

• 临床研究 •

不同条件下旋提手法对颈椎关节突关节软骨应力的影响

卜寒梅¹ 王旭¹ 冯天笑¹ 王平² 朱立国^{1,3} 魏戌^{1,3△}

[摘要] 目的:观察不同方向及不同大小提扳力的旋提手法对颈椎关节突关节软骨的应力影响。方法:基于验证过的颈椎 C₃~C₇ 三维有限元模型,模拟颈椎左侧旋提手法,分别加载中立位、不同定位方向、相同提扳力+不同定位方向以及相同定位方向+不同大小提扳力,比较 C₃~C₇ 各节段双侧关节突关节软骨峰值应力情况。结果:在中立位时,最大峰值应力集中于双侧 C₆~C₇ 节段;在不同定位方向时,最大峰值应力集中于旋转同侧 C₄~C₅ 节段;在不同定位方向联合相同提扳力以及相同定位方向联合不同大小提扳力时,最大峰值应力均集中于旋转对侧 C₆~C₇ 节段。结论:不同方向及不同大小提扳力的旋提手法对颈椎关节突关节软骨应力集中节段均有不同影响。

[关键词] 旋提手法;颈椎;关节突关节软骨;应力;三维有限元

[中图分类号] R681.5 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1005-0205(2024)03-0035-05

DOI:10.20085/j.cnki.issn1005-0205.240307

Influence of Rotation-Traction Manipulation on Articular Cartilage Stress of Cervical Facet under Different Conditions

BU Hanmei¹ WANG Xu¹ FENG Tianxiao¹ WANG Ping² ZHU Ligu^{1,3} WEI Xu^{1,3△}

¹ Wangjing Hospital, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100102, China;

² First Teaching Hospital of Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 300381, China;

³ Beijing Key Laboratory of Traditional Chinese Orthopedics and Traumatology, Wangjing Hospital, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100102, China.

Abstract Objective: To observe the efficacy of rotation-traction manipulation with different directions and different forces on the stress of cervical facet articular cartilage. **Methods:** Based on the verified three-dimensional finite element model of cervical spine C₃ - C₇, the left cervical spine rotation-traction manipulation was simulated, and the neutral position, different positioning directions, the same lifting force combined with different positioning directions, and the same positioning direction combined with different lifting forces were respectively loaded, and the peak stress of bilateral facet articular cartilage at each segment of C₃ - C₇ was compared. **Results:** At the neutral position, the maximum peak stress was concentrated in bilateral C₆ - C₇ segments. The maximum peak stress is concentrated in the C₄ - C₅ segment on the same side of rotation at different orientation directions. When the same lifting force is combined with different positioning directions and different lifting forces are combined with the same positioning directions, the maximum peak stress is concentrated in the C₆ - C₇ segment on the opposite side of the rotation. **Conclusion:** The different directions and sizes of the lifting forces with rotation-traction manipulation have different effects on the stress concentration segments of the articular cartilage of the cervical facet.

基金项目:北京市科技新星计划交叉合作课题(20220484228)
北京市科技新星计划项目(Z191100001119025)
国家级非物质文化遗产代表性项目
(160202013000190004,102160222020130009015)

¹ 中国中医科学院望京医院(北京,100102)

² 天津中医药大学第一附属医院

³ 中医正骨技术北京市重点实验室

△通信作者 E-mail: weixu.007@163.com

Keywords: rotation-traction manipulation; cervical vertebra; articular cartilage; stress; three-dimensional finite element

颈椎病是常见的慢性退行性筋骨疾病,其发病率逐年升高且有年轻化的趋势^[1-2]。旋提手法是治疗颈椎病的中医骨伤科特色手法,本团队前期研究已明确

量化旋提手法的力学参数特征及范围^[3-6]。关节突关节是颈椎后柱的重要组成部分,对颈椎功能活动及头部稳定性起重要作用,且与颈椎病的发生与发展有密切关系^[7]。基于此,本研究运用三维有限元技术,模拟不同方向及不同大小提扳力,分析旋提手法对颈椎关节突关节软骨的应力效应,现报告如下。

