

# 巴渝正骨推拿流派柔筋正骨手法治疗脊柱退行性疾病的中枢调控机制研究

付洋<sup>1</sup> 彭齐峰<sup>1</sup> 江恒<sup>1</sup> 向涛<sup>2</sup> 樊效鸿<sup>3</sup> 葛远鑫<sup>3</sup> 周杰<sup>1△</sup>

**[摘要]** 目的:揭示巴渝正骨推拿流派柔筋正骨手法治疗脊柱退行性疾病的中枢调控机制,为中医“筋骨平衡”理论提供神经影像学证据,并为脊柱退行性疾病精准治疗奠定基础。方法:采用前瞻性自身前后对照设计,纳入神经根型颈椎病、退行性腰椎滑脱症、骶髂关节紊乱症患者各 20 例(疾病组)及健康对照者 20 例(健康对照组)。疾病组接受柔筋正骨手法治疗(30 min/次,连续 6 次),于治疗前( $T_1$ )、首次治疗后即刻( $T_2$ )、治疗完成后( $T_3$ ),结合健康对照组基线数据,利用静息态功能磁共振(rs-fMRI)技术,以默认网络(DMN)核心脑区(内侧前额叶皮质(mPFC)、后扣带回皮质(PCC))为种子点,分析低频振幅(ALFF)及功能连接(FC)变化,并关联疼痛视觉模拟量表(VAS)评分、Oswestry 功能障碍指数(ODI)评分等临床疗效指标。结果:脊柱退行性疾病患者基线默认网络存在特征性异常,表现为内侧前额叶皮质与前扣带回连接减弱、后扣带回皮质与岛叶连接增强,且左侧初级感觉皮层、前额叶背外侧低频振幅值升高,后扣带回皮质的低频振幅值降低( $P < 0.05$ );经柔筋正骨手法治疗后,默认网络功能连接逐步改善,其中内侧前额叶皮质与前扣带回连接增强、后扣带回皮质与岛叶连接减弱、后扣带回皮质与初级运动皮层连接增强( $P < 0.05$ ),且上述脑功能指标变化与 VAS 评分及 ODI 评分改善显著相关( $r = -0.72 \sim 0.61$ ,  $P < 0.01$ )。结论:柔筋正骨手法可通过调控默认网络核心脑区的功能连接与活动强度,激活疼痛下行抑制系统,减轻中枢敏化并改善运动网络协调性,从而实现镇痛与功能恢复的双重效应,可为中医“筋骨平衡”理论提供科学依据。

**[关键词]** 脊柱退行性疾病;柔筋正骨手法;默认网络(DMN);静息态功能磁共振(rs-fMRI);筋骨平衡

**[中图分类号]** R681.5 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1005-0205(2026)05-0083-08

**DOI:** 10.20085/j.cnki.issn1005-0205.260512

## Study on the Central Regulatory Mechanism of Roujin Zhenggu Manipulation of Bayu Bone-Setting Massage School in the Treatment of Spinal Degenerative Diseases

FU Yang<sup>1</sup> PENG Qifeng<sup>1</sup> JIANG Heng<sup>1</sup> XIANG Tao<sup>2</sup>  
FAN Xiaohong<sup>3</sup> GE Yuanxin<sup>3</sup> ZHOU Jie<sup>1△</sup>

<sup>1</sup>Chongqing Traditional Chinese Medicine Hospital, Chongqing 400021, China;

<sup>2</sup>Chongqing Jiangbei District Traditional Chinese Medicine Hospital, Chongqing 400025, China;

<sup>3</sup>Affiliated Hospital of Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Chengdu 610075, China.

**Abstract Objective:** To explore the central regulatory mechanism of Roujin Zhenggu manipulation from the Bayu bone-setting massage school in the treatment of spinal degenerative diseases (SDD), provide neuroimaging evidence for the traditional Chinese medicine (TCM) theory of “muscle-bone balance”, and lay a foundation for the precise treatment of SDD.

**Methods:** A prospective self-controlled study design was adopted, including 20 patients with each of radiculopathy cervical

spondylosis, degenerative lumbar spondylolisthesis, and sacroiliac joint disorder (disease group) and 20 healthy controls (control group). Patients in the disease group received Roujin Zhenggu manipulation treatment (30 min per session, 6 consecutive sessions). Resting-state functional magnetic resonance imaging (rs-fMRI) was performed on

基金项目:重庆市科卫联合中医药科研项目(2024ZYZD006)

<sup>1</sup>重庆市中医院(重庆,400021)

<sup>2</sup>重庆市江北区中医院

<sup>3</sup>成都中医药大学附属医院

△通信作者 E-mail:zhoujie202406@126.com

the disease group before treatment ( $T_1$ ), immediately after the first treatment ( $T_2$ ), and after the completion of all treatments ( $T_3$ ), combined with the baseline data of the control group. Using the core brain regions of the default mode network (DMN) (medial prefrontal cortex (mPFC), posterior cingulate cortex (PCC)) as seed points, changes in amplitude of low-frequency fluctuation (ALFF) and functional connectivity (FC) were analyzed, and their correlations with clinical efficacy indicators such as visual analogue scale (VAS) and Oswestry disability index (ODI) were explored. **Results:** SDD patients showed characteristic abnormalities in the baseline DMN, manifested as weakened connectivity between mPFC and anterior cingulate cortex, enhanced connectivity between PCC and insula, increased ALFF values in the left primary sensory cortex and dorsolateral prefrontal cortex, and decreased ALFF value in PCC (all  $P < 0.05$ ). After treatment with Roujin Zhenggu manipulation, the functional connectivity of DMN was gradually improved, including enhanced connectivity between mPFC and anterior cingulate cortex, weakened connectivity between PCC and insula, and enhanced connectivity between PCC and primary motor cortex (all  $P < 0.05$ ). Moreover, the changes in these brain function indicators were significantly correlated with the improvement of VAS and ODI scores ( $r = -0.72$  to  $-0.61$ , all  $P < 0.01$ ). **Conclusion:** Roujin Zhenggu manipulation from the Bayu bone-setting massage school can regulate the functional connectivity and activity intensity of the core brain regions of DMN through the synergistic effect of “relaxing muscles, setting bones, and dredging meridians”. It can activate the descending pain inhibition system by enhancing mPFC-anterior cingulate cortex connectivity, reduce central sensitization by weakening PCC-insula connectivity, and improve somatic function by optimizing PCC-primary motor cortex connectivity, thereby achieving the dual effects of analgesia and functional recovery. This study provides scientific evidence for the TCM theory of “muscle-bone balance” and clarifies the central targets of Roujin Zhenggu manipulation in the treatment of SDD, offering a basis for the precise treatment of SDD.

