复人才，提高整体队伍的专业素质。加强与国外优秀医疗机构的交流与合作，引进先进的康复理念和技术。

2.4 促进产业发展：支持医疗器械、康复设备等相关产业的发展，提高产业水平和竞争力。鼓励企业加大研发投入，开发具有自主知识产权的产品和技术。

2.5 加强宣传普及：通过各种渠道加强对脊柱侧凸的认识和了解，增强公众的健康意识。开展科普活动，让更多人了解脊柱侧凸的预防和治疗方法。

2.6 建立长期跟踪机制：对已治愈的患者进行长期随访，了解病情变化和复发情况。根据患者的实际情况，调整康复方案，确保治疗效果持久稳定。

2.7 研发和推广脊柱侧凸康复数字疗法：数字疗法是一种利用数字技术来辅助治疗和康复的方法，可以根据患者的具体情况，提供个性化的治疗方案；通过互联网技术，实现远程康复，提高家庭康复规范性和依从性；通过游戏化的方式，增加参与度和积极性，从而提高康复的效果；减少医院就诊的次数和通勤费，从而降低医疗成本；收集大量的患者数据，通过对数据的分析和评估，可更准确地了解康复进展和治疗效果，推动科学研究和技术创新。

脊柱侧凸是一种常见的脊柱疾病，影响外观形象、功能和生活质量，康复评定与治疗技术有待规范和推广。国内外逐渐形成以康复为主的早期预防，从单纯支具扩展至特定运动疗法、支具、传统康复等综合性干预，人工智能和机器学习发展不断促进脊柱侧凸筛查、诊断和康复治疗推广。应进一步优化筛查方法，利用多模态数据融合技术开发简便、经济、高效筛查技术；结合我国国情推进本土化康复新技术，推动向

数字疗法和远程康复产品转化，开展多中心临床研究提升证据等级；建立脊柱侧凸康复诊疗三级转诊和质量评价指标体系，加强规范化专病康复诊疗技术的推广应用和技术下沉，促进我国儿童青少年全生命周期脊柱健康。

参考文献：

1. Caesarendra W, Rahmaniar W, Mathew J, Thien A. Automated Cobb Angle Measurement for Adolescent Idiopathic Scoliosis Using Convolutional Neural Network. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*. 2022;12(2).
2. Negrini S, Donzelli S, Aulisa AG, et al. 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis and spinal disorders*. 2018;13:3.
3. Dunn J, Henrikson NB, Morrison CC, Blasi PR, Nguyen M, Lin JS. Screening for Adolescent Idiopathic Scoliosis: Evidence Report and Systematic Review for the US Preventive Services Task Force. *Jama*. 2018;319(2):173-187.
4. Heemskerk JL, de Groot C, Willigenburg NW, Altena MC, Kempen DHR. Screening for adolescent idiopathic scoliosis is more accurate when performed by healthcare professionals compared to untrained parents: a diagnostic accuracy study. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*. 2022;31(9):2339-2347.
5. Pang H, Wong YS, Yip BH, et al. Using Ultrasound to Screen for Scoliosis to Reduce Unnecessary Radiographic Radiation: A Prospective Diagnostic Accuracy Study on 442 Schoolchildren. *Ultrasound in medicine & biology*. 2021;47(9):2598-2607.
6. Rowe DE, Bernstein SM, Riddick MF, et al. A metaanalysis of the efficacy of non-operative treatments for idiopathic scoliosis[J]. *J Bone Joint Surg Am*.1997,79: 646-674.
7. Y FAN, M TO, E YEUNG, J W U, et al .Does curve pattern impact on the effects of physiotherapeutic scoliosis specific exercises on Cobb angles of participants with adolescent idiopathic scoliosis: A prospective clinical trial with two years follow-up. *PloS One*.2021;16 (1) :e0245829 .
8. MOAWD SA, NAMBI G, EL-BAGALATY A E, et al. Combined effect of Schroth method and Gensingen brace on Cobb's angle and pulmonary functions in adolescent idiopathic scoliosis : a prospective, single blinded randomized controlled trial. *European Review for Medical and*

Pharmacological Sciences.2023;27 (2):601-610 .

