

多学科交叉背景下中医手法治疗颈椎病效应机制研究现状与思考

朱立国^{1,2}, 冯天笑¹, 王旭¹, 王平³, 魏戌^{1,2}

(1. 中国中医科学院望京医院, 北京 100102; 2. 中医正骨技术北京市重点实验室, 北京 100102; 3. 天津中医药大学第一附属医院, 天津 300381)

【摘要】 中医手法效应机制研究是目前手法研究中的关键科学问题, 是中医骨伤科现代化与国际化道路上的重点和难点。现阶段, 我国正逢多学科交叉引领知识生产、科技创新、学科发展的重要时期, 中医骨伤学科与其他学科交叉创新的发展趋势为推动中医手法效应机制研究提供了载体。颈椎病作为中医骨伤学科的优势病种, 近年来许多学者基于多学科的技术和理论开展中医手法效应机制研究。本文以中医手法治疗颈椎病为切入点, 重点围绕颈部肌群, 颈椎椎体、椎间盘、椎体附件, 颈部血管, 神经系统 4 个维度, 整合了多学科交叉背景下中医手法效应机制研究中多种技术和理论的应用现状和实施策略, 有利于中医骨伤学科与其他学科更好地结合、创新、转化, 为系统阐明手法的科学内涵提供思路与借鉴。

【关键词】 多学科交叉; 中医手法; 颈椎病; 效应机制

中图分类号: R274

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.20221393

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Research status and reflection of the mechanism of TCM manipulation in the treatment of cervical spondylosis under the background of multi-disciplinary intersection

ZHU Li-guo^{1,2}, FENG Tian-xiao¹, WANG Xu¹, WANG Ping³, WEI Xu^{1,2} (1. Wangjing Hospital of China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100102, China; 2. Beijing Key Laboratory of Orthopedics of Traditional Chinese Medicine, Beijing 100102, China; 3. First Teaching Hospital of Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 300381, China)

ABSTRACT The study of TCM manipulation's mechanism is the key scientific issue in the current manipulation research. It is the key and difficult point on the road of modernization and internationalization of Chinese orthopedics and traumatology. Meanwhile, it is also an important way to clarify systematically the scientific connotation of TCM manipulation. At present, our country is in an important period when multi-disciplinary intersection lead knowledge production, scientific innovation, and discipline development. The trend of cross-innovation between Chinese orthopedics and traumatology and other disciplines provides the carrier and method for the study of TCM manipulation's mechanism. Cervical spondylosis is the traditional dominant disease of Chinese orthopedics and traumatology. In recent years, many scholars have applied multi-disciplinary techniques and theories to explore the mechanism of TCM manipulation by focusing on the four dimensions of muscle, bone, blood vessel and nerve. The article takes the treatment of cervical spondylosis by TCM manipulation as the research entry point, and integrates the application status and implementation strategies of various techniques and theories under the background of multi-disciplinary intersection, which is conducive to the better combination, innovation and transformation of Chinese orthopedics and traumatology with other disciplines, and provides ideas and references for systematically clarifying the scientific connotation of TCM manipulation.

KEYWORDS Multi-disciplinary intersection; TCM manipulation; Cervical spondylosis; Mechanism

基金项目: 国家中医药管理局中医药传承创新团队项目(编号: ZYYCXTD-C-202003); 北京市科技新星计划(编号: Z191100001119025); 北京市科技新星计划交叉合作项目(编号: 20220484228); 中国中医科学院望京医院高水平中医医院建设项目“中医药临床循证研究专项”课题(编号: WJYY-XZKT-2023-05)

Fund program: Chinese Medicine Innovation Team Project of State Administration of Traditional Chinese Medicine (No. ZYYCXTD-C-202003)

通讯作者: 魏戌 E-mail: weixu.007@163.com

Corresponding author: WEI Xu E-mail: weixu.007@163.com

随着社会发展, 人民生活方式和社会需求改变, 医学疾病谱亦随之嬗变。在骨伤科临床诊疗中, 以颈椎病为代表的慢性筋骨病已超过急性创伤成为骨伤科面临的主要公共健康问题, 成为医务工作者和科研工作者深入开展临床和基础研究的重大医疗任务和攻关课题^[1]。中医手法是中国传统医学的重要组成部分, 中医正骨疗法在 2006 年已被列为首批国家非物质文化遗产(IX-6), 在长期实践中形

成了一套独特的理论体系和完整的治则治法，成为临床治疗慢性筋骨病的主要疗法之一，其有效性和安全性已在许多临床研究和循证评价中证实^[2-5]。随着中医骨伤学科发展和临床现实需求增加，推动中医手法传承与创新已成为中医骨伤学科建设的重要任务。但中医手法研究目前面临的关键科学问题正限制其标准化、现代化与国际化进程，特别是中医手法效应机制研究的滞后正影响其临床应用、国际推广、技术创新和成果转化等方面的发展。

现阶段我国正处于一个多学科交叉引领知识生产、科技创新、学科发展的时期，以大数据、人工智能、多维功能影像学、生物力学等为代表的多学科理论和技术已经逐步应用于医学领域^[6-7]。倡导学科间打破壁垒，交叉融合，围绕医学实际需求进行协同创新，在多学科、多层次的整合和互动中取得“1+1>2”的研究效果^[8]。中医手法效应机制研究的不断深入离不开多学科交叉技术的助力，因此需将多学科先进的理论和技术应用到该领域研究中，系统阐明中医手法的科学内涵和应用价值。现阶段，在体应用基础研究和生物力学研究是手法效应机制研究的主要方式，相较于动物和尸体试验，其获得的数据较为贴近真实疾病状况，具有重要的研究价值和发展潜力^[9]。近年来，国内许多学者以临床问题为导向，应

用多学科的理论和技术，重点围绕肌肉、骨骼、血管、神经 4 个维度对中医手法的效应机制展开探索，如图 1 所示。本文旨在以中医手法治疗颈椎病为切入点，整合多学科交叉背景下手法效应机制研究中多学科技术和理论的应用现状及实施策略，以供临床医师和科研人员参考。

1 中医手法对颈部肌群的调控

1.1 颈部肌群弹性

超声弹性成像技术是一种基于静态压缩理论来评估组织弹性的无创超声技术^[10]。目前常用的超声弹性成像技术主要包括两种类型：应变弹性成像技术 (strain elastography, SE) 和剪切波弹性成像技术 (shear wave elastography, SWE)^[11]。SE 通过观察操作者施加轴向压缩下的组织变形程度，获取组织弹性图^[12]。SWE 则是一种利用超声聚焦光束，可以在组织内远程产生低频辐射的机械剪切波振动源用于测量软组织弹性的新型实时定量可视化技术^[13]。由于 SWE 无须操作者主动施压，具有良好的可重复性，这项技术已越来越多地应用到肌肉软组织弹性的定性和定量评测^[14]。郭玲等^[15-16]利用 SWE 技术发现中医手法治疗前患者组斜方肌杨氏模量值显著高于治疗后及健康对照组 ($P<0.05$)，提示 SWE 可作为中医手法疗效机制评测的客观技术。