**Keywords:** spinal degenerative diseases; Roujin Zhenggu manipulation; default mode network (DMN); resting-state functional magnetic resonance imaging (rs-fMRI); muscle-bone balance

脊柱退行性疾病 (Spinal Degenerative Disease, SDD) 作为一类以颈腰痛及功能障碍为核心表现的慢性筋骨疾病, 已成为威胁公众健康的重大临床问题。流行病学研究显示, 其发病率随人口老龄化及生活方式改变呈逐年上升趋势, 且发病年龄显著年轻化, 90% 以上的颈痛与腰背痛源于脊柱“筋骨平衡”功能态的异常失衡<sup>[1]</sup>。此类疾病不仅导致患者运动功能受限, 更通过慢性疼痛刺激引发焦虑、抑郁等心理问题, 严重降低生存质量<sup>[2]</sup>。推拿疗法作为脊柱退行性疾病的重要干预手段, 在临床实践中展现出确切疗效, 其中巴渝正骨推拿流派传承发展的柔筋正骨手法, 经前期临床验证, 在颈型颈椎病、退行性腰椎滑脱症等疾病的镇痛及功能改善方面, 效果显著优于常规推拿手法, 其核心优势在于通过“理筋—正骨—通经”的协同操作重建脊柱动态平衡<sup>[3]</sup>。

然而, 当前对该手法疗效机制的认知仍局限于局部生物力学调整, 其通过中枢神经系统介导的镇痛与功能重塑过程尚未阐明<sup>[4]</sup>。脊柱退行性疾病的慢性疼痛特性 (病程多超过 3 个月) 伴随中枢传入通路的可塑性改变, 疼痛缓解与功能恢复均依赖中枢网络的代偿与重塑。因此, 基于静息态功能磁共振 (rs-fMRI) 技术探究柔筋正骨手法对脑中枢网络 (尤其是默认网络) 的调控机制, 不仅能揭示其“治病求本”的科学内涵, 更可为优化脊柱退行性疾病个体化治疗方案提供理论依据, 具有重要的临床转化价值<sup>[5]</sup>。

本研究方案经重庆市中医院医学伦理委员会审查

批准 (批准号为 2024-YX-032), 所有受试者均在参与治疗研究前签署知情同意书。

## 1 研究对象与方法

### 1.1 研究对象

本研究采用前瞻性自身前后对照设计, 样本量估算依据  $G * Power$  3.1 软件计算, 参考既往同类 fMRI 针灸及推拿机制研究<sup>[6]</sup>, 设定双侧检验水准  $\alpha = 0.05$ , 检验效能  $(1 - \beta) = 0.8$ , 预估治疗前后脑功能信号变化的中等效应量 (Effect Size, Cohen's  $d$ ) 为 0.65, 计算得出需纳入受试者至少 19 例/组。考虑到 fMRI 扫描过程中可能因头动过大或依从性不佳导致的 10% ~ 20% 数据脱落率, 最终设定各亚组纳入样本量为 20 例, 疾病组总样本量为 60 例, 以确保统计学效能。研究对象包括疾病组与健康对照组。疾病组为 2024 年 11 月至 2025 年 3 月就诊于重庆市中医院康复科的脊柱退行性疾病患者, 具体包括神经根型颈椎病、退行性腰椎滑脱症、骶髂关节紊乱症患者各 20 例; 健康对照组为同期招募的 20 名年龄匹配的健康志愿者, 无脊柱相关疾病史及慢性疼痛史。

### 1.2 诊断标准

神经根型颈椎病符合《颈椎病的分型、诊断及非手术治疗专家共识 (2018)》<sup>[7]</sup> 的诊断标准, 临床表现为颈痛伴上肢放射痛, MRI 显示相应节段神经根受压; 退行性腰椎滑脱症参照《实用脊柱病学》中相关诊断标准<sup>[8]</sup>, 经腰椎 X 线及 MRI 确诊, 滑脱程度限定为 I 度

或Ⅱ度,且以退行性病变为主,排除峡部裂型滑脱;骶髂关节紊乱症依据《中医筋伤学》(第四版),具备骶髂部疼痛、致密性压痛,“4”字试验阳性,且骨盆平片或CT检查排除骨性破坏。

### 1.3 纳入标准

1)符合上述相应疾病诊断标准;2)年龄为30~65岁;3)病程≥3个月;4)自愿参与本治疗研究并签署知情同意书。

### 1.4 排除标准

1)存在fMRI/MRI检查禁忌证(如体内金属植入物、幽闭恐惧症等);2)合并脊柱结核、肿瘤、骨折等实质性病变;3)患有严重心、肺、脑等器质性疾病;4)妊娠或哺乳期女性;5)合并严重骨质疏松症,经双能X线吸收测定法检测骨密度T值 $\leq -2.5$ ,以避免手法操作风险;6)有精神疾病史或轻中度以上抑郁史(贝克抑郁量表(BDI)评分 $>19$ 分);7)近1个月内曾服用非甾体抗炎药、阿片类镇痛药,或接受过针灸、牵引等其他康复治疗(确保基线脑网络未受药物或近期干预影响)。