1 研究对象和方法

1.1 研究对象

选取天津中医药大学第一附属医院健康志愿者,男,年龄 32 岁,身高 172 cm,体重 67 kg,经过临床影像学检查排除颈椎骨折、畸形、结核、肿瘤等情况,体格检查未见异常,未引出病理反射。本研究征得该志愿者同意并签署知情同意书。本研究通过天津中医药大学第一附属医院伦理委员会批准(TYLL2020[K]字 031)。由医学影像科技师采用美国通用公司 64 排螺旋 CT 扫描仪(GE Discovery CT750 HD)对志愿者颈椎进行连续扫描,层厚为 0.625 mm,球管电压为 150 kV,球管电流为 200 mA,扫描矩阵为 512×512,扫描数据以 DICOM 格式直接存储。

1.2 试验设备及软件

由天津中医药大学第一附属医院影像科提供 64 排螺旋 CT 扫描机(型号为 GE Discovery CT750 HD)。计算机处理器为 Intel Xeon(至强)E5-2683 v3@2.00 GHz(X2),主板为华硕 Z10PE-D16 Series(Wellsburg);物理内存为 192 GB(DDR4,2 133 MHz);硬盘为金士顿 SA400S37240G(240 GB/固态硬盘);显卡为 Nvidia GeForce GT 1030(2 GB/七彩虹);显示器为飞利浦 PHL C11D PHL 226V6(21.5 英寸);软件环境为 64 位 Windows10 系统。医学有限元建模软件为 Mimics 21.0(Materialise 公司,比利时),逆向工程软件为 Geomagic Wrap 2017(Geomagic 公司,美国),三维建模处理软件为 SolidWorks 2017(SolidWork 公司,美国),有限元分析软件为 Ansys 17.0(Ansys 公司,美国)。

1.3 方法

1.3.1 C₃~C₇ 三维有限元模型建立 利用 Mimics 21.0 软件读取颈椎 DICOM 格式图像文件,通过阈值分割、区域增长、擦除、填充等功能提取 C₃~C₇ 信息,通过三维重建功能重建 C₃~C₇ 的颈椎骨性结构,以点云格式文件将模型输出,保存为 STL 格式文件。将 C₃~C₇ 模型导入 Geomagic Wrap 2017 软件进行光滑及自动拟合曲面抛光打磨处理,并划分皮质骨和松质骨,生成几何实体模型,以 STP 格式文件输出。将 C₃~C₇ 模型导入 SolidWorks 2017 软件中组成装配体,在 C₃~C₇ 骨性结构模型的基础上进行纤维环、髓核、软骨终板及关节突关节软骨的建模,见图 1。在 Ansys 17.0 软件中建立韧带,韧带包括前纵韧带、后纵韧带、黄韧带、关节囊韧带、棘间韧带及棘上韧带。在 Ansys 17.0 软件中建立各部分结构的材料属性并导入分析队列,进行材料属性赋予、相互关系定义和网格划分。材料属性均定义为线性、均质、各向同性,相关材料属性参数均来源于文献[8-10]。C₃~C₇ 三维有限元模型的各部分结构材料属性见表 1。关节突关节摩擦系数设定为 0.1,其余各个部分的相互关系设定为绑定。最后,颈椎 C₃~C₇ 有限元模型中共有网格节点数量为 406 964 个,网格单元数量为 248 915 个。

带、棘间韧带及棘上韧带。在 Ansys 17.0 软件中建立各部分结构的材料属性并导入分析队列,进行材料属性赋予、相互关系定义和网格划分。材料属性均定义为线性、均质、各向同性,相关材料属性参数均来源于文献[8-10]。C₃~C₇ 三维有限元模型的各部分结构材料属性见表 1。关节突关节摩擦系数设定为 0.1,其余各个部分的相互关系设定为绑定。最后,颈椎 C₃~C₇ 有限元模型中共有网格节点数量为 406 964 个,网格单元数量为 248 915 个。