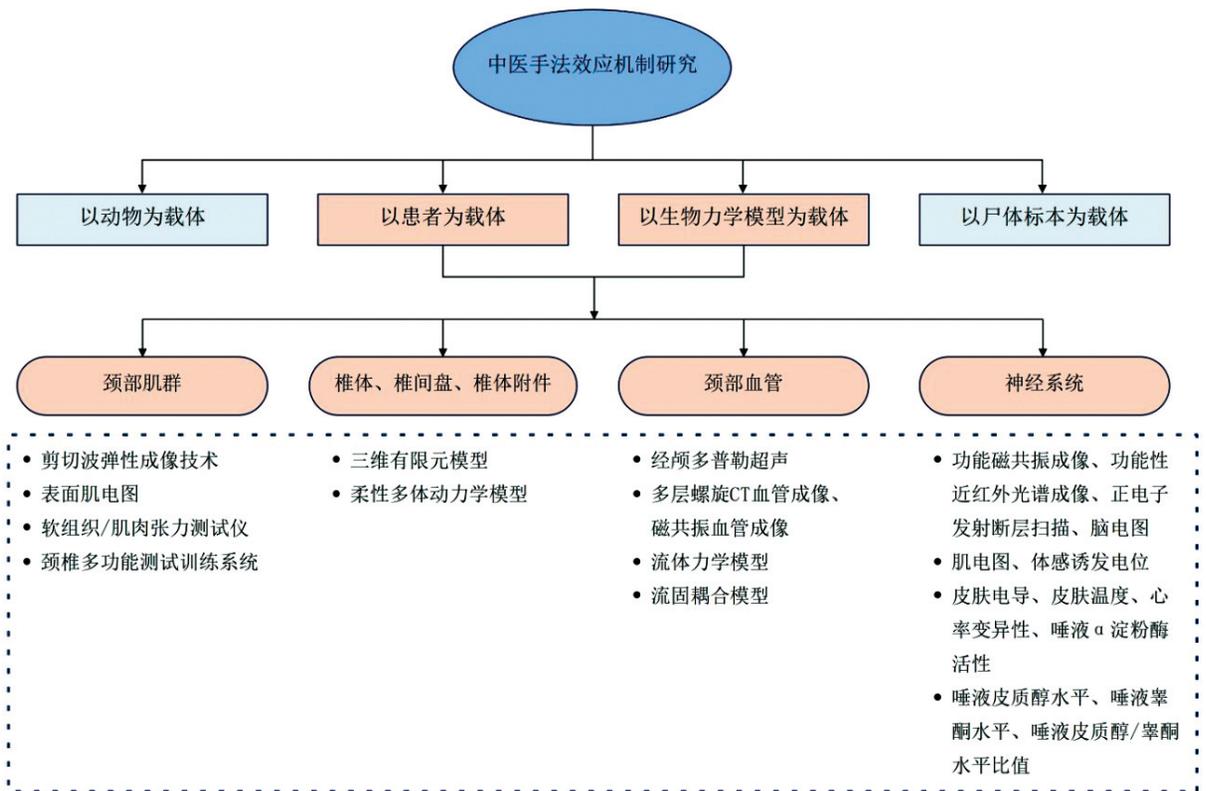


图 1 中医手法治疗颈椎病效应机制研究中多学科技术和理论的应用

Fig.1 The application of multi-disciplinary techniques and theories in the study of the mechanism of TCM manipulation in the treatment of cervical spondylosis

1.2 颈部肌群肌张力

颈椎病的发病与颈肌肌张力改变密切相关,颈部长处于固定或异常姿势可导致肌肉韧带长期处于紧张状态,诱发肌肉劳损或软组织退变是导致局部张力改变的最主要原因^[17]。软组织张力测试仪主要利用压力传感器、测量电路及数据采集分析软件等仪器组成,通过量化颈部软组织在标准垂直压力下产生的位移,描绘力-位移曲线,对肌肉性质进行客观的无创评估^[18]。目前已有多种软组织张力测定仪器或设备面向临床和科研上市,逐渐应用于中医手法应用基础研究领域。陈伟健等^[19]利用新型肌肉定量评估仪 MyotonPRO 评估神经根型颈椎病患者两侧颈肩部肌肉力学性能失衡情况,结果显示神经根型颈椎病患者双侧上斜方肌及胸锁乳突肌张力高于正常人($P<0.05$),且患侧上斜方肌张力高于对侧($P<0.05$)。王旭^[20]利用软组织张力测试系统分析旋提手法对神经根型颈椎病患者颈部软组织张力的效应,结果发现手法不仅具有降低神经根型颈椎病患者颈部软组织张力的作用,还能够改善颈部软组织张力分布不均。

1.3 颈部肌群耐疲劳性

颈肌疲劳会对颈椎本体感觉和身体平衡等产生影响,慢性颈痛患者由于肌肉组织形态学和募集策略等因素的改变能够导致颈肌抗疲劳能力下降,因此颈肌耐疲劳性的评估可为慢性颈痛的疗效机制评价提供帮助^[21]。表面肌电图(surface electromyography, sEMG)在评价颈肌疲劳中有着独特的优势,通过放置在皮肤表面的电极监测神经-肌肉系统活动时产生的生物电信号变化。sEMG 主要包括时域指标和频域指标,前者主要包括积分肌电值(integrated electromyography, IEMG)和均方根振幅(root mean square value, RMS)等,后者通常采用平均功率频率(mean power frequency, MPF)和中位频率(median frequency, MF)^[22]。仲卫红等^[23]开展的一项多中心随机对照试验纳入 820 例颈型颈椎病患者,随机分为治疗组和对照组,治疗组采取通督强脊“三步五法”推拿治疗,对照组采用颈椎间歇牵引法,结果显示手法治疗后患者胸锁乳突肌、斜方肌、头夹肌的 MPF 在前屈、后伸、右侧屈方向较治疗前有不同程度的提高($P<0.05$),与对照组相比在前屈、后伸、左右侧屈方向的 MPF 有不同程度改善($P<0.05$),说明通督强脊“三步五法”推拿能改善患者颈肌耐疲劳性,其疗效优于颈椎间歇牵引法。

吕强等^[24]研究发现微调手法治疗后颈椎病患者颈部肌群的 IEMG、MPF、MF 明显优于颈椎牵引治疗($P<0.05$)。此外, sEMG 也常应用于局部肌肉力量及