### 1.5 方法

**1.5.1 流派特色与理论基础** 本研究采用的柔筋正骨手法源于巴渝正骨推拿流派,该流派起源于清末,历经百年传承,核心学术思想强调“筋骨并重、动静结合”。与常规推拿单纯侧重软组织松解不同,柔筋正骨手法主张“以柔治筋、以巧正骨”,其技术特征在于通过“理筋—正骨—通经”三阶梯操作,重建脊柱的“动态平衡”而非静态对位。该手法通过调整脊柱内外环境,使“筋柔骨正、气血调和”,从而达到恢复脊柱生物力学稳定性的目的。

**1.5.2 标准化操作程序与辨证施术** 所有操作均由两名具有10年以上巴渝正骨推拿经验的副主任医师完成,选取10名体征相似的志愿者作为模拟病例,两名医师分别对其进行全套手法操作。由第三方专家对两名医师的操作部位准确度、手法力度(视觉模拟量表(VAS)评分转换值)、复位角度及操作时长进行评分与对比。设定Kappa系数 $\kappa \geq 0.8$ 为合格标准,经统计两名医师在上述关键指标上的操作一致性极佳(实际 $\kappa = 0.85$ ),符合本研究纳入要求。治疗频率为30 min/次,连续6次。具体操作遵循辨证施术原则,针对不同病种实施差异化干预。

1)准备与松解:患者取俯卧位,医师沿督脉及两侧膀胱经施以揉法、按揉法。揉法频率严格控制在120~140次/min,按揉法频率控制在80~100次/min,施术压力以受试者肌肉产生透热感为宜;重点针对棘旁压痛点及条索状结节进行弹拨,时间约13 min;旨在疏通经络气血,缓解因疼痛导致的保护性肌痉挛。

2)辨证正骨:依据疾病病理机制与中医证型,采用特异性复位手法。神经根型颈椎病(“痹证—筋脉瘀阻型”)侧重“通经活络、解除压迫”。采用定点侧扳复位法,通过“压力传感器+视频记录”确保操作一致性,严格控制侧扳角度 $\leq 15^\circ$ ,以轻巧之力(瞬间发力时间 $< 0.2$  s)纠正钩椎关节紊乱,解除神经根机械性压迫。退行性腰椎滑脱症(“腰痛—肝肾不足型”)侧重“补肾强筋、稳骨定痛”。纳入Ⅰ/Ⅱ度滑脱患者,采用改良仰卧位摇腰法,利用屈髋屈膝的杠杆力调整腰椎序列,避免暴力推按加重滑脱,强调恢复腰椎生理曲度。骶髂关节紊乱症(“骨错缝—气血失和型”)侧重“正骨复位、纠偏以此”。依据骨盆旋移方向(前旋或后旋),采用侧卧位骶髂关节改良旋转扳法,以关节弹响或复位感为度,恢复骶髂关节微动功能。

3)调理与固摄:基于“肾主骨、肝主筋”理论及经络循行,选取特定穴位进行点按刺激,取肾俞、阳陵泉。颈椎病加风池、肩井以祛风散寒;腰椎滑脱加委中、大肠俞以通络止痛;骶髂关节紊乱加次髂、环跳以利腰腿气血。每穴点按1~2 min,力度标准设定为“以患者耐受为度”,量化指标为受试者主观酸胀感的VAS评分达到3或4分,既保证刺激量足以“得气”,又避免造成额外软组织损伤。

4)生活方式及环境控制:疾病组治疗期间建立健康档案,指导患者保持良好脊柱姿势,明确要求避免久坐(连续坐姿时间 $< 1$  h)、弯腰负重及剧烈对抗性运动,防止因不良生活习惯抵消手法疗效。健康对照组在同期观察期间,要求其不接受任何形式的推拿、针灸或脊柱理疗,以确保两组在基线环境暴露上的一致性。

**1.5.3 磁共振检查** 采用美国GE公司Architect 3.0 T磁共振成像系统及头颅8通道鸟笼线圈采集影像数据。检查前指导受试者闭眼静息,避免主动思考。为确保数据的有效性,扫描过程中通过磁共振自带的实时视频系统监测受试者状态,扫描结束后立即询问受试者是否入睡,确认受试者全程保持清醒且配合度良好方纳入分析。疾病组分别于治疗前( $T_1$ )、首次治疗后即刻( $T_2$ )、第6次治疗完成后( $T_3$ )进行3次扫描;健康对照组仅进行1次基线扫描。

扫描序列及参数如下:1)横断位 $T_2$ WI:采用快速自旋回波(FSE)序列,重复时间(TR)=3 840 ms,回波时间(TE)=110 ms,视野为230 mm $\times$ 230 mm,矩阵为256 $\times$ 256,层厚为5 mm,层距为1 mm,激励次数为1,并行采集加速因子为2。2)三维磁化强度预备梯度回波序列(MP-RAGE):TR=2 100 ms,TE=4.38 ms,翻转角为 $8^\circ$ ,视野为220 mm $\times$ 220 mm,层厚为1 mm,分辨率为0.861 mm $\times$ 0.861 mm,矢状位扫描160层,用于结构像定位。3)静息态血氧水平依

赖(BOLD) fMRI: 采用平面回波脉冲序列, TR = 2 500 ms, TE = 30 ms, 层厚为 3 mm, 层间距为 0.5 mm, 视野为 256 mm × 256 mm, 矩阵为 64 × 64, 翻转角为 90°, 采集 240 个时间点, 用于功能连接分析。

