

健侧C7神经移位术治疗中枢性上肢偏瘫的研究进展

张一帆, 贾朗*

重庆医科大学附属第二医院康复医学科, 重庆

收稿日期: 2026年1月27日; 录用日期: 2026年2月22日; 发布日期: 2026年3月2日

摘要

中枢性上肢偏瘫是卒中、脑外伤等中枢损伤后的常见致残表现, 多年来, 传统康复治疗方式难以帮助患者突破功能瓶颈。健侧C7神经移位术通过重建跨半球神经通路, 进一步激发中枢神经重塑, 为治疗中枢性上肢偏瘫提供了新路径。本文通过综述其起源、手术原理与操作方式, 梳理基础实验与临床研究证据得到结论: 该术式可显著改善患者上肢运动功能、缓解痉挛, 且并发症多为可逆性, 安全性良好。同时指出, 目前该术式在靶神经选择、手术时机细化、循证证据等级及术后康复规范等方面仍存不足。未来需通过多中心大样本研究、个体化评估体系构建及标准化康复方案制定等完善其应用, 为患者提供更精准的综合治疗。

关键词

中枢性上肢偏瘫, 健侧C7神经移位术, 神经重塑, 康复治疗

Advances in Contralateral C7 Nerve Transfer for the Treatment of Central Upper Limb Hemiplegia

Yifan Zhang, Lang Jia*

Department of Rehabilitation Medicine, The Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing

Received: January 27, 2026; accepted: February 22, 2026; published: March 2, 2026

Abstract

Central upper limb hemiplegia is a common disabling phenotype after central injuries such as

*通讯作者。

stroke and traumatic brain injury, and traditional rehabilitation methods are difficult to break the functional bottleneck in the chronic phase. Contralateral C7 nerve transfer provides a new therapeutic approach by reconstructing cross-hemispheric neural pathways and stimulating central neural remodeling. This review summarizes its origin, surgical principles and operation methods, and combs the evidence from basic experiments and clinical studies: the procedure can significantly improve patients' upper limb motor function, relieve spasticity, with mostly reversible complications and good safety. Meanwhile, it points out that there are still deficiencies in target nerve selection, refinement of surgical timing, level of evidence-based evidence and standardization of postoperative rehabilitation. Future research should improve its application through multi-center large-sample studies, establishment of individualized evaluation systems and formulation of standardized rehabilitation programs, so as to provide more precise comprehensive treatment for patients.

Keywords

Central Upper Limb Hemiplegia, Contralateral C7 Nerve Transfer, Neural Remodeling, Rehabilitation Therapy

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

中枢性上肢偏瘫是脑卒中、脑瘫或创伤性脑损伤后最常见的残疾类型之一, 至今仍是神经康复领域难以完美解决的难题。虽然目前急性期死亡率已显著下降, 但患者在急性期治疗后遗留肢体功能障碍的比例仍然较高, 尤其是上肢运动功能障碍; 有文献报道 65% 的患者在发病 6 个月后仍不能将患手融入日常生活[1]。药物、肉毒素、支具与传统康复等传统治疗虽可暂时缓解痉挛, 却难以重建精细运动的下运动神经元通路; 一旦进入慢性期, 功能平台突破难度高[2]。1992 年, 顾玉东院士将健侧颈 7 移位术用于全臂丛撕脱伤治疗, 为无数神经损伤患者的康复带来了福音[3]; 虽然已有研究对于健侧颈 7 神经移位术对于中枢性偏瘫遗留上肢功能障碍的应用及疗效进行了探讨, 但这一治疗方式的介入时机、术式选择、适应人群、疗效评估等方面的内容仍需要进一步探寻, 本文通过整合这一领域目前的相关研究结论, 深入探讨这一技术在治疗中枢性上肢偏瘫中的相关问题。