神经肌肉运动控制能力的评测^[25]。

1.4 颈部肌群力量

颈部肌群力学性能的改变如颈部肌群力量下降是颈椎病患者常见病理特征。王颖等^[26]利用颈椎多功能测试训练系统(multi cervical unit, MCU)检测 34 例慢性颈痛患者的颈肌最大肌力,同时纳入 21 例健康志愿者作为对照组,结果显示慢性颈痛患者颈肌最大肌力小于健康志愿者($P<0.05$)。多项研究已发现中医手法对颈椎病患者颈肌肌力的调控作用。朱清广等^[27]利用 Biodex III system 等速测试系统测定中医手法对颈椎病患者颈肌力学性能的改变,结果显示在 $60^\circ/s$ 和 $120^\circ/s$ 角速度等速运动时,手法治疗后的前峰力矩(PT)、平均功率(AP)、屈肌峰力矩/伸肌峰力矩比值(F/E)显著优于治疗前及颈椎牵引治疗($P<0.05$)。仲卫红等^[23]利用 MCU 系统测定手法对颈型颈椎病患者颈肌最大肌力的改善情况,结果发现中医手法治疗后患者在前屈、后伸、左侧屈、右侧屈方向的颈肌最大肌力有显著改善($P<0.05$)。

2 中医手法对颈椎椎体、椎间盘及椎体附件的调控

以三维有限元分析(finite element analysis, FEA)技术为代表的生物力学模型为中医手法基础研究提供了重要的技术支撑,有助于阐明中医手法的效应机制,规范关键技术,优化手法参数。许多学者利用 FEA 技术对颈椎手法治疗颈椎病的生物力学机制开展了相关研究。(1)颈椎旋转手法。黄学成等^[28]利用 FEA 技术建立 C_5-C_6 三维有限元模型模拟旋转手法中旋转方向对颈椎间盘位移和椎间孔容积的影响,结果发现应用旋转手法治疗神经根型颈椎病时,旋转侧椎间盘后部向后位移,椎间孔容积变小,旋转对侧椎间盘后部向前位移,椎间孔容积变大,提示临床使用旋转手法治疗神经根型颈椎病时应向健侧旋转。该团队也模拟了颈椎在左、右侧屈位下加载旋转手法工况,结果提示让患者向健侧旋颈时应向患侧侧屈,能够在缓解症状同时降低患侧的椎间盘二次损伤的风险^[29]。此外,国内学者也利用 FEA 技术围绕不同体位下旋转手法对颈椎间盘^[30-31]、关节突关节^[32]的内在应力和位移,定位与非定位旋转手法^[33]的应力作用比较开展了相关研究。(2)颈椎旋提手法。王旭^[20]通过 FEA 技术建立起 C_3-T_1 有限元模型,模拟加载旋提手法力学参数,观察旋提手法对椎体及椎间盘的应力特征,并通过 Getdata 和 Matlab 软件计算椎间孔的面积,结果提示旋提手法治疗神经根型颈椎病时施加于旋侧关节突关节、椎体上表面、椎间盘上表面两侧的提扳力最为明显,并且手法能够增加患者手法操作对侧的椎间孔面积发挥治疗作

用。(3)三维平衡正脊手法。CAO 等^[34-35]建立 C₃-C₇ 有限元模型,模拟加载三维平衡正脊手法工况,结果发现三维平衡正脊手法在治疗神经根型颈椎病时,能够使椎间隙和后纵韧带的张力增宽,有助于髓核组织回纳,同时该手法操作时应力主要分布在椎体后部结构,最大应力远低于发生椎体骨折的应力,说明了手法的作用机制及安全性。FEA 技术为探索中医手法的效应机制提供了较为理想的分析方法,但作为一种数字化计算方法,在建立三维模型时由于肌肉、骨骼结构较为复杂且难以分离,研究者往往会简化模型,忽略肌肉、韧带、软骨等软组织的建模,并且边界条件设定也相对简化。但“筋”“骨”共病是骨伤科疾病的常见病理特征,因此关注脊柱周围软组织与椎体结构的相互影响,建立更加精确有效的模型是有限元研究的必趋之势和难点所在。

骨肌多体动力学模型在一定程度上弥补了 FEA 的局限性。随着计算力学的发展和计算机运算能力的提升,多体动力学已由初期的多刚体动力学模型发展到了多刚体-柔性体相耦合的动力学模型^[36]。相比于 FEA,柔性多体动力学模型更有利于描述人体这种包含各种刚体、柔性体的复杂力学系统的运动模式和动力学行为,且计算精度更高^[37]。常用的软件包括 OpenSim 和 Anybody 两款软件^[38-39]。但目前多体动力学分析在中医手法中的应用有限,今后可积极利用此方法为载体进一步开展手法生物力学研究。

3 中医手法对颈部血管的调控

中医手法对颈部血管的调控作用主要体现在影响患者的血流动力学方面。国内许多学者应用经颅多普勒超声观测中医手法对椎动脉型颈椎病患者血流动力学相关指标如椎动脉、基底动脉的平均流速速度(mean velocity, V_m)、搏动指数(pulsation index, PI)及阻力指数(resistance index, RI)的疗效机制,发现手法通过改善患者椎-基底动脉血流情况发挥治疗作用^[40-41]。此外,也有学者将多层螺旋 CT 血管成像^[42]和磁共振血管成像^[43-44]引入到手法治疗颈椎病的疗效机制研究中,但此类方法临床评测的准确性和可靠性仍存在一定争议。

此外,随着中医手法临床应用愈加广泛,许多文献报告手法后严重的血管源性不良事件的发生如中风甚至死亡^[45-46]。基于此,国际骨科手法物理治疗师联合会(International Federation Orthopaedic Manipulative Physiotherapists, IFOMPT)在 2020 年发布了《IFOMPT 颈椎国际标准:骨科手法干预前颈部潜在血管疾病检查》,呼吁临床医生及物理治疗师在手法干预前对颈部血管的潜在疾病进行充分地评估和临床

推理^[47]。颈椎手法的安全性已逐渐成为学者们开展基础研究的重点领域之一,同时多学科交叉的技术为手法安全性研究提供了重要载体和方向,中医手法对颈部血管的调控机制已逐渐深入到计算流体力学(computational fluid dynamics, CFD)和流固耦合(fluid-structure interaction, FSI)研究层面。陈奕历等^[48]利用 CFD 方法建立颈动脉粥样硬化的流体力学模型,通过加载颈椎旋转手法工况观察手法下颈动脉粥样硬化斑块的血流动力学变化,结果发现旋转手法对颈动脉粥样硬化患者具有一定安全性,但大幅度 16%应变的颈动脉拉伸使得斑块剪切力明显增大,提示旋转手法治疗前应进行相关的评估筛查。吴宝峰等^[49]运用 FEA 技术建立颈动脉斑块 FSI 模型评估旋转手法对颈动脉粥样硬化斑块的破裂风险,观察旋转手法对颈动脉斑块和管腔的拉伸形变,并记录斑块和管腔的血流最大剪切力、最大壁面切应力、最大斑块壁应力等参数变化,结果提示在颈动脉粥样硬化斑块患者中应谨慎进行旋转手法治疗,手法前对斑块进行 FSI 的评估可能是一种有效的安全性筛查方法。