#### 1.5.4 数据处理与分析

影像数据预处理采用 SPM8 软件(基于 Matlab R2010b 平台), 剔除前 10 个时间点以排除初始信号不稳定影响, 对剩余 230 个时间点数据行时间校正及头动校正。本研究所有纳入分析的受试者头动平移为 (0.42 ± 0.15) mm, 旋转角度为 0.38° ± 0.12°, 均严格控制标准范围内(平移 < 0.5 mm, 旋转 < 0.5°), 排除了剧烈头动对结果的干扰。空间标准化(配准至 MNI 标准脑模板, 分辨率为 3 mm × 3 mm × 3 mm)及 8 mm × 8 mm × 8 mm 高斯平滑。经 MRIcron 软件格式转换后, 采用 Resting-State fMRI Data Analysis Toolkit (REST) 进一步处理: 通过 0.01 ~ 0.08 Hz 频段滤波去除高频噪声及低频漂移, 同时将白质与脑脊液信号作为协变量回归, 以控制非神经元活动干扰。

功能连接分析以默认网络(DMN)核心脑区为种子点, 参照慢性疼痛默认网络研究的经典文献<sup>[6]</sup>, 选取默认网络核心脑区: 内侧前额叶皮质(MNI 坐标:  $x = 0, y = 50, z = 20$ )及后扣带回皮质(MNI 坐标:  $x = 0, y = -56, z = 26$ ), 以坐标点为球心构建半径 6 mm 的球形感兴趣区(ROI)。为确保种子点选择的客观性并避免文献坐标与本研究样本存在解剖偏差, 本研究采用了“独立样本功能定位”策略: 首先仅利用 20 例健康对照组的 fMRI 数据进行单样本  $t$  检验 ( $P < 0.05$ , 错误发现率(FDR)校正)生成反映正常生理状态的默认网络空间分布图(Mask), 以此作为独立参照标准以避免使用疾病组数据定义感兴趣区域可能引入的循环论证风险; 随后将文献<sup>[6]</sup>提供的标准坐标(内侧前额叶皮质, 后扣带回皮质)投射至该 Mask 并验证以坐标为中心的半径 6 mm 球形感兴趣区域, 结果显示其均位于高激活簇核心区域( $T$  峰值区域)且与灰质模板重叠度 > 95%, 从而确保了种子点既具备解剖学的标准性, 又符合本研究样本的功能特异性。提取种子点平均时间序列, 计算其与全脑体素的 Pearson 相关系数, 观测指标包括: 1) 低频振幅(ALFF): 反映脑区自发活动强度的区域性差异, 比较疾病组与对照组、疾病组治疗前后的低频振幅值变化。2) 种子点功能连接(FC):

分析感觉皮层、运动皮层、视觉皮层及认知相关皮层与内侧前额叶皮质、后扣带回皮质的连接强度差异, 揭示脑网络重塑特征。

统计学分析采用 SPSS 25.0 及 SPM8 软件。计量资料经 Shapiro-Wilk 检验符合正态分布, 以  $\bar{x} \pm s$  形式表示, 计数资料采用  $\chi^2$  检验。临床数据分析中, 疾病组与健康对照组的基线比较采用独立样本  $t$  检验, 三个疾病亚组间的基线比较采用单因素方差分析; 疾病组治疗前后 ( $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$ ) 的疗效及影像指标比较采用重复测量方差分析, 事后两两比较采用 Bonferroni 法校正。脑影像数据分析中, 组间差异分析先进行组内单样本  $t$  检验, 取结果并集后行独立样本  $t$  检验; 多重比较校正采用 REST 软件内置的蒙特卡罗模拟 AlphaSim 方法, 具体参数设定如下: 基于残差数据估计的平滑度为 8 mm(与预处理平滑核一致), 簇连接半径为 5 mm, 模拟迭代次数为 1 000 次。计算得出校正阈值为: 单个体素  $P < 0.01$ , 簇大小 > 20 体素, 以满足校正后簇水平  $P < 0.05$ 。此外, 为量化差异脑区的效应大小, 采用 Cohen's  $d$  公式计算各激活簇的效应量。此外, 脑功能指标(低频振幅/功能连接)变化量与临床评分(VAS 评分/ODI 评分)变化量的关联采用 Pearson 相关分析, 为控制多重假设检验导致的 I 类错误风险,  $P$  值均经 FDR 校正,  $P_{FDR} < 0.05$  差异有统计学意义。此外, 为验证小样本结果的稳定性, 本研究进行了基于“留一法”(Leave-one-out)的敏感性分析, 即逐次剔除 1 例受试者数据后重新计算主要脑区的激活情况, 结果显示默认网络核心脑区(内侧前额叶皮质、后扣带回皮质)的激活模式在不同抽样下保持稳定, 未发现单一极端值对整体结果产生决定性影响, 提示本研究结果具有较好的鲁棒性。

## 2 结果

各亚组及对照组基线特征比较见表 1。组间  $P$  值指 3 个疾病亚组之间的单因素方差分析比较结果, 结果显示 3 个亚组在年龄、病程及病情严重程度(VAS 评分/ODI 评分)方面差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 表明疾病组内部基线均衡, 后续默认网络共性分析具有可靠基础。疾病组(60 例)与健康对照组(20 例)在年龄和性别比例方面差异无统计学意义, 说明两组基线人口学特征匹配, 具有可比性。疾病组病程符合脊柱退行性疾病慢性病程( $\geq 3$  个月)的纳入标准。临床

表 1 各亚组及对照组基线特征比较 ( $n = 20$ )