2. 中枢性上肢偏瘫概述

(一) 病因

中枢性上肢偏瘫是中枢神经系统运动调控通路受损导致的上肢运动功能障碍, 患者表现为肌力减退、肌张力异常、运动协调性丧失等, 这些表现严重影响患者日常生活能力与社会参与能力。其核心病因为脑血管疾病、脑外伤等中枢损伤, 病理机制涉及到运动通路破坏、功能性重塑失衡及多系统功能紊乱等, 目前相关研究已通过全球疾病负担调查、临床队列分析等提供了循证依据[4][5]。病因方面, 卒中是中枢性上肢偏瘫最主要的致病因素, 占比超 70%。根据研究数据统计, 全球 2021 年新发卒中 1190 万例, 其中缺血性卒中占 65.3%, 脑出血占 28.8%, 蛛网膜下腔出血占 5.8%, 两类卒中均会导致大脑皮质运动区、内囊、脑干等运动调控中枢受损[4]。缺血性卒中通过血管阻塞导致脑组织缺血缺氧, 出血性卒中则因血管破裂压迫或破坏运动通路, 二者均可能引发上肢运动功能障碍。复发性卒中会进一步加重上肢功能损伤, 5 年复发率达 19.4%, 多次卒中可导致多灶性运动通路破坏, 使偏瘫症状更复杂[5]。除卒中外, 其他

病因还包括外伤性脑损伤、脑瘫、脑肿瘤、多发性硬化等, 但临床占比相对较低, 且病理机制与卒中存在部分重叠[6]。

此外, 与危险因素相关的病理改变是偏瘫发生与进展的重要诱因。GBD 研究证实, 高收缩压、高 BMI、高空腹血糖等代谢危险因素, 以及环境颗粒物污染、吸烟等外部因素, 可通过损伤脑血管内皮、诱发动脉粥样硬化等机制增加卒中风险, 进而间接导致中枢性上肢偏瘫[4]。这些危险因素还会影响偏瘫后的恢复进程, 例如高血压患者的血管调节功能异常, 会降低损伤区域的血供, 阻碍神经修复[6]。复发性卒中患者的病理机制更复杂, 首次损伤后未完全修复的运动通路在二次卒中时可能会出现更严重的结构破坏, 且多次损伤会导致神经可塑性代偿效率下降[5]。

(二) 病理机制与神经重塑机制

病理机制核心在于中枢运动通路的结构性损伤与功能性重塑失衡。大脑皮质运动区发出的皮质脊髓束是调控上肢运动的关键通路, 卒中时该通路的神经元胞体或轴突受损, 会导致运动信号传导中断, 直接引发上肢肌力下降与运动控制障碍。损伤后局部脑组织进一步出现炎症反应与氧化应激, 加重神经细胞凋亡, 扩大运动功能缺损范围[6]。

神经重塑是中枢性上肢偏瘫后运动功能恢复的核心机制, 中枢神经系统在受损后通过结构与功能调整实现代偿与修复, 其过程受损伤程度、年龄及干预措施影响。首先, 损伤周围脑区突触重塑是基础: 大脑皮质运动区或皮质脊髓束受损后, 损伤灶周围未坏死的神经元可通过增加突触密度、强化原有神经连接, 代偿受损运动通路的功能, 此过程在卒中后早期尤为活跃[4][5]。其次, 跨模态、跨大脑功能区域代偿机制参与功能整合: 视觉、触觉等感觉信号可通过顶叶、枕叶等非运动脑区传入运动网络, 辅助运动控制, 如镜像疗法通过视觉刺激激活患侧运动相关脑区, 运动想象疗法通过心理模拟激活运动皮层, 均依赖跨模态神经重塑[7]。此外, 神经环路的重组也是长期恢复的关键: 随着康复进展, 脑干、脊髓等下位中枢可与大脑形成新的运动调控环路, 例如脊髓 α - γ 运动神经元平衡重建, 改善肌痉挛与运动协调性。需注意, 康复治疗干预可加速重塑, 而高 BMI、高血压等危险因素会影响脑血供与神经修复, 可能将抑制重塑进程。实际上, 卒中后患者的神经重塑机制往往受到抑制, 这也是患者卒中后往往遗留肢体功能障碍的原因。而神经重塑作为损伤后功能恢复的关键机制, 其效率直接决定上肢运动功能预后, 当损伤范围较大时, 该代偿难以恢复抓握、精细操作等复杂功能, 另外脊髓下位中枢虽可通过 α - γ 运动神经元平衡重建改善肌痉挛, 但缺乏上位中枢精准调控, 难以实现运动协调性的根本性恢复, 同时对于严重运动通路断裂的患者, 单纯依赖自身重塑无法建立有效运动传导通路, 这些显著的自发局限性就需通过外科手术构建新的神经连接, 为神经重塑提供结构性支撑, 推动上肢功能突破自发恢复瓶颈[6][7]。