4 中医手法对神经系统的调控

4.1 中枢神经系统

在 BRAIN 计划、人脑计划、人脑连接组计划、中国脑计划的背景影响下,手法的脑机制研究逐渐受到研究者青睐。随着脑功能成像技术的日益发展,在不同情境下人类大脑的变化可以通过脑功能成像设备进行监测,例如功能磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)、功能性近红外光谱成像(functional near-infrared spectroscopy, fNIRS)、正电子发射断层扫描(positron emission tomography, PET)和脑电图(electroencephalography, EEG)等。这些功能神经影像学技术的发展为手法治疗颈椎病的机制研究提供了可靠载体,为手法的中枢镇痛机制探索提供了重要科学方法。研究发现^[50],颈椎患者的脑结构和脑功能连接会发生改变。如 TAN 等^[51]研究发现,颈椎病患者左侧初级感觉和运动皮层中大脑区域同质性较低,右侧感觉关联皮层中大脑区域同质性较高。ZHOU 等^[52]研究发现,颈椎病患者右侧中央前回、右侧中央后回和左侧补充运动区皮质低频振荡振幅增加。而手法能够通过调控大脑区域活动、改变大脑默认模式网络等方面发挥中枢镇痛机制^[53]。WEBER 等^[54]研究发现手法操作能够使得颈椎病患者次级体感皮层、前扣带皮层、枕叶复合体的神经疼痛信号激活明显减少,说明手法操作可能会改变疼痛的相关脑区内的大脑区域活动情况而发挥镇痛作用。张华等^[55]研究发现中医推拿手法可能通过

增强默认网络与感觉和执行网络相关脑区的连接,抑制默认网络与认知、视觉及记忆中枢的联系而改善颈椎患者的临床症状。因此,以 fMRI 为代表的功能神经影像学技术在手法机制研究中具有很大的研究价值和前景。

此外,由于不同的采集设备具有不同的特性,单一设备的采集可能具有一定的局限性^[56]。如 fMRI 的空间分辨率高于 fNIRS 和 EEG,但时间分辨率低于 fNIRS 和 EEG, fNIRS 在抗运动干扰、可移动性和价格方面优于 fMRI。因此,以研究的实际问题为导向,融合多种设备以达到单一设备无法比拟的时空分辨率,可以从不同角度研究大脑的功能和疗效机制。随着人工智能的发展和数据驱动技术的进步,很多学者联合应用 fMRI 和 EEG 技术^[57-58]、fNIRS 和 EEG 技术^[59-60],从时间和空间两个方面阐释大脑的活动及干预措施的机制。KELES 等^[60]联合应用 fNIRS 和 EEG 技术获取的多模态数据探究人脑在静息状态下的自发神经活动与血流动力学相关性以探究神经血管耦合的机制。SI 等^[61-62]分别应用 fNIRS 和 EEG 技术探究针刺得气的神经调节和血流动力学反应,为阐明针刺得气的科学内涵提供客观的依据。现阶段,多模态神经影像技术在手法的脑机制研究中证据有限,今后研究中可结合数据驱动方法的进步推动多模态数据的整合,探究手法治疗颈椎病的神经血管耦合机制,未来在人工智能和大数据驱动的背景下推动脑机接口技术进步和智能数字医疗发展。

4.2 周围神经系统

肌电图是临床常用的神经电生理监测手段,可以确定神经损伤的程度,明确神经的功能状态,反映所支配肌群的生物学性能,目前已被广泛应用于颈椎病的诊断及疗效机制研究中。朱丹阳等^[63]利用肌电图评价了颈椎拔伸手法治疗神经根型颈椎病的生物电变化情况,结果发现手法治疗后患者正中神经、尺神经 F 波传导速度显著提高,且疗效优于颈椎牵引治疗($P<0.05$)。王军涛等^[64]利用肌电图研究发现,卧位牵顿手法能够提高神经根型颈椎病患者正中神经、尺神经 F 波传导速度($P<0.05$),说明手法能够改善神经根型颈椎病患者神经肌肉功能状态。体感诱发电位(somatosensory evoked potential, SEP)也是神经电生理检查的重要内容,通过刺激肢体末端粗大感觉纤维,在躯体感觉神经通路的不同部位记录神经电位活动波,来反映感觉神经的传导功能。阴涛等^[65]通过 SEP 观察悬吊运动疗法联合中医手法对神经根型颈椎病患者上肢感觉功能的变化,结果发现治疗后的臂丛电位 N9、颈髓电位 N13 的 SEP 峰潜伏期均较治疗前缩短($P<0.05$),能够有效促进神经

根型颈椎病神经感觉功能的修复。

此外,慢性疼痛下交感神经和副交感神经系统的活动往往会发生变化,如慢性颈痛患者常伴有自主神经功能障碍,因此许多学者围绕手法的自主神经调控机制展开了探索^[66]。现阶段,手法效应机制研究中用于自主神经功能评定的客观测量指标主要包括皮肤电导(skin conductance, SC)^[67-71]、皮肤温度(skin temperature, ST)^[68-69]、心率变异性(heart rate variability, HRV)^[72-73]和唾液 α 淀粉酶活性(salivary alpha amylase, sAA)^[74]等。其中 SC、ST、sAA 主要评估交感神经系统功能,而 HRV 主要受交感神经和副交感神经的活性及其相对平衡的影响,能够同时评估交感神经和副交感神经功能。也有学者基于下丘脑-垂体轴从神经内分泌角度出发探索手法的效应机制,如 SAMPATH 等^[75]利用唾液皮质醇水平、唾液睾酮水平、唾液皮质醇/睾酮水平比值等指标探究脊柱手法操作后神经内分泌指标的变化。但目前手法通过调控自主神经功能平衡治疗颈椎病的直接证据有限,仍需要开展高质量的应用基础研究以增加可信度和准确性。

5 小结与展望

中医骨伤学科历史悠久、内涵丰富,在防治慢性筋骨病领域有其鲜明的临床特色和理论基础。作为我国具有原创优势的医疗资源和科技资源,我们有责任、有使命去保护和发展中医骨伤科学事业。中医手法作为中医骨伤科的特色医疗手段,伴随中华民族文化发展至今,具有重要的临床应用价值和强大的生命力,需要医务工作者不断传承、发展与创新。中医手法效应机制研究是说清楚、讲明白手法现代科学内涵的重要途径,是促进中医骨伤科现代化与国际化道路上的重点与难点。现如今,多学科交叉的时代已经来临,多学科交叉推动手法效应机制研究已是时代发展的必然趋势,从事中医手法的科研和临床工作者都应为中医骨伤学科与其他学科交叉融合而做出努力,促进学科现代化蓬勃发展。笔者以中医手法治疗颈椎病这一传统优势病种为范例,围绕肌肉、骨骼、血管、神经 4 个维度,整合了多学科交叉背景下手法效应机制研究中多学科技术和理论的应用现状和前景,以供临床医师和科研人员参考。今后在多学科交叉方面还需进一步优化资源配置,健全和完善管理体制和机制,培养复合型人才和科研团队,与时俱进,顺应时代发展的趋势和需求,系统阐明中医手法的科学内涵。

利益冲突:所有作者声明不存在利益冲突。

参考文献

- [1] 宋永嘉,李晓锋,鲍嘉敏,等.大健康视角下慢性筋骨病诊疗思路探讨[J].中华中医药杂志,2020,35(2):543-545.