指标	颈椎病组	腰椎滑脱组	骶髂关节组	健康对照组	统计检验值	$P$ (组间)
年龄/岁	49.5 ± 6.8	55.2 ± 7.4	52.1 ± 8.1	50.1 ± 7.9	$t = 1.84$	0.145
性别(男/女)/例	9/11	8/12	11/9	10/10	$\chi^2 = 0.62$	0.892
病程/月	16.2 ± 5.4	20.1 ± 7.2	19.3 ± 6.1		$t = 1.45$	0.238
基线 VAS 评分/分	6.5 ± 1.1	7.1 ± 1.3	6.8 ± 1.0	0.2 ± 0.4	$t = 1.12$	0.331
基线 ODI 评分/%	38.5 ± 8.2	46.2 ± 9.5	42.8 ± 8.8	2.1 ± 1.8	$t = 2.05$	0.136

指标方面, VAS 评分和 ODI 评分显著高于健康对照组( $P < 0.001$ ), 表明脊柱退行性疾病患者存在明显的疼痛和功能障碍, 与健康人群差异显著。

疾病组治疗前后临床疗效变化见表 2。临床疗效评估显示, 该手法总体疗效确切, 按改良 Macnab 标准评估疗程结束( $T_3$ )时的疗效, 优良率达 88.3%(优 32

例, 良 21 例)。进一步的时效特征分析发现, 首次治疗后( $T_2$ )患者 VAS 评分即显著下降, 差异有统计学意义( $P < 0.05$ ), 但 ODI 评分改善尚不显著, 差异无统计学意义( $42.5 \rightarrow 38.2, P > 0.05$ ), 直至疗程结束才显著改善, 提示柔筋正骨手法的疼痛缓解效应先于功能恢复, 功能改善呈现出明显的滞后性特征。

表 2 疾病组治疗前后临床疗效变化( $\bar{x} \pm s$ )

指标	治疗前( $T_1$ )	首次治疗后( $T_2$ )	6 次治疗后( $T_3$ )	变化值( $T_3 - T_1$ )	F	$P(T_1 \text{ vs } T_3)$
VAS 评分/分	6.8±1.2	5.1±1.0	3.2±0.9	-3.6±0.8	45.2	<0.001
ODI 评分/%	42.5±9.3	38.2±8.9	24.7±7.5	-17.8±5.2	28.6	<0.001

注: $T_2$ 与 $T_1$ 相比, $P < 0.05$ ; $T_3$ 与 $T_1$ 及 $T_2$ 相比, $P < 0.01$ 。尽管 ODI 评分主要用于评估腰背痛, 但为了在本研究中统一评估三种不同脊柱疾病患者的日常生活活动受限程度, 并实现跨亚组的脑-行为相关性分析, 故统一选 ODI 评分作为反映整体躯体功能障碍的通用指标。

脑区基线低频振幅组间差异见表 3。低频振幅反映脑区自发神经活动强度, 疾病组与健康组相比: 左侧初级感觉皮层(S1)和前额叶背外侧(DLPFC)的低频振幅值显著升高[(1.25±0.18) vs (0.92±0.15),  $t = 4.37$ , Cohen's  $d = 1.13$ ,  $P = 0.003$ ; (1.18±0.21) vs (0.87±0.12),  $t = 3.95$ , Cohen's  $d = 1.02$ ,  $P = 0.008$ ], 与 VAS 评分改善正相关( $r = 0.65$ ,  $P < 0.01$ ), 提示脊柱退行性疾病患者疼痛相关脑区(感觉皮层)和认知调控脑区(前额叶)存在过度激活, 与慢性疼痛的中枢敏化特征一致, 也强化了“外周感觉皮层过度激活缓解”的机制。后扣带回皮质的低频振幅值显著降低[(0.75±0.11) vs (0.98±0.14),  $t = -3.62$ , Cohen's  $d = 0.93$ ,  $P = 0.012$ ], 后扣带回皮质是默认网络核心脑区, 其自发活动减弱可能与默认网络功能失衡相关, 印证了“筋骨失衡”的中枢病理基础。为探究

不同脊柱退行性疾病的中枢异质性, 本研究对三组患者基线 rs-fMRI 数据行亚组分析, 结果显示: 虽然不同病种存在脑功能的特异性定位差异(例如神经根型颈椎病患者在初级感觉皮层手部代表区激活更显著, 而退行性腰椎滑脱症与骶髂关节紊乱症患者则集中在下肢代表区及运动皮层), 但在涉及慢性疼痛情感认知加工的默认网络核心网络上, 三组并未表现出统计学显著差异(亚组间单因素方差分析,  $P > 0.05$ )。三组均表现为后扣带回皮质活性降低、内侧前额叶皮质-前扣带回(ACC)连接减弱及后扣带回皮质-岛叶连接增强, 这种高度一致的“中枢共性”提示尽管外周致病因素(压迫、失稳、错缝)不同, 但长期疼痛诱导的中枢敏化与网络失衡路径是殊途同归的。这为本研究基于“异病同治”原则, 将三组合并以探讨该手法对脊柱退行性疾病通用中枢调控机制提供了影像学依据。

表 3 脑区基线低频振幅组间差异( $\bar{x} \pm s$ )

脑区	MNI 坐标 ( $x, y, z$ )	簇大小 /体素	疾病组 (低频振幅)	健康组 (低频振幅)	$t$	效应量 (Cohen's $d$ )	簇水平 $P$ 值	$P$ (校正后)
左侧初级感觉皮层	(-42, -28, 58)	85	1.25±0.18	0.92±0.15	4.37	1.13	<0.01	0.003
前额叶背外侧	(-46, 36, 24)	72	1.18±0.21	0.87±0.12	3.95	1.02	<0.01	0.008
后扣带回	(0, -56, 26)	64	0.75±0.11	0.98±0.14	-3.62	0.93	<0.05	0.012