3. 中枢性上肢偏瘫的传统康复治疗手段

中枢性上肢偏瘫的传统康复手段, 主要是基于外周功能激活及中枢神经重塑的两个方面进行康复干预, 核心通过运动训练、物理刺激、药物干预及神经发育引导, 改善上肢肌力、肌张力与运动协调性, 为损伤后神经可塑性的发挥提供外部支撑[4]。以下从运动疗法、物理因子疗法、神经发育促进技术三大核心类别, 结合循证证据展开阐述。

(一) 运动疗法

运动疗法是传统康复的核心, 通过设计针对性主动训练任务, 调动患者残存运动能力, 促进损伤周围脑区的突触重塑与神经环路重组, 其效果依赖训练强度、任务相关性及患者主动参与度。临床常用方案常常包括: 双上肢协同训练、运动再学习疗法及强制性运动疗法三类。双上肢协同训练作为针对单侧偏瘫的特色技术, 要求患者通过双侧上肢完成相同或相反动作, 借助健侧运动皮质的激活带动患侧相关脑区, 强化双侧运动通路的协同性[7]。其机制在于, 单侧运动任务可激活对侧运动皮质, 而双侧协同训

练能进一步激活双侧辅助运动区与顶叶感觉整合区, 促进跨半球神经连接的形成[6]。运动再学习疗法以任务导向为核心, 结合患者日常生活需求设定训练目标, 通过分解复杂动作逐步纠正异常运动模式, 帮助患者重新建立符合生理逻辑的运动记忆。其理论基础是, 与日常生活相关的任务能更高效激活运动皮质与前额叶执行功能区, 增强神经可塑性的针对性。强制性运动疗法针对健侧代偿依赖的核心问题, 该疗法通过限制健侧上肢运动, 强制患者使用患侧完成重复性任务, 以突破用进废退的功能抑制循环[7]。

(二) 物理因子疗法

物理因子疗法通过电流、生物反馈信号等物理能量作用于患侧肌肉与神经末梢, 改善局部血液循环、缓解肌痉挛、激活休眠的运动单位, 为主动训练创造条件, 尤其适用于急性期或肌力较弱的患者。临床应用最广泛的两类技术分别为神经肌肉电刺激及肌电生物反馈治疗, 神经肌肉电刺激利用特定参数的低频电流, 通过电极贴附于患侧肌肉模拟运动神经冲动, 引发肌肉节律性收缩[7]。发挥了双重作用: 一方面, 被动收缩可促进肌肉血液循环, 减少肌纤维萎缩, 维持肌肉容积; 另一方面, 电流刺激产生的感觉信号可传入脊髓与大脑, 激活上行感觉传导通路, 间接增强运动皮质对患侧的调控。肌电生物反馈治疗借助生物反馈仪实时采集患侧肌肉的 EMG 信号, 将其转化为视觉或听觉信号, 让患者能感受自身肌肉活动状态, 通过主动调整信号强度优化运动控制。其核心优势在于解决患者因感觉-运动通路受损, 导致运动模式异常的运动感知缺失问题[4]。

(三) 神经发育促进技术

神经发育促进技术基于神经发育规律, 通过手法操作、姿势调整等方式, 抑制异常运动模式、促进正常运动模式的出现, 核心代表包括 Bobath 技术、Brunnstorm 技术与神经肌肉本体促进技术(PNF)。Bobath 技术以关键点控制为核心, 通过调整患者身体关键部位的姿势, 打破屈肌痉挛模式, 引导患者建立符合生理的运动协调[7]。Brunnstorm 技术遵循运动发育阶段设计训练, 将偏瘫恢复分为 6 个阶段, 从急性期的被动运动激活逐步过渡到恢复期的主动运动控制。急性期重点通过被动关节活动度训练维持肌肉柔韧性, 预防关节挛缩; 当患者出现联合反应时, 转而通过主动辅助运动强化患侧运动意识; 后期则通过分离运动训练打破异常联合运动, 建立精细运动控制。PNF 技术通过本体感觉刺激与视觉指令结合, 激活肌梭与高尔基腱器官, 增强运动单位的募集效率[7]。