- SONG Y J, LI X F, BAO J M, et al. Diagnosis and treatment of chronic musculoskeletal diseases from perspective of comprehensive health[J]. *China J Tradit Chin Med Pharm*, 2020, 35(2): 543-545. Chinese.
- [2] WEI X, WANG S Q, LI L H, et al. Clinical evidence of Chinese massage therapy (Tui Na) for cervical radiculopathy: a systematic review and meta-analysis[J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2017, 2017: 9519285.
- [3] ZHU L G, WEI X, WANG S Q. Does cervical spine manipulation reduce pain in people with degenerative cervical radiculopathy? A systematic review of the evidence, and a meta-analysis[J]. *Clin Rehabil*, 2016, 30(2): 145-155.
- [4] HUANG F, XIAO Z X, ZHAN X X, et al. Tuina combined with Adjuvant therapy for lumbar disc herniation: a network meta-analysis[J]. *Complement Ther Clin Pract*, 2022, 49: 101627.
- [5] HUANG F, ZHAO S Y, DAI L, et al. Tuina for cervical vertigo: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Complement Ther Clin Pract*, 2020, 39: 101115.
- [6] 王飞雪, 颜靖岚, 王泰一, 等. 多学科交叉创新背景下的针灸转化医学现状和前景[J]. *中国针灸*, 2022, 42(12): 1335-1338.
- WANG F X, YAN J L, WANG T Y, et al. Current situation and outlook of acupuncture-moxibustion translational medicine under the background of multi-disciplinary intersection innovation[J]. *Chin Acupunct Moxibustion*, 2022, 42(12): 1335-1338. Chinese.
- [7] WOOLF S H. The meaning of translational research and why it matters[J]. *JAMA*, 2008, 299(2): 211-213.
- [8] 孙忠人, 田洪昭, 尹洪娜, 等. 基于“医工结合”探讨针灸发展演变[J]. *中华中医药杂志*, 2019, 34(3): 1117-1119.
- SUN Z R, TIAN H Z, YIN H N, et al. Evolution of acupuncture and moxibustion based on the combination of medicine and engineering[J]. *China J Tradit Chin Med Pharm*, 2019, 34(3): 1117-1119. Chinese.
- [9] 魏戎, 王旭, 孙凯, 等. 中医手法治疗颈椎病的研究现状与展望[J]. *中华中医药杂志*, 2020, 35(10): 4781-4784.
- WEI X, WANG X, SUN K, et al. Research status and prospect of TCM manipulation in the treatment of cervical spondylosis[J]. *China J Tradit Chin Med Pharm*, 2020, 35(10): 4781-4784. Chinese.
- [10] SIGRIST R M S, LIAU J, EL KAFFAS A, et al. Ultrasound elastography: review of techniques and clinical applications[J]. *Theranostics*, 2017, 7(5): 1303-1329.
- [11] FRANCHI-ABELLA S, ELIE C, CORREAS J M. Ultrasound elastography: advantages, limitations and artefacts of the different techniques from a study on a phantom[J]. *Diagn Interv Imaging*, 2013, 94(5): 497-501.
- [12] GENNISSON J L, DEFFIEUX T, FINK M, et al. Ultrasound elastography: principles and techniques[J]. *Diagn Interv Imaging*, 2013, 94(5): 487-495.
- [13] NAKAMURA M, AKAGI R. Ultrasonic shear-wave elastography: a novel method for assessing musculoskeletal soft tissue and nerves[J]. *Clin Neurophysiol*, 2022, 140: 163-164.
- [14] 俞成杰, 徐芳, 肖沪生, 等. 剪切波弹性成像技术在肌骨系统及中医领域的研究进展[J]. *世界科学技术-中医药现代化*, 2020, 22(1): 218-223.
- YU C J, XU F, XIAO H S, et al. Research progress of shear wave elastography in musculoskeletal system and traditional Chinese medicine[J]. *Mod Tradit Chin Med Mater Med World Sci Technol*, 2020, 22(1): 218-223. Chinese.
- [15] 郭玲, 桑志成, 张丁丁, 等. 实时剪切波弹性成像技术检测斜方肌非自主性紧张的可行性分析[J]. *中华超声影像学杂志*, 2015, (4): 333-336.
- GUO L, SANG Z C, ZHANG D D, et al. Feasibility analysis of real-time shear wave elastography in the trapezius in involuntary nervous state[J]. *Chin J Ultrason*, 2015, (4): 333-336. Chinese.
- [16] 郭玲, 张晨, 张丁丁, 等. 剪切波超声弹性成像技术在颈肩筋膜疼痛综合征中的应用[J]. *中国骨伤*, 2016, 29(2): 142-145.
- GUO L, ZHANG C, ZHANG D D, et al. Application of shear wave elastography in the evaluation of neck shoulder myofascial pain syndrome[J]. *China J Orthop Traumatol*, 2016, 29(2): 142-145. Chinese.
- [17] 方维, 赵勇. 颈椎病发病与软组织张力的相关性探讨[J]. *中医基础医学杂志*, 2017, 23(1): 100-102.
- FANG W, ZHAO Y. Correlation between cervical spondylosis and soft tissue tension[J]. *Chin J Basic Med Tradit Chin Med*, 2017, 23(1): 100-102. Chinese.
- [18] 张心培, 刘楠, 周谋望. 肌张力评定方法的研究进展[J]. *中国康复医学杂志*, 2021, 36(7): 873-880.
- ZHANG X P, LIU N, ZHOU M W. Research progress of muscle tension evaluation methods[J]. *Chin J Rehabil Med*, 2021, 36(7): 873-880. Chinese.
- [19] 陈伟健, 陈泽华, 吴佳涛, 等. 新型肌肉定量评估仪评估神经根型颈椎病患者两侧肩颈肌肉的性能失衡[J]. *中国组织工程研究*, 2022, 26(3): 430-434.
- CHEN W J, CHEN Z H, WU J T, et al. Imbalance of mechanical properties about bilateral shoulder and neck muscle in patients with cervical spondylotic radiculopathy using MyotonPRO[J]. *Chin J Tissue Eng Res*, 2022, 26(3): 430-434. Chinese.
- [20] 王旭. 基于软组织张力及有限元技术的旋提手法治疗神经根型颈椎病机制研究[D]. 北京: 中国中医科学院, 2022.
- WANG X. Study on the mechanism of rotary lifting manipulation based on soft tissue tension and finite element technology in the treatment of cervical spondylotic radiculopathy[D]. Beijing: China Academy of Chinese Medical Sciences, 2022. Chinese.
- [21] 潘泳鸿, 仲卫红, 张俊新, 等. 肌肉疲劳与慢性颈痛的研究现状[J]. *中国康复理论与实践*, 2015, 21(2): 168-170.
- PAN Y H, ZHONG W H, ZHANG J X, et al. Research Status on Relation of Muscle Fatigue and Chronic Neck Pain(review)[J]. *Chin J Rehabil Theory Pract*, 2015, 21(2): 168-170. Chinese.
- [22] 汪菲, 何晴, 李建华. 表面肌电在中枢神经系统疾病肌痉挛患者评价中的研究现状[J]. *中国康复医学杂志*, 2016, 31(11): 1277-1280.
- WANG F, HE Q, LI J H. Research status of surface electromyography in the evaluation of patients with central nervous system disease muscle spasm[J]. *Chin J Rehabil Med*, 2016, 31(11): 1277-1280. Chinese.
- [23] 仲卫红, 李宇涛, 林建平, 等. 通督强脊“三步五法”推拿对颈型颈椎病肌肉功能影响的临床研究[J]. *中华中医药杂志*, 2019, 34(11): 5501-5505.
- ZHONG W H, LI Y T, LIN J P, et al. Randomized controlled study on muscle function of neck type cervical spondylosis treated with Tongduo Qiangji tuina with 'three steps and five methods'[J]. *China J Tradit Chin Med Pharm*, 2019, 34(11): 5501-5505. Chinese.
- [24] 吕强, 朱清广, 房敏, 等. 微调手法对颈椎病患者颈肌疲劳程度