柔筋正骨手法对后扣带回皮质功能连接的动态影响见表 4。功能连接分析显示, 柔筋正骨手法对默认网络核心通路的调控呈现出显著的动态特征。内侧前额叶皮质与前扣带回连接强度呈逐级增强趋势( $T_1$  (0.28±0.09)→ $T_2$  (0.41±0.11)→ $T_3$  (0.65±0.12),  $P < 0.001$ ), 提示手法对疼痛下行抑制系统的激活具有明显的累积效应。后扣带回皮质与左侧岛叶连接从

$T_1$  (0.48±0.10) 显著降至  $T_3$  (0.22±0.08),  $P = 0.001$ 。鉴于岛叶参与疼痛整合与情绪加工, 该连接减弱提示中枢敏化减轻, 与疼痛缓解(VAS 评分降低)密切相关。而后扣带回皮质与初级运动皮层连接则从 (0.31±0.07) 升至 (0.52±0.09),  $P = 0.006$ , 这种增强反映了运动网络与默认网络协调性的改善, 与患者脊柱功能恢复(ODI 评分降低)的趋势一致。

表 4 柔筋正骨手法对后扣带回皮质功能连接的动态影响( $\bar{x} \pm s$ )

种子点-目标脑区	治疗前( $T_1$ )	首次治疗后( $T_2$ )	6 次治疗后( $T_3$ )	变化趋势	$P(T_1 \text{ vs } T_3)$
内侧前额叶皮质-前扣带回	0.28±0.09	0.41±0.11 <sup>1)</sup>	0.65±0.12 <sup>2)</sup>	增强	<0.001
后扣带回皮质-左侧岛叶	0.48±0.10	0.42±0.09	0.22±0.08 <sup>2)</sup>	减弱	0.001
后扣带回皮质-初级运动皮层	0.31±0.07	0.35±0.08	0.52±0.09 <sup>2)</sup>	增强	0.006

注: 1) $T_2$ 与 $T_1$ 和 $T_3$ 相比, $P < 0.001$ ; 2) $T_3$ 与 $T_1$ 和 $T_2$ 相比, $P = 0.001$ 。

脑功能变化与临床改善的相关性见表5。疼痛缓解:内侧前额叶皮质与前扣带回功能连接增强与VAS评分降低显著负相关( $r = -0.72, P < 0.001$ ),提示内侧前额叶皮质-前扣带回通路激活可能通过疼痛下行抑制系统缓解疼痛。后扣带回皮质与岛叶功能连接减弱与VAS评分降低显著正相关( $r = 0.68, P = 0.002$ ),进一步印证中枢敏化减轻是疼痛改善的重要机制。功能恢复:后扣带回皮质与运动皮层功能连接增强与ODI评分降低显著负相关( $r = -0.61, P = 0.008$ ),表明运动网络与默认网络的协同增强可促进脊柱功能恢复。

表5 脑功能变化与临床改善的相关性

脑功能指标	临床指标	相关系数( $r$ )	$P_{FDR}$
内侧前额叶皮质变化值-前扣带回功能连接上升	VAS评分变化值下降	-0.72	<0.001
后扣带回皮质变化值-岛叶功能连接下降	VAS评分变化值下降	0.68	0.002
后扣带回皮质变化值-运动皮层功能连接上升	ODI评分变化值下降	-0.61	0.008

注:相关性分析已进行FDR多重比较校正, $P$ 值均为校正后 $P$ 值( $P_{FDR}$ )。校正后结果显示,内侧前额叶皮质-前扣带回连接增强仍与VAS评分改善显著负相关( $P_{FDR} < 0.001$ ),证实了结果的可靠性。

### 3 讨论

#### 3.1 基于“外周一中枢”交互的脊柱退行性疾病病理机制:从“筋骨失衡”到“神失所养”

本研究发现脊柱退行性疾病患者默认网络功能连接失衡(内侧前额叶皮质-前扣带回减弱、后扣带回皮质-岛叶增强)及感觉皮层过度激活<sup>[9]</sup>,结合临床特征构建了“外周一中枢”的完整病理链条:脊柱退行性疾病患者长期的“筋骨失衡”(如椎体微错位、软组织痉挛)导致外周本体感觉与伤害性感受器(肌梭、脊神经)持续发出异常信号<sup>[10]</sup>,这些异常传入作为一种“干扰噪声”,长期轰击中枢神经系统,导致默认网络核心脑区功能失调(表现为后扣带回皮质自发活动降低),进而削弱了疼痛下行抑制功能(内侧前额叶皮质通路受损)并诱发中枢敏化<sup>[11]</sup>。这一神经生物学路径与中医病机高度契合:外周的“筋出槽、骨错缝”即为“形”的失衡,导致经络气血运行受阻(即“气血失和”);持续的疼痛与功能受限进一步扰乱心神,导致作为一身主宰的“神”失去对躯体的调控能力(即“神失所养”)。因此,默认网络的功能异常实质上是中医“神”功能紊乱的客观影像学映射。

#### 3.2 “异病同治”的中枢神经生物学基础

虽然本研究纳入了3种外周病理机制截然不同的脊柱疾病(神经受压、椎体失稳、关节微动),但是

本研究结果支持中医“异病同治”的科学性。尽管外周“形”的损伤部位与形式各异,但长期的伤害性输入引发了共同的中枢病理改变——即默认网络功能的去同步化。这表明当疾病发展至慢性阶段,中枢神经系统的可塑性变化可能超越了外周解剖结构的差异,成为维持疼痛与功能障碍的主导因素。柔筋正骨手法正是抓住了这一“中枢共性”,通过调整脊柱整体力学平衡,阻断了殊途同归的异常传入信号,从而在默认网络层面实现了对不同脊柱疾病的统一调控。当然,针对不同病种的特异性脑区(如颈椎病对应的上肢感觉区)的精细化调控差异,未来仍需在大量样本研究中进一步解析。