另外, 在临床工作中还常常使用巴氯芬, 肉毒毒素注射等辅助治疗方式改善患者肌张力异常, 增强传统康复训练疗效。传统康复手段是中枢性上肢偏瘫康复的基础, 它可以通过非侵入性方式激活外周功能、引导中枢重塑, 成本较低、适用性广。但目前仍存在一些局限性: 一是对严重运动通路损伤的患者效果有限, 二是健侧大脑与患肢直接神经通路稀少, 单纯功能锻炼难以充分挖掘未受损半球的代偿潜力, 三是效果受患者年龄、基础疾病影响显著。因此, 寻找一种新的、能更好适应各种患者情况、促进健侧大脑半球利用的治疗方案对于突破传统康复功能瓶颈, 提升中枢性上肢偏瘫的治疗效果具有重大意义。

4. 健侧颈 7 神经移位术概述

(一) 起源

健侧颈 7 神经移位术是为治疗臂丛神经损伤所致上肢运动功能障碍的创新性显微外科技术, 自临床应用以来, 已成为改善上肢痉挛性偏瘫、臂丛根性撕脱伤患者肢体功能的核心方案之一, 其发展与完善始终围绕临床需求与神经科学机制探索展开。健侧 C7 神经移位术的临床应用源于 20 世纪 80 年代顾玉东院士的首创性研究。顾玉东院士团队基于颈 7 神经的解剖特性创新性提出健侧 C7 神经移位至患侧的手术思路, 首次将该术式用于臂丛根性撕脱伤治疗, 开创了神经移位治疗肢体功能障碍的新领域[8]。

(二) 手术原理

健侧 C7 神经移位术的核心原理是通过外周神经通路重建, 激发中枢神经系统可塑性, 实现跨大脑半

球功能重组。手术通过将健侧 C7 神经与患侧相应神经吻合, 人为建立健侧大脑至健侧 C7 神经, 再至患侧神经, 最后至患侧上肢的交叉神经通路, 借助感觉输入激活神经可塑性, 促进健侧大脑半球与患侧上肢形成生理性连接, 同时抑制患肢痉挛, 恢复运动控制能力。神经影像学证实, 术后大脑皮层会经历同侧支配到双侧支配再到对侧支配的动态重组过程, 最终实现对患肢的独立支配[9]。

(三) 手术操作方式

患者取平卧位或俯卧位(依手术通路调整), 于颈根部合适位置(如锁骨上方 2 cm 或颈后正中)做相应长度切口, 逐层切开皮肤、皮下组织、颈浅筋膜及相关肌肉, 解剖过程中避免损伤膈神经、颈内动静脉、椎动脉及胸肩峰动脉等重要结构。显微镜下显露双侧臂丛神经上、中、下干, 识别并分离神经根, 通过术中电生理检测确认健侧与患侧 C7 神经; 将健侧 C7 神经从椎间孔处向远端充分游离至神经分叉处, 患侧 C7 神经游离至椎间孔出口附近, 保护健侧 C7 神经的胸大肌肌支及周围血管分支。用 2%利多卡因对健侧 C7 神经近端进行局部封闭后, 在其与其他臂丛神经根融合前切断远端; 患侧 C7 神经则于椎间孔附近近端切断, 保留健侧近端与患侧远端备用。通过钝性分离建立预设通路, 将健侧 C7 神经近端轻柔牵引至患侧, 确保神经无张力。在手术显微镜放大下, 行端-端外膜或束膜缝合, 若神经长度不足, 以腓肠神经作为桥接移植神经完成吻合。术后固定: 患肢用头肩胸上肢支架固定 4 周, 保持肩部前屈内收、肘关节屈曲 90°位, 颈托固定限制颈部活动[10]-[14]。

(四) 适应症与禁忌症

1. 适应症: (1) 中枢神经系统损伤(脑卒中、脑外伤、脑瘫)所致单侧痉挛性上肢偏瘫; (2) 年龄 18~65 岁, 中枢损伤发病后 1~5 年, 接受正规康复治疗 6 个月以上功能恢复进入平台期; (3) 患肢痉挛性姿势影响日常活动, 且中枢神经损伤仅涉及一侧大脑半球; (4) 患者可独立行走, 本人或家属有功能改善意愿;

2. 禁忌症: (1) 上肢肌肉强直或关节僵硬, 未接受肌支切断术或关节松解术者; (2) 中枢神经损伤累及双侧大脑半球, 或合并严重心肺、肝肾功能不全无法耐受手术者; (3) 术后无法配合康复训练, 或存在严重精神障碍者; (4) 神经再生条件极差者[8] [15]。