- 影响研究[J]. 时珍国医国药, 2011, 22(10): 2406-2407.
- LYU Q, ZHU Q G, FANG M, et al. Effect of micro-adjusting manipulation fatigue of neck musculature in patients with cervical spondylosis[J]. Lishizhen Med Mater Med Res, 2011, 22(10): 2406-2407. Chinese.
- [25] 胡小珍, 姚新苗, 王健, 等. sEMG 在颈痛患者颈肌功能特征研究中的应用[J]. 中国康复医学杂志, 2016, 31(5): 578-582.
- HU X Z, YAO X M, YAO X M, et al. Application of sEMG in the study of functional characteristics of neck muscles in patients with neck pain[J]. Chin J Rehabil Med, 2016, 31(5): 578-582. Chinese.
- [26] 王颖, 辛随成, 张恩铭. 颈部肌力与慢性颈痛的关系[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2016, 24(1): 68-70.
- WANG Y, XIN S C, ZHANG E M. Relationship between neck muscle strength and chronic neck pain[J]. Chin J Tradit Med Traumatol Orthop, 2016, 24(1): 68-70. Chinese.
- [27] 朱清广, 房敏, 沈国权, 等. 手法对颈椎病患者的颈肌力学性能及疲劳程度影响研究[J]. 中国骨伤, 2012, 25(1): 18-21.
- ZHU Q G, FANG M, SHEN G Q, et al. Effects of manipulation on mechanical properties of cervical and degree of fatigue in patients with cervical spondylosis[J]. China J Orthop Traumatol, 2012, 25(1): 18-21. Chinese.
- [28] 黄学成, 叶林强, 梁德, 等. 三维有限元模型分析旋转手法中旋转方向对颈椎间盘位移和椎间孔容积的影响[J]. 中国组织工程研究, 2018, 22(3): 404-408.
- HUANG X C, YE L Q, LIANG D, et al. Effect of cervical rotatory direction on the displacement of cervical disc and the volume of intervertebral foramen in a three-dimensional finite element model[J]. Chin J Tissue Eng Res, 2018, 22(3): 404-408. Chinese.
- [29] 黄学成, 叶林强, 江晓兵, 等. 旋转手法中侧屈方向对颈椎间盘位移、内在应力的影响及意义[J]. 山东医药, 2018, 58(16): 5-8.
- HUANG X C, YE L Q, JIANG X B, et al. Effect of lateral bending position on displacement and intra-stress of cervical disc with cervical rotatory manipulation in three-dimensional element analysis[J]. Shandong Med J, 2018, 58(16): 5-8. Chinese.
- [30] 刘建辉, 朱建忠, 潘福勤, 等. 不同体位下推拿旋转手法对颈椎间盘有限元模型应力分布的影响[J]. 世界中西医结合杂志, 2020, 15(7): 1304-1307.
- LIU J H, ZHU J Z, PAN F Q, et al. Influence of massage and rotation manipulation in different postures on stress distribution of finite element model of cervical intervertebral disc[J]. World J Integr Tradit West Med, 2020, 15(7): 1304-1307. Chinese.
- [31] 黄学成, 叶林强, 江晓兵, 等. 不同体位下颈椎旋转手法对颈椎间盘位移和内在应力的影响[J]. 中国康复理论与实践, 2017, 23(12): 1470-1475.
- HUANG X C, YE L Q, JIANG X B, et al. Effect of cervical rotatory manipulation on displacement and intra-stress of cervical disc in different positions[J]. Chin J Rehabil Theory Pract, 2017, 23(12): 1470-1475. Chinese.
- [32] 叶林强, 陈超, 刘源辉, 等. 体位对颈椎旋转手法整复神经根型颈椎病关节突关节骨错缝的有限元分析[J]. 中国组织工程研究, 2023, 27(29): 4607-4611.
- YE L Q, CHEN C, LIU Y H, et al. Finite element analysis of position effects on reduction of facet joint displacement by cervical rotatory manipulation for cervical spondylotic radiculopathy[J]. Chin J Tissue Eng Res, 2023, 27(29): 4607-4611. Chinese.
- [33] 王辉昊, 王宽, 邓真, 等. 定位与非定位颈椎旋转手法应力作用比较: 三维有限元分析[J]. 医用生物力学, 2019, 34(S1): 55.
- WANG H H, WANG K, DENG Z, et al. Comparison of stress effect between positioning and non-positioning cervical rotation manipulation: three-dimensional finite element analysis[J]. J Med Biomech, 2019, 34(S1): 55. Chinese.
- [34] 曹盛楠, 王丹丹, 王从安, 等. 三维平衡正脊手法治疗神经根型颈椎病的有限元分析[J]. 中国骨伤, 2020, 33(9): 867-872.
- CAO S N, WANG D D, WANG C A, et al. Finite element analysis of the treatment of cervical spondylotic radiculopathy with three dimensional balanced manipulation[J]. China J Orthop Traumatol, 2020, 33(9): 867-872. Chinese.
- [35] CAO S N, CHEN Y Z, ZHANG F, et al. Clinical efficacy and safety of "three-dimensional balanced manipulation" in the treatment of cervical spondylotic radiculopathy by finite element analysis[J]. Biomed Res Int, 2021, 2021: 5563296.
- [36] 周鑫, 朱清广, 孔令军, 等. 推拿手法生物力学研究方法的基本方向[J]. 中华中医药杂志, 2019, 34(3): 1120-1123.
- ZHOU X, ZHU Q G, KONG L J, et al. Basic direction of the research method of massage manipulation biomechanics[J]. China J Tradit Chin Med Pharm, 2019, 34(3): 1120-1123. Chinese.
- [37] 郭伟, 韩磊, 李艺, 等. 腰段脊柱多体动力学模型模拟脊柱关节手法力学分析研究[J]. 中华中医药杂志, 2016, 31(11): 4707-4710.
- GUO W, HAN L, LI Y, et al. Study on the mechanics of lumbar spine of multi body dynamics model simulated spinal joint manipulation[J]. China J Tradit Chin Med Pharm, 2016, 31(11): 4707-4710. Chinese.
- [38] DELP S L, ANDERSON F C, ARNOLD A S, et al. OpenSim: open-source software to create and analyze dynamic simulations of movement[J]. IEEE Trans Biomed Eng, 2007, 54(11): 1940-1950.
- [39] KONG Y K, CHOI K H, CHO M U, et al. Ergonomic assessment of a lower-limb exoskeleton through electromyography and anybody modeling system[J]. Int J Environ Res Public Health, 2022, 19(13): 8088.
- [40] 苏海明, 林廷章. 旋提手法对老年颈椎病患者椎动脉血流参数的影响[J]. 云南中医中药杂志, 2020, 41(5): 65-67.
- SU H M, LIN T Z. Effect of rotary lifting manipulation on vertebral artery blood flow parameters in elderly patients with cervical spondylosis[J]. Yunnan J Tradit Chin Med Mater Med, 2020, 41(5): 65-67. Chinese.
- [41] 王从安, 张峰, 孙铁锋, 等. 三维平衡正脊手法治疗椎动脉型颈椎病的临床研究[J]. 现代中西医结合杂志, 2020, 29(1): 15-19.
- WANG C A, ZHANG F, SUN T F, et al. Clinical research on the treatment of vertebral artery type of cervical spondylosis with three-dimensional balance regulating spinal manipulation[J]. Mod J Integr Tradit Chin West Med, 2020, 29(1): 15-19. Chinese.
- [42] 蔡望洲, 张燕, 陈亮. 多层螺旋 CT 血管成像是老年颈性眩晕诊断中的应用[J]. 中国老年学杂志, 2013, 33(5): 1194-1195.
- CAI W Z, ZHANG Y, CHEN L. Application of multi-slice spiral CT angiography in the diagnosis of cervical vertigo in the elderly[J]. Chin J Gerontol, 2013, 33(5): 1194-1195. Chinese.
- [43] 马红炜, 顾常庆, 杨平. 理筋九法对椎动脉型颈椎病核磁共振血管造影检查影响的临床研究[J]. 光明中医, 2021, 36(4):