#### 3.3 柔筋正骨手法的多维调控机制:以默认网络为枢纽的“形神重塑”

默认网络的核心脑区(内侧前额叶皮质、后扣带回皮质)主要负责自省及自我意识,这与中医“神”的统摄功能高度重叠<sup>[12]</sup>。基于本研究的影像学发现,柔筋正骨手法的“形神重塑”机制首先体现为“调形以安神”。手法中的“理筋”与“正骨”操作直接纠正了外周解剖位置异常,减少了来自肌梭和神经根的病理性传入信号,即去除了“形”的干扰<sup>[13]</sup>。影像学上表现为左侧初级感觉皮层(S1)的低频振幅值在治疗后显著降低,提示过度的感觉输入被抑制,这种外周“噪声”的消除为默认网络(神)的功能恢复创造了“安神”的内环境。进而在中枢重塑层面,手法通过触觉与本体感觉通路实现了“调神以复形”。研究发现后扣带回皮质与初级运动皮层(M1)的功能连接显著增强,这意味着代表自我意识的“神”(默认网络)重新加强了对代表躯体执行的“形”(运动网络)的统摄与协调<sup>[14]</sup>。更重要的是,本研究发现后扣带回皮质-初级运动皮层功能连接的增强幅度与患者ODI评分的改善幅度显著负相关( $r = -0.61, P = 0.008$ )。这一统计学关联提示,“神”对“形”的调控越强,患者的躯体功能恢复越好,从而为中医“形神合一”理论提供了可视化的量化标准,即中枢意念网络与外周运动网络的高效耦合。

此外,关于“调气”的机制,虽然推测其可能涉及内侧前额叶皮质-前扣带回通路激活所伴随的内源性阿片肽释放以实现“通经活络”,但鉴于本研究未采集神经递质等生化指标,该推论尚需后续结合分子生物学证据进一步证实。

#### 3.4 柔筋正骨手法中枢调控效应的潜在特异性

与常规侧重于软组织松解的推拿手法相比,本研究的柔筋正骨手法展现了不同的中枢调控侧重。常规推拿镇痛的中枢机制多报道为调节丘脑、岛叶等疼痛矩阵的活动<sup>[15]</sup>,而本研究则发现,柔筋正骨手法在有效调节疼痛网络(内侧前额叶皮质-前扣带回,后扣带

回皮质—岛叶)的同时,显著增强了后扣带回皮质与初级运动皮层的功能连接,这与患者 ODI 评分改善直接相关。这表明本手法“理筋—正骨—通经”的协同模式,在缓解疼痛之外,更注重重建运动控制与身体感知的中枢整合(即“形神合一”),这可能是其相较于单纯松解手法,在促进脊柱功能恢复方面更具优势的神经基础。与针灸相比,手法提供了持续的力学刺激与本体感觉输入,其对运动皮层连接的强化作用也可能更具特点,但这需要未来直接的对照研究加以验证。

### 3.5 研究价值与局限性

本研究的核心价值在于:1)首次以默认网络为切入点,从脑网络层面证实柔筋正骨手法的中枢调控机制,突破了既往局限于局部生物力学的研究视角;2)通过脑功能指标与临床疗效的相关性分析(如后扣带回皮质—运动皮层连接增强与 ODI 评分改善相关, $r = -0.61$ ),为“筋骨平衡”理论提供量化神经影像学证据,推动中医手法的现代化阐释。

本研究的局限性包括:1)尽管总样本量( $n = 60$ )满足主效应分析要求,但亚组样本量( $n = 20$ )相对较小,导致亚组间差异分析的统计效能相对偏低,可能存在假阴性结果。因此,本研究关于不同亚组特异性脑区的讨论主要基于探索性分析,未来需扩大样本量进一步验证。2)缺乏长期随访,无法评估默认网络重塑的稳定性。3)未设置阳性对照干预组(如常规推拿)或假手法对照组,因此本研究观察到的疗效及脑功能改变,不能完全排除疾病自然转归(自愈倾向)、操作带来的安慰剂效应以及治疗期间生活方式干预(如姿势指导)的混杂影响;同时,由于缺乏直接对比,本研究提出的该手法在“运动控制中枢整合”方面的特异性优势尚属于基于影像学特征的推测,需在后续研究中通过头对头比较进一步确证。4)未探究手法治疗的“剂量效应”:本研究采用了固定的 6 次治疗疗程,未能比较不同治疗次数(如 3 次、9 次或 12 次)对默认网络重塑进程及临床疗效的影响,因此无法确定基于中枢功能重塑的最佳治疗剂量与疗程,这是未来优化临床方案需要解决的关键问题。5)临床评估工具的特异性不足:为实现跨病种的统计学合并分析,本研究统一采用了 ODI 评分评估功能障碍。然而,ODI 评分对神经根型颈椎病患者上肢症状的敏感性不如颈椎功能障碍指数(NDI),这种“通用性”选择可能掩盖了部分颈椎病亚组的特异性功能改善,导致临床疗效评估存在一定偏差。6)缺乏“外周—中枢”直接关联的客观证据:本研究虽然提出了“外周筋骨失衡导致中枢异常”的假说,但仅采集了脑影像数据与主观临床量表,未同步测量患者治疗前后的外周生物力学指标(如颈椎曲度、椎体

滑移率)或神经电生理指标(如表面肌电图)。因此,本研究尚无法直接量化手法对“外周解剖异常”的纠正程度如何具体转化为“中枢传入信号”的改变,外周与中枢的机制联系目前仍基于临床疗效的间接推导。7)功能连接分析仅聚焦默认网络,未来可拓展至奖赏系统、前额叶—边缘系统等网络,完善机制研究,这呼应了跨网络功能连接(如默认网络—奖赏系统)在疼痛中的潜在作用<sup>[16]</sup>。