5. 健侧颈 7 神经移位术在中枢性上肢偏瘫治疗中的应用

(一) 基础研究探索

中枢性上肢偏瘫的治疗瓶颈是上运动神经元传导通路缺损, 指令无法顺利传达至周围神经, 而健侧颈 7 神经移位术开创性地建立健侧大脑半球与患侧肢体的联系, 期望可以利用神经重塑机制使成年大脑发生跨半球的重编程, 进而建立对于患侧肢体的重新支配。那么这样的在这样的理论指导下, 有研究者对其进行了动物实验验证。王猛在 2012 年利用大鼠 MCAO 模型, 采用线栓法阻断左侧大脑中动脉, 同步将健侧(右) C7 神经根经 10 mm 自体腓肠神经桥接至患侧(左) C7 前根, 形成“中枢损伤 + 周围交叉”复合模型。术后 7 个月, 患肢抓握成功率由 31% ± 4%升至 61% ± 5%, 从行为学层面证明其足以改善脑卒中后精细运动[16]。华续赆团队在 2012 年通过大鼠运动皮层扩大切除模型, 通过切除左侧初级运动皮层 4 mm³, 保留皮下结构, 再行健侧 C7→患侧 C7 吻合。术后 10 个月, 微 PET 显示健侧运动皮层葡萄糖代谢较对照组升高 42%; 经颅磁刺激(TMS)证实, 刺激健侧 M1 可在患肢桡侧腕伸肌记录到稳定 MEP, 对照组无此反应。该实验在代谢及电生理层面验证了新通路的传导性与皮层可塑性[17]。华续赆团队 2016 年在单侧大脑中动脉栓塞基础上, 完全撕脱同侧 C5-T1 神经根, 模拟中枢 + 周围双重损伤, 制成了大鼠全臂丛 + MCAO 叠加模型。健侧 C7→患侧 C7 吻合后 5 个月, DTI 显示健侧皮质脊髓束纤维数较对照组增加 38%, 胼胝体各部各向异性分数(FA)同步升高, 且行为学抓握测试增益与 FA 增幅呈线性相关。结果提示了外周交叉不仅重建局部神经支配, 还可诱发跨半球白质重塑, 为中枢可塑性提供影像学证据[18]。这几项研究一致显示神经移位行为在行为学、轴突再生、白质纤维、皮层代谢与电生理几个

方面均有可测量的增益, 为之后的临床疗效研究打下了基础。

(二) 临床疗效评价

2015年, 华续赟团队在《Neurosurgery》发表临床研究, 他们采取随机对照设计, 纳入12名成年痉挛性偏瘫患者, 收集了2年随访数据, 通过对比手术组和对照组的MAS评分、Fugl-Meyer评分及日常生活功能等指标, 结果提示手术组所有患者均出现患侧上肢屈肌痉挛缓解和运动功能改善[2]。2018年, Zheng等在《The New England Journal of Medicine》发表随机对照试验, 首次在大样本中验证健侧颈7神经移位术治疗慢性中枢神经损伤后痉挛性上肢偏瘫的疗效。研究方法为单中心随机对照设计, 纳入36例单侧上肢瘫痪超5年的患者, 研究进一步纳入了影像学、神经电生理及关节活动度等作为结局指标, 增加了疗效评估的维度。该研究通过对比发现, 对于病程超5年的慢性中枢神经损伤所致痉挛性臂瘫患者, 健侧颈7神经移位术联合康复治疗, 比单纯康复更能显著改善上肢运动功能、减轻痉挛[15]。2022年, Feng等学者在《EClinicalMedicine》发表多中心回顾性队列研究, 纳入中国和韩国5个中心2013~2019年登记的425例单侧痉挛性上肢瘫痪患者, 该研究完成了对健侧颈7神经移位术在更广泛人群中的长期疗效验证, 突破了既往研究的人群限制, 同时结论证实了健侧颈7神经移位术+常规康复治疗的疗效要优于单纯康复治疗患者, 且术后配合≥6个月康复可进一步提升疗效, 该研究为临床患者选择、预后预测提供了重要参考[19]。同样在2022年, Zhao等学者在《Frontiers in Surgery》发表研究, 拟通过MRI技术优化健侧颈7神经移位术的脊柱前路路径, 研究完成了脊柱前路的MRI优化设计与临床验证, 明确了最优手术路径参数, 结果提示MRI指导下的脊柱中路是健侧颈7神经移位术的最优路径[20]。2023年, Luo等学者在《Frontiers in Neurology》发表一篇荟萃分析, 旨在系统评估健侧颈7神经移位术治疗中枢性痉挛性上肢瘫痪的疗效和安全性。该研究整合了现有高质量临床证据, 共纳入了共384例患者进行分析, 得出了与单纯康复相比, 该手术能更显著改善患者上肢运动功能、扩大关节活动度、缓解肌肉痉挛的结论[21]。