- 594–597.
- MA H W, GU C Q, YANG P. Clinical study on the influence of regulating tendon nine methods on magnetic resonance angiography in cervical spondylotic vertebral artery [J]. *Guangming J Chin Med*, 2021, 36(4): 594–597. Chinese.
- [44] 张明才, 石印玉, 陈东煜, 等. 椎动脉磁共振血管成像对手法诊治椎动脉型颈椎病的研究 [J]. *中国骨伤*, 2013, 26(11): 908–912.
- ZHANG M C, SHI Y Y, CHEN D Y, et al. Clinical significance of vertebral artery MRA to vertebral artery type of cervical spondylosis: diagnosis and treatment [J]. *China J Orthop Traumatol*, 2013, 26(11): 908–912. Chinese.
- [45] THOMAS L C. Cervical arterial dissection: an overview and implications for manipulative therapy practice [J]. *Man Ther*, 2016, 21: 2–9.
- [46] CHUNG C L R, CÔTÉ P, STERN P, et al. The association between cervical spine manipulation and carotid artery dissection: a systematic review of the literature [J]. *J Manipulative Physiol Ther*, 2015, 38(9): 672–676.
- [47] RUSHTON A, CARLESSO L C, FLYNN T, et al. International framework for examination of the cervical region for potential of vascular pathologies of the neck prior to musculoskeletal intervention: international IFOMPT cervical framework [J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2023, 53(1): 7–22.
- [48] 陈奕历, 劳永华, 张少群, 等. 颈动脉粥样硬化的流体力学模型: 旋转手法下颈动脉粥样硬化斑块的血流动力学变化 [J]. *中国组织工程研究*, 2019, 23(15): 2403–2408.
- CHEN Y L, LAO Y H, ZHANG S Q, et al. Hydrodynamic model of carotid artery atherosclerosis: hemodynamic changes of carotid atherosclerotic plaques under cervical rotatory manipulation [J]. *Chin J Tissue Eng Res*, 2019, 23(15): 2403–2408. Chinese.
- [49] 吴宝烽, 冯梓誉, 雷舒扬, 等. 基于流固耦合有限元模型评估颈椎旋转手法下颈动脉粥样硬化斑块的破裂风险 [J]. *医用生物力学*, 2022, 37(4): 684–691.
- WU B F, FENG Z Y, LEI S Y, et al. Risk assessment of carotid atherosclerotic plaque rupture under cervical rotatory manipulation based on fluid-structure interaction finite element model [J]. *J Med Biomech*, 2022, 37(4): 684–691. Chinese.
- [50] PAUW R D, COPPIETERS I, CAEYENBERGHS K, et al. Associations between brain morphology and motor performance in chronic neck pain: a whole-brain surface-based morphometry approach [J]. *Hum Brain Mapp*, 2019, 40(14): 4266–4278.
- [51] TAN Y M, ZHOU F Q, WU L, et al. Alteration of regional homogeneity within the sensorimotor network after spinal cord decompression in cervical spondylotic myelopathy: a resting-state fMRI study [J]. *Biomed Res Int*, 2015, 2015: 647958.
- [52] ZHOU F Q, GONG H H, LIU X J, et al. Increased low-frequency oscillation amplitude of sensorimotor cortex associated with the severity of structural impairment in cervical myelopathy [J]. *PLoS One*, 2014, 9(8): e104442.
- [53] 金子开, 王旭, 孙凯, 等. 手法治疗颈椎病中枢镇痛机制研究进展 [J]. *中国全科医学*, 2023, 26(2): 225–232.
- JIN Z K, WANG X, SUN K, et al. Latest advances in central analgesic mechanism of osteopathic manipulative treatment for cervical spondylosis [J]. *Chin Gen Pract*, 2023, 26(2): 225–232. Chinese.
- [54] WEBER II K A, WAGER T D, MACKEY S, et al. Evidence for decreased Neurologic Pain Signature activation following thoracic spinal manipulation in healthy volunteers and participants with neck pain [J]. *Neuroimage Clin*, 2019, 24: 102042.
- [55] 张华, 王昊, 李多多, 等. 中医推拿对颈椎病慢性疼痛患者静息态脑功能默认网络的影响 [J]. *北京中医药大学学报*, 2014, 37(12): 845–850, 5–6.
- ZHANG H, WANG H, LI D D, et al. Effects of traditional Chinese tuina on Default Mode Network (DMN) of patients with chronic cervical radicular pain [J]. *J Beijing Univ Tradit Chin Med*, 2014, 37(12): 845–850, 5–6. Chinese.
- [56] 刘文正, 张昊, 杨柳, 等. 基于脑电图与功能近红外成像的工作记忆神经血管耦合分析 [J]. *生物医学工程学杂志*, 2022, 39(2): 228–236, 247.
- LIU W Z, ZHANG H, YANG L, et al. Neurovascular coupling analysis of working memory based on electroencephalography and functional near-infrared spectroscopy [J]. *J Biomed Eng*, 2022, 39(2): 228–236, 247. Chinese.
- [57] JORGE J, VAN DER ZWAAG W, FIGUEIREDO P. EEG–fMRI integration for the study of human brain function [J]. *NeuroImage*, 2014, 102 Pt 1: 24–34.
- [58] KOUPPARIS A, VON ELLENRIEDER N, KHOO H M, et al. Association of EEG–fMRI responses and outcome after epilepsy surgery [J]. *Neurology*, 2021, 97(15): e1523–e1536.
- [59] FAZLI S, MEHNERT J, STEINBRINK J, et al. Enhanced performance by a hybrid NIRS–EEG brain computer interface [J]. *Neuroimage*, 2012, 59(1): 519–529.
- [60] KELES H O, BARBOUR R L, OMURTAG A. Hemodynamic correlates of spontaneous neural activity measured by human whole-head resting state EEG+fNIRS [J]. *Neuroimage*, 2016, 138: 76–87.
- [61] SI X P, HAN S L, ZHANG K, et al. The temporal dynamics of EEG microstate reveals the neuromodulation effect of acupuncture with Deqi [J]. *Front Neurosci*, 2021, 15: 715512.
- [62] SI X P, XIANG S X, ZHANG L D, et al. Acupuncture with deqi modulates the hemodynamic response and functional connectivity of the prefrontal-motor cortical network [J]. *Front Neurosci*, 2021, 15: 693623.
- [63] 朱丹阳, 范小利, 卢山. 拔伸手法治疗神经根型颈椎病疗效及生物电改变的临床观察 [J]. *颈腰痛杂志*, 2014, 35(3): 234–235.
- ZHU D Y, FAN X L, LU S. Clinical observation on therapeutic effect and bioelectrical changes of cervical spondylotic radiculopathy treated by pulling and reaching method [J]. *J Cervicodynia Lumbodysnia*, 2014, 35(3): 234–235. Chinese.
- [64] 王军涛, 张文筹, 邹亮. 卧位牵顿手法治疗神经根型颈椎病临床研究 [J]. *山东中医杂志*, 2015, 34(4): 264–266.
- WANG J T, ZHANG W Q, ZOU L. Clinical research on treatment of nerve-root cervical spondylopathy with traction and sudden exertion manipulation of lying position [J]. *Shandong J Tradit Chin Med*, 2015, 34(4): 264–266. Chinese.
- [65] 阴涛, 罗彬, 高强, 等. 悬吊运动疗法结合推拿理筋手法对神经根型颈椎病患者上肢感觉功能的影响 [J]. *医用生物力学*, 2022, 37(1): 169–173.
- YIN T, LUO B, GAO Q, et al. Effects of suspension exercise therapy combined with soft tissue manipulation on upper limb sensory function in patients with radicular cervical spondylosis [J]. *J Med Biomech*, 2022, 37(1): 169–173. Chinese.