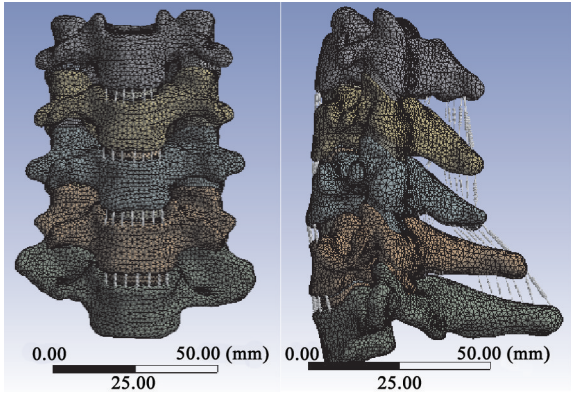


图 1 颈椎 C₃~C₇ 三维有限元模型

表 1 C₃~C₇ 三维有限元模型的各部分结构材料属性

材料	单元类型	单元数 /个	弹性模量 /MPa	泊松比	截面积 /mm ²
皮质骨	Solid187	164 239	12 000	0.300	
松质骨	Solid187	62 520	500	0.300	
软骨	Solid187	5 486	50	0.300	
终板	Solid187	6 500	1 000	0.300	
纤维环	Solid187	3 833	3.4	0.400	
髓核	Solid187	4 489	1.3	0.495	
前纵韧带			10	0.300	6
后纵韧带			10	0.300	5
黄韧带			1.5	0.300	5
关节囊韧带	Shell181	1 848	10	0.300	46
棘间、棘上韧带			1.5	0.300	10

1.3.2 C₃~C₇ 三维有限元模型验证 对 C₃ 椎体上表面及关节突关节施加 60 N 轴向压力和 1 N·m 的扭矩,以模拟头颅及 C₁~C₂ 椎体重力下的颈椎前屈、后伸、侧屈及旋转活动,对 C₇ 椎体下表面进行完全约束。将本研究建立的 C₃~C₇ 三维有限元模型各节段的活动范围与以往相关研究相应节段活动范围进行比较,以验证本研究模型的有效性。

1.3.3 旋提手法的模拟加载方案 本研究认为在理想状态下人体颈椎是左右对称的,虽然旋提手法是左、右双侧操作,但是本研究仅模拟左侧旋提手法操作。提取旋提手法智能教学机器人系统(规格型号为 XT-02)中标准化力学参数以模拟旋提手法操作过程,具体步骤如下:首先,加载人体头颅及颈椎 C₁~C₂ 椎体重力约 60 N,固定 C₇ 椎体下表面,保持中立位;然后,加

载不同定位方向(旋转 65°屈曲 20°,旋转 80°屈曲 25°和旋转 90°屈曲 30°);接着,加载垂直向上不同大小的提扳力(77.22,108.49,139.75 N)。以上所有加载数据来源于本团队前期研究^[5-6],具体加载方案见表 2。

表 2 模拟不同方向及提扳力条件下的旋提手法方案

编号	角度			提扳加载力	加载力		
	旋转/(°)	屈曲/(°)	再旋转/(°)		最小值/N	平均值/N	最大值/N
1	0	0	0				
2	60	20	5				
3	70	25	10				
4	75	30	15				
5	60	20	5	提扳力		108.49	
6	70	25	10	提扳力		108.49	
7	75	30	15	提扳力		108.49	
8	70	25	10	提扳力	77.22		
9	70	25	10	提扳力			139.75

1.4 观察指标

分别观察中立位、不同定位方向、相同提扳力+不同定位方向、相同定位方向+不同大小提扳力条件下,C₃~C₇ 各节段双侧关节突关节软骨峰值应力情况。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 23.0 软件及 Graphpad Prism 9.1 软件进行统计学分析和图形绘制。不同定位方向或不同大小提扳力的 C₃~C₇ 双侧关节突关节软骨应力比较采用随机区组设计方差分析,两两比较采用 LSD 检

验, $P<0.05$ 差异有统计学意义。

2 结果

2.1 C₃~C₇ 三维有限元模型验证

本研究构建的颈椎 C₃~C₇ 三维有限元模型与文献[11-12]数据分别在颈椎前屈、后伸、侧屈和旋转工况下的椎体活动度进行对比,见图 2。结果发现所建模型的各节段活动度与文献结果类似,说明本研究模型能较好地模拟正常颈椎活动,可用于后续的研究分析。