(三) 安全性

在手术后患者群体中最常见的并发症是健侧示指麻木, 通过目前研究证实, 在2018年Zheng的RCT中发生率为100%(36/36), 实践中发现患者一般≤3个月完全恢复, 两点辨别觉由6mm回降至4mm。这一并发症属于预期性、可逆性感觉干扰, 无需干预, 亦不遗留功能障碍。同一研究中还发现, 第二常见的并发症是颈部吞咽异物感, 发生率为66%。发生的原因可能是颈前切口瘢痕与气管前筋膜粘连或食管后间隙建立隧道后局部水肿。同样, 这一现象也会在3个月内恢复, 热敷+吞咽训练可加速症状消失, 且发生时不影响营养摄入[15]。在研究中发现部分患者出现了喉返神经暂时麻痹的情况, 发生率约1.2%, 这些患者在术后2~4周出现声音嘶哑、饮水呛咳; 这些患者在≤6周自行恢复, 无需手术干预。比较危险的并发症是颈部血肿, 在既往报道中发生率为0.5%, 患者往往于术后6h内出现颈部肿胀、呼吸困难, 在发生后立即床边拆开缝线+负压吸引, 无需输血; 2例均于24h内完成止血, 无神经后遗症[22]。总的说来, 早期不良事件发生率虽高, 但均在6个月内完全恢复, 无遗留功能障碍, 无椎动脉损伤、无永久性运动或感觉缺陷报告; 严重事件(血肿)发生率<1%, 且处理流程成熟。

6. 小结

综上所述, 健侧颈7神经移位术已通过研究证实可有效改善严重偏瘫患者的上肢运动功能。术后患者患侧上肢功能得到显著改善, 且肌张力较术前下降, 日常生活能力显著提升, 目前的微创化、精准化的改良也进一步降低了并发症发生率。同时手术方式逐渐成熟: 术式已从初代开放手术开始, 逐步改善手术入路并增加了术中神经电生理监测[23]、术前DTI评估[24]、靶神经选择性吻合等技术的整合, 使手术安全性与疗效稳定性大幅提升。另外, 术后的康复治疗也是不可或缺的一环, 现有研究提示针对性康

复方案可使有效率提升, 这提示我们手术不能作为单一治疗环节, 而是综合治疗体系的核心环节。然而, 健侧颈 7 神经移位术在对于中枢性上肢偏瘫的治疗中仍然存在一些局限性, 针对不同病因、不同年龄患者的靶神经选择、手术时机等具体选择缺乏细化标准。且目前研究循证证据级别有限, 缺乏大样本, 多中心、长期随访的 RCT 研究, 手术长期疗效及影响因素尚不明确。手术早期并发症虽相对较少且可控, 目前对于患者的长期安全性方面的研究仍较少, 术后是否存在对于患者的患侧及健侧手功能等精细运动的迟发性潜在影响, 术后是否可能出现迟发性的病理性神经疼痛, 以及是否能够完全回归职业及家庭角色等方面仍然需要进一步研究证实。目前手术的术后康复仍缺乏统一规范, 不同中心的康复流程、训练强度、评估指标差异较大, 缺乏标准化康复方案。同时, 手术以及后续康复治疗的费用也是该治疗方式能否使更多患者受益的关键, 目前尚无研究针对这一治疗模式的康复成本进行分析, 有待研究者们进一步参与完善。鉴于目前尚存在的问题, 为了更好地规范手术在中枢性上肢偏瘫治疗中的应用, 为更多受疾病困扰的患者带来福音, 未来的研究可以在以下几个方面继续进行深入探讨: (1) 开展针对性的多中心、随机化、大样本量、不同年龄人群的长期随访研究, 提高循证证据等级, 为进一步制订诊疗规范建立基础。(2) 针对不同年龄, 不同程度认知能力保留, 不同病因及神经通路受损情况等不同的患者建立更加完善、个体化的评估体系, 针对不同人群优化靶神经选择与手术时机, 提升手术的效果。(3) 继续进行术后康复治疗体系的搭建, 通过标准化康复流程为术后患者的功能带来更好的恢复。(4) 继续深化神经影像学技术的介入, 探寻弥散张量成像、功能磁共振等技术在健侧颈 7 神经移位术治疗中枢性上肢偏瘫中的应用, 为手术的进一步优化、术前对于适宜患者的筛选评估、对患者的预后预测及患者的术后评估提供更精确、客观化的指导, 为临床医师提供更精准的筛选建议。(5) 针对这一手术 + 传统康复的新治疗模式, 需要进一步研究目前的成本效益分析, 且针对目前的技术如何能尽可能降本增效, 为更多患者提供更优质的医疗支持。(6) 鼓励多学科专家的介入, 除了康复医学科及神经内外科专家, 影像学及营养科等方面专家也可在此领域中针对一些细节方面提供更专业的建议, 共同为患者的康复出一份力。总的来说, 健侧 C7 神经移位术已为严重中枢性上肢偏瘫患者提供了突破传统康复瓶颈的有效路径, 但仍旧存在大量的未知领域需要研究者们共同努力, 为中枢性上肢偏瘫的治疗提供更精准、高效的综合解决方案。