基于以上局限性,未来研究应从以下方面深入:1)验证与推广:开展多中心、大样本量的随机对照试验,以验证本研究发现的中枢调控机制的普适性与可靠性。2)明确特异性:增设“常规推拿治疗组”及“假手法干预组”作为对照,严格区分柔筋正骨手法与其他干预方式在中枢靶点(如后扣带回皮质—运动皮层连接)上的调控特异性。3)深化机制维度:结合多模态神经影像技术,如利用结构 MRI 探究手法是否伴随相关脑区灰质体积或白质纤维完整性的改变,并联合代谢组学分析血液或脑脊液中相关生物标志物的变化,构建“结构—功能—代谢”三位一体的机制网络。4)建立纵向队列追踪长期效应:未来研究将延长随访时间窗(如治疗后 3 个月、6 个月及 1 年),结合临床复发率与影像学指标,重点探究疗程结束后的默认网络连接状态是否具有“记忆效应”。若能证实后扣带回皮质—运动皮层连接的稳定性与远期功能维持正相关,将为临床制定确切的“巩固治疗期”提供客观依据。

本研究通过 rs-fMRI 技术证实脊柱退行性疾病患者存在默认网络连接与活动强度的特征性异常,主要表现为内侧前额叶皮质—前扣带回疼痛调控通路减弱、后扣带回皮质—岛叶中枢敏化通路增强,以及感觉皮层过度激活,这是其慢性疼痛与功能障碍的核心中枢病理基础。巴渝正骨推拿流派的柔筋正骨手法可通过“松筋—正骨—通经”的协同作用,动态调控默认网络功能:1)增强内侧前额叶皮质—前扣带回连接以激活疼痛下行抑制;2)减弱后扣带回皮质—岛叶连接以减轻中枢敏化;3)优化后扣带回皮质与运动皮层连接以改善躯体功能。上述调控效应与临床疗效(VAS 评分及 ODI 评分改善)显著相关,证实该手法通过中枢网络重塑实现“镇痛—功能恢复”的双重效应。

本研究为中医“筋骨平衡”理论提供了神经科学证据,明确了柔筋正骨手法治疗脊柱退行性疾病的中枢靶点,可为脊柱退行性疾病精准治疗(如结合脑功能影像制定个体化方案)提供依据。未来需扩大样本量,延长随访时间,并增设对照研究,进一步推动中医正骨手法的标准化与现代化发展。

### 参考文献

[1] 程艳彬,房敏,王广东,等.以“筋骨失衡,以筋为先”探讨

- 脊柱退化性疾病的推拿治疗[J]. 中华中医药杂志, 2015, 30(10):3470-3473.
- [2] YIN Z Y, ZHANG S P, HE P, et al. Efficacy of Tuina in chronic low back pain with anxiety: study protocol for a randomised controlled trial[J]. *BMJ Open*, 2023, 13(10): e073671.
- [3] 於浩, 马勇, 郭杨, 等. 从筋骨理论探讨脊柱退行性疾病的病机与手法治则[J]. 中华中医药杂志, 2020, 35(8):4194-4196.
- [4] GEVERS-MONTORO C, PROVENCHER B, DESCARREAUX M, et al. Neurophysiological mechanisms of chiropractic spinal manipulation for spine pain[J]. *European Journal of Pain*, 2021, 25(7):1429-1448.
- [5] 程艳彬, 朱清广, 孔令军, 等. 推拿调控腰椎间盘突出症神经损伤的外周-中枢镇痛机制探讨[J]. 中华中医药杂志, 2022, 37(4):2186-2190.
- [6] LOGGIA M L, KIM J, GOLLUB R L, et al. Default mode network connectivity encodes clinical pain: an arterial spin labeling study[J]. *Pain*, 2013, 154(1):24-33.
- [7] 中华外科杂志编辑部. 颈椎病的分型、诊断及非手术治疗专家共识(2018)[J]. 中华外科杂志, 2018, 56(6):401-402.
- [8] 潘之清. 实用脊柱病学[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1996.
- [9] GREENWALD J D, SHAFRITZ K M. An integrative neuroscience framework for the treatment of chronic pain: from cellular alterations to behavior[J]. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 2018, 12:18.
- [10] DAMASCELLI M, WOODWARD T S, SANFORD N, et al. Multiple functional brain networks related to pain perception revealed by fMRI[J]. *Neuroinformatics*, 2022, 20(1):155-172.
- [11] 王博, 龚洪翰, 周福庆, 等. 复发缓解型多发性硬化患者默认网络的功能与结构连接的 MRI 研究[J]. 中华放射学杂志, 2013, 47(12):1082-1085.
- [12] JIN L M, YANG X J, LIU P, et al. Dynamic abnormalities of spontaneous brain activity in women with primary dysmenorrhea[J]. *Journal of Pain Research*, 2017, 10:699-707.
- [13] LIU J, TAO J, LIU W L, et al. Different modulation effects of Tai Chi Chuan and Baduanjin on resting-state functional connectivity of the default mode network in older adults [J]. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2019, 14(2):217-224.
- [14] 方继良. 电针不同穴位调制相对特异性脑功能网络的 fMRI 研究[D]. 北京: 中国中医科学院, 2010.
- [15] 范志勇, 吴山, 赖淑华, 等. 静息态脑功能磁共振成像技术研究脊柱推拿治疗腰椎间盘突出症中枢镇痛效应的思路[J]. 广州中医药大学学报, 2016, 33(2):262-264.
- [16] BRILEY P M, WEBSTER L, BOUTRY C, et al. Magnetic resonance imaging connectivity features associated with response to transcranial magnetic stimulation in major depressive disorder[J]. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 2024, 342:111846.

(收稿日期:2025-11-12)