9. DIMITRIJEVI V, EPANOVI T, JEVTI N, et al.Application of the Schroth Method in the Treatment of Idiopathic Scoliosis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*.2022;19 (24):16730-16730 .

10 SELEVICIENE V, CESNAVICIUTE A, STRUKCINSKIENE B, et al.Physiotherapeutic Scoliosis-Specific Exercise Methodologies Used for Conservative Treatment of Adolescent Idiopathic Scoliosis and Their Effectiveness An Extended Literature Review of Current Research and Practice. *International Journal of Environmental Research and Public Health*.2022;19 (15) :9240-9240.

11. Sebaaly A, Daher M, Salameh B, et al. Congenital scoliosis: a narrative review and proposal of a treatment algorithm. *EFORT Open Rev*. 2022;7(5): 318-327.

12. Peng Y, Wang SR, Qiu GX, et al. Research progress on the etiology and pathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis. *Chin Med J (Engl)*.2020;133(4): 483-493.

13. Chaloupka R, Mikl M, Nováková M, et al. Modification of Brain Functional Connectivity in Adolescent Thoracic Idiopathic Scoliosis by Lower Extremities Position. *Symmetry*.2022;14(10): 2068.

14. Formaggio E, Bertuccelli M, Rubega M, et al. Brain oscillatory activity in adolescent idiopathic scoliosis. *Sci Rep*.2022;12(1): 17266.

15. Paramento M, Rubega M, Di Marco R, et al. Experimental protocol to investigate cortical, muscular and body representation alterations in adolescents with idiopathic scoliosis. *PLoS One*.2023;18(10): e0292864.

16. Noriega-Gonzalez DC, Crespo J, Ardura F, et al. Cerebral White Matter Connectivity in Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Diffusion Magnetic Resonance Imaging Study. *Children (Basel)*, 2022; 9(7).

17. Zhang T, Zhu C, Zhao Y, et al. Deep Learning Model to Classify and Monitor Idiopathic Scoliosis in Adolescents Using a Single Smartphone Photograph. *JAMA network open*. 2023;6(8):e2330617.

18. Yılmaz HG, Büyükaslan A, Kuşvuran A, et al. A New Clinical Tool for Scoliosis Risk Analysis: Scoliosis Tele-Screening Test. *Asian spine journal*. 2023;17(4):656-665.

19. von Heideken J, Iversen MD, Gerdhem P. Rapidly increasing incidence in scoliosis surgery over 14 years in a nationwide sample. *Eur Spine J*. 2018;27(2):286-292.

20. Fan Y, Ren Q, To MKT, Cheung JPY. Effectiveness of scoliosis-specific exercises for alleviating adolescent idiopathic scoliosis: a systematic review. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020;21(1):495.
21. Fan Y, To MK, Kuang GM, Cheung JPY. The Relationship Between Compliance of Physiotherapeutic Scoliosis Specific Exercises and Curve Regression With Mild to Moderate Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Global Spine J*. 2022;21925682221109565.
22. Abdel Ghafar MA, Abdelraouf OR, Abdel-Aziem AA, et al. Pulmonary Function and Aerobic Capacity Responses to Equine Assisted Therapy in Adolescents with Idiopathic Scoliosis: A Randomized Controlled Trial. *J Rehabil Med*. 2022;54:jrm00296.
23. Park J, So WY. The Effect of the Schroth Rehabilitation Exercise Program on Spinal and Feet Alignment in Adolescent Patients with Idiopathic Scoliosis: A Pilot Study. *Healthcare (Basel)*. 2022;10(2).
24. Wong LPK, Cheung PWH, Cheung JPY. Curve type, flexibility, correction, and rotation are predictors of curve progression in patients with adolescent idiopathic scoliosis undergoing conservative treatment : a systematic review. *Bone Joint J*. 2022;104-b(4):424-432.
25. Akyurek E, Zengin Alpozgen A, Akgul T. The preliminary results of physiotherapy scoliosis-specific exercises on spine joint position sense in adolescent idiopathic scoliosis: A randomized controlled trial. *Prosthet Orthot Int*. 2022;46(5):510-517.
26. Yildirim S, Ozyilmaz S, Elmadag NM, Yabaci A. Effects of Core Stabilization Exercises on Pulmonary Function, Respiratory Muscle Strength, Peripheral Muscle Strength, Functional Capacity, and Perceived Appearance in Children With Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Randomized Controlled Trial. *Am J Phys Med Rehabil*. 2022;101(8):719-725.
27. Radwan NL, Ibrahim MM, Mahmoud WS. Comparison of two periods of Schroth exercises for improving postural stability indices and Cobb angle in adolescent idiopathic scoliosis. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2022;35(3):573-582.
28. Cantele F, Maghini I, Tonellato M, Meneguzzo P, Favaro A, Masiero S. An Analysis of Eating Disorders in Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Prospective Cross-sectional Study in a Female Population. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2021;46(7):440-446.
29. Yagci G, Ozcan DA, Kuru CA, Yakut Y. Kinesiophobia and its association with treatment choice in individuals with idiopathic scoliosis. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*. 2021.