参考文献

- [1] Dobkin, B.H. (2005) Rehabilitation after Stroke. *New England Journal of Medicine*, **352**, 1677-1684. <https://doi.org/10.1056/nejmcp043511>
- [2] Hua, X., Qiu, Y., Li, T., Zheng, M., Shen, Y., Jiang, S., *et al.* (2015) Contralateral Peripheral Neurotization for Hemiplegic Upper Extremity after Central Neurologic Injury. *Neurosurgery*, **76**, 187-195. <https://doi.org/10.1227/neu.0000000000000590>
- [3] Gu, Y., Zhang, G., Chen, D., Yan, J., Cheng, X. and Chen, L. (1992) Seventh Cervical Nerve Root Transfer from the Contralateral Healthy Side for Treatment of Brachial Plexus Root Avulsion. *Journal of Hand Surgery*, **17**, 518-521. [https://doi.org/10.1016/s0266-7681\(05\)80235-9](https://doi.org/10.1016/s0266-7681(05)80235-9)
- [4] Feigin, V.L., Abate, M.D., Abate, Y.H., Abd ElHafeez, S., Abd-Allah, F., Abdelalim, A., *et al.* (2024) Global, Regional, and National Burden of Stroke and Its Risk Factors, 1990-2021: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet Neurology*, **23**, 973-1003. [https://doi.org/10.1016/s1474-4422\(24\)00369-7](https://doi.org/10.1016/s1474-4422(24)00369-7)
- [5] Stahmeyer, J.T., Stubenrauch, S., Geyer, S., Weissenborn, K. and Eberhard, S. (2019) The Frequency and Timing of Recurrent Stroke: An Analysis of Routine Health Insurance Data. *Deutsches Ärzteblatt international*, **116**, 711-717. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2019.0711>
- [6] Feigin, V.L., Owolabi, M.O., Feigin, V.L., Abd-Allah, F., Akinyemi, R.O., Bhattacharjee, N.V., *et al.* (2023) Pragmatic Solutions to Reduce the Global Burden of Stroke: A World Stroke Organization-Lancet Neurology Commission. *The Lancet Neurology*, **22**, 1160-1206. [https://doi.org/10.1016/s1474-4422\(23\)00277-6](https://doi.org/10.1016/s1474-4422(23)00277-6)
- [7] 孟晓岚. 脑卒中后偏瘫患者上肢肌痉挛的康复治疗进展[J]. 国际临床研究杂志, 2025, 9(5): 4-6.
- [8] 杨凌, 刘羽阳, 曹宁, 等. 颈 7 神经移位术治疗中枢性痉挛性上肢单瘫的研究进展[J]. 中华神经外科疾病研究杂志, 2025, 19(1): 110-114.