- [66] BANDEIRA P M, REIS F J J, SEQUEIRA V C C, et al. Heart rate variability in patients with low back pain: a systematic review [J]. *Scand J Pain*, 2021, 21(3): 426–433.
- [67] PERRY J, GREEN A, SINGH S, et al. A randomised, independent groups study investigating the sympathetic nervous system responses to two manual therapy treatments in patients with LBP [J]. *Man Ther*, 2015, 20(6): 861–867.
- [68] ZUNKE P, AUFFARTH A, HITZL W, et al. The effect of manual therapy to the thoracic spine on pain-free grip and sympathetic activity in patients with lateral epicondylalgia humeri. A randomized, sample sized planned, placebo-controlled, patient-blinded monocentric trial [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2020, 21(1): 186.
- [69] MOULSON A, WATSON T. A preliminary investigation into the relationship between cervical snags and sympathetic nervous system activity in the upper limbs of an asymptomatic population [J]. *Man Ther*, 2006, 11(3): 214–224.
- [70] PERRY J, GREEN A, SINGH S, et al. A preliminary investigation into the magnitude of effect of lumbar extension exercises and a segmental rotatory manipulation on sympathetic nervous system activity [J]. *Man Ther*, 2011, 16(2): 190–195.
- [71] LASCURAIN-AGUIRREBEÑA I, NEWHAM D J, GALINDEZ-IBARBENGOETXEA X, et al. Association between sympathoexcitatory changes and symptomatic improvement following cervical mobilisations in participants with neck pain. A double blind placebo controlled trial [J]. *Musculoskelet Sci Pract*, 2019, 42: 90–97.
- [72] GALAASEN BAKKEN A, AXÉN I, EKLUND A, et al. The effect of spinal manipulative therapy on heart rate variability and pain in patients with chronic neck pain: a randomized controlled trial [J]. *Trials*, 2019, 20(1): 590.
- [73] GALAASEN BAKKEN A, EKLUND A, HALLMAN D M, et al. The effect of spinal manipulative therapy and home stretching exercises on heart rate variability in patients with persistent or recurrent neck pain: a randomized controlled trial [J]. *Chiropr Man Therap*, 2021, 29(1): 48.
- [74] ABENAVOLI A, BADI F, BARBIERI M, et al. Cranial osteopathic treatment and stress-related effects on autonomic nervous system measured by salivary markers: a pilot study [J]. *J Bodyw Mov Ther*, 2020, 24(4): 215–221.
- [75] SAMPATH K K, BOTNMARK E, MANI R, et al. Neuroendocrine response following a thoracic spinal manipulation in healthy men [J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2017, 47(9): 617–627.

(收稿日期: 2023-05-23 本文编辑: 朱嘉)