30. Kim S. Efficacy of conservative treatment on exacerbation of adolescent idiopathic scoliosis. *J Exerc Rehabil.* 2022;18(4):240-247.
31. Chalmers E, Lou E, Hill D, Zhao HV. An advanced compliance monitor for patients undergoing brace treatment for idiopathic scoliosis. *Medical engineering & physics.* 2015;37(2):203-209.
32. Aulisa AG, Giordano M, Falciglia F, Marzetti E, Poscia A, Guzzanti V. Correlation between compliance and brace treatment in juvenile and adolescent idiopathic scoliosis: SOSORT 2014 award winner. *Scoliosis.* 2014;9:6.
33. Lin Y, Cheung JPY, Chan CK, et al. A Randomized Controlled Trial to Evaluate the Clinical Effectiveness of 3D-Printed Orthosis in the Management of Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2022;47(1):13-20.
34. Wong MS, Beygi BH, Wong KW, Sin SW, Kwok WK, Wu HD. Effect of different undergarment designs on the compliance and acceptance of the patients with adolescent idiopathic scoliosis under orthotic treatment. *Prosthet Orthot Int.* 2022;46(6):576-581.
35. Li X, Huo Z, Hu Z, et al. Which interventions may improve bracing compliance in adolescent idiopathic scoliosis? A systematic review and meta-analysis. *PLoS One.* 2022;17(7):e0271612.
36. Hasler CC, Wietlisbach S, Büchler P. Objective compliance of adolescent girls with idiopathic scoliosis in a dynamic SpineCor brace. *Journal of children's orthopaedics.* 2010;4(3):211-218.
37. Miller DJ, Franzone JM, Matsumoto H, et al. Electronic monitoring improves brace-wearing compliance in patients with adolescent idiopathic scoliosis: a randomized clinical trial. *Spine.* 2012;37(9):717-721.
38. Karol LA, Virostek D, Felton K, Wheeler L. Effect of Compliance Counseling on Brace Use and Success in Patients with Adolescent Idiopathic Scoliosis. *The Journal of bone and joint surgery American volume.* 2016;98(1):9-14.
39. Chopra S, Larson AN, Milbrandt TA, Kaufman KR. Outcome of bracing vs. surgical treatment in adolescents with idiopathic scoliosis based on device measured daily physical activity: a prospective pilot study. *Journal of pediatric orthopedics Part B.* 2023;32(6):517-523.
40. Fang MQ, Huang XL, Wang W, et al. The efficacy of Schroth exercises combined with the Chêneau brace for the treatment of adolescent idiopathic scoliosis: a retrospective controlled study.

Disability and rehabilitation. 2022;44(18):5060-5068.

41. Kaelin AJ. Adolescent idiopathic scoliosis: indications for bracing and conservative treatments. *Annals of translational medicine*. 2020;8(2):28.

42. Grivas TB, Negrini S, Aubin CE, et al. Nonoperative management of adolescent idiopathic scoliosis (AIS) using braces. *Prosthetics and orthotics international*. 2022;46(4):383-391.