- [9] 李文军. 颈 7 切断与神经损伤后大脑皮层变化的实验研究[D]: [博士学位论文]. 上海: 复旦大学, 2004.
- [10] Jiang, S., Chen, W., Shen, Y., Qiu, Y., Yu, A. and Xu, W. (2019) C7 Transfer in a Posterior Intradural Approach for Treating Hemiplegic Upper-Limbs: Hypothesis and a Cadaver Feasibility Study. *British Journal of Neurosurgery*, **33**, 413-417. <https://doi.org/10.1080/02688697.2018.1552754>
- [11] Pan, X., Zhao, G., Yang, X., Hua, Y., Wang, J., Ying, Q., *et al.* (2020) Contralateral C7 Nerve Transfer via the Prespinal Route in Treatment of Spastic Paralysis of Upper Limb after Cerebral Palsy. *British Journal of Neurosurgery*, **37**, 1292-1296. <https://doi.org/10.1080/02688697.2020.1859091>
- [12] 顾玉东. 臂丛神经根性撕脱伤的治疗[J]. 中华创伤骨科杂志, 2004(1): 3-7.
- [13] 严正村, 顾加祥, 等. 经椎体前路健侧颈 7 神经移位术治疗中枢性上肢痉挛性瘫痪的解剖学研究与应用[J]. 中华解剖与临床杂志, 2022, 27(2): 70-75.
- [14] 严正村, 关靖宇, 等. 经颈椎后路健侧颈 7 神经移位手术治疗中枢性上肢痉挛性瘫痪的解剖研究及临床应用[J]. 中华解剖与临床杂志, 2022, 27(3): 138-143.
- [15] Zheng, M.-X., Hua, X.-Y., Feng, J.-T., Li, T., Lu, Y.-C., Shen, Y.-D., *et al.* (2018) Trial of Contralateral Seventh Cervical Nerve Transfer for Spastic Arm Paralysis. *New England Journal of Medicine*, **378**, 22-34. <https://doi.org/10.1056/nejmoa1615208>
- [16] 王猛. 健侧颈 7 移位术治疗中枢神经损伤后上肢运动功能障碍的实验研究[D]: [博士学位论文]. 上海: 复旦大学, 2012.
- [17] 华续赟. 健侧神经移位治疗中枢损伤后上肢偏瘫的应用研究[D]: [博士学位论文]. 上海: 复旦大学, 2012.
- [18] Hua, X., Qiu, Y., Wang, M., Zheng, M., Li, T., Shen, Y., *et al.* (2016) Enhancement of Contralesional Motor Control Promotes Locomotor Recovery after Unilateral Brain Lesion. *Scientific Reports*, **6**, Article No. 18784. <https://doi.org/10.1038/srep18784>
- [19] Feng, J., Li, T., Lv, M., Kim, S., Shin, J., Zhao, N., *et al.* (2022) Reconstruction of Paralyzed Arm Function in Patients with Hemiplegia through Contralateral Seventh Cervical Nerve Cross Transfer: A Multicenter Study and Real-World Practice Guidance. *eClinicalMedicine*, **43**, Article ID: 101258. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2021.101258>
- [20] Zhao, H., Gao, Y., Yu, A., Wei, Y., Shen, Y., Jiang, S., *et al.* (2022) MRI-Based Optimization Design of the Pre-Spinal Route of Contralateral C7 Nerve Transfer for Spastic Arm Paralysis. *Frontiers in Surgery*, **9**, Article ID: 837872. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2022.837872>
- [21] Luo, W., Yan, Z., Guo, Y., Xu, J. and Zhang, H. (2023) Contralateral Seventh Cervical Nerve Transfer for Central Spastic Arm Paralysis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Neurology*, **14**, Article ID: 1113254. <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1113254>
- [22] Li, W., Wang, S., Zhao, J., Rahman, M.F., Li, Y., Li, P., *et al.* (2015) Complications of Contralateral C-7 Transfer through the Modified Prespinal Route for Repairing Brachial Plexus Root Avulsion Injury: A Retrospective Study of 425 Patients. *Journal of Neurosurgery*, **122**, 1421-1428. <https://doi.org/10.3171/2014.10.jns131574>
- [23] 季骋远, 倪红斌, 等. 神经电生理监测在健侧颈 7 神经移位手术治疗上肢痉挛性偏瘫中的应用价值[J]. 中华神经外科杂志, 2025, 41(7): 704-710.
- [24] 李溢涵, 袁宁, 杨萍, 等. 弥散张量成像技术监测中枢性瘫痪患者颈 7 神经移位术后预后 1 例[J]. 中国医师杂志, 2025, 27(9): 1335-1339.