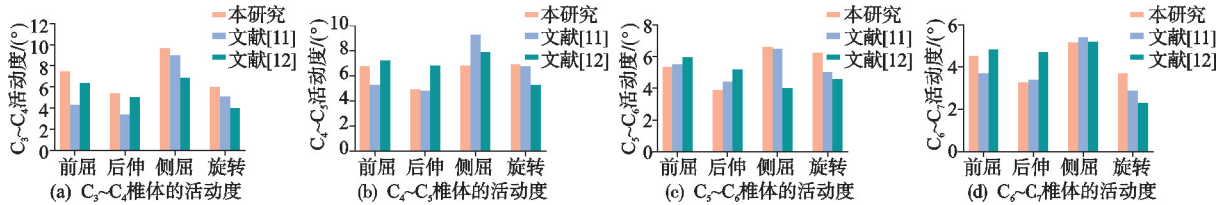


图 2 正常颈椎 C₃~C₇ 三维有限元模型的验证

2.2 不同定位方向 C₃~C₇ 双侧关节突关节软骨峰值应力

分别加载中立位、旋转 65°屈曲 20°、旋转 80°屈曲

25°和旋转 90°屈曲 30°,分析不同定位方向条件下 C₃~C₇ 双侧关节突关节软骨的峰值应力,见表 3。

由表 3 可见,中立位时 C₃~C₇ 双侧关节突关节软

表 3 不同定位方向 C₃~C₇ 双侧关节突关节软骨峰值应力

不同定位方向	侧别	C ₃ ~C ₄ /MPa	C ₄ ~C ₅ /MPa	C ₅ ~C ₆ /MPa	C ₆ ~C ₇ /MPa	F	P
中立位	右侧	0.27	0.91	1.41	1.58	3.41	0.162
	左侧	0.15	0.71	1.12	1.64		
旋转 65°屈曲 20°	右侧	4.42 ¹⁾	7.10 ¹⁾	6.70 ¹⁾	6.06 ¹⁾	75.20	0.003
	左侧	6.16 ²⁾	9.92 ²⁾	9.49 ²⁾	9.18 ²⁾		
旋转 80°屈曲 25°	右侧	4.55 ¹⁾	7.43 ¹⁾	7.24 ¹⁾	6.29 ¹⁾	83.57	0.003
	左侧	6.53 ²⁾	10.69 ²⁾	10.09 ²⁾	9.64 ²⁾		
旋转 90°屈曲 30°	右侧	4.70 ¹⁾	7.65 ¹⁾	7.83 ¹⁾	6.45 ¹⁾	87.31	0.003
	左侧	7.02 ²⁾	11.12 ²⁾	10.53 ²⁾	10.17 ²⁾		

注:1)与中立位右侧关节突关节软骨峰值应力相比, $P<0.001$;2)与中立位左侧关节突关节软骨峰值应力相比, $P<0.001$ 。

骨之间的峰值应力差异无统计学意义($P>0.05$),最大峰值应力均在 C₆~C₇ 节段,不同定位方向的双侧关节突关节软骨的峰值应力与中立位时差异均有统计学意义($P<0.05$)。相同定位方向的双侧关节突关节软骨之间的峰值应力差异有统计学意义($P<0.05$),且左侧均

大于右侧,其中以 C₄~C₅ 节段左侧的峰值应力最大。

2.3 相同提扳力+不同定位方向 C₃~C₇ 双侧关节突关节软骨峰值应力

分别加载旋转 65°屈曲 20°、旋转 80°屈曲 25°和旋转 90°屈曲 30°,然后予相同垂直向上的提扳力 108.49 N,

分析相同提扳力+不同定位方向条件下C₃~C₇ 双侧关节突关节软骨的峰值应力,见表4。

表4 相同提扳力+不同定位方向 C₃~C₇ 双侧关节突关节软骨峰值应力

不同定位方向	侧别	C ₃ ~C ₄ /MPa	C ₄ ~C ₅ /MPa	C ₅ ~C ₆ /MPa	C ₆ ~C ₇ /MPa	F	P
旋转 65°屈曲 20°	右侧	2.72	3.86	3.93	5.97	183.35	0.001
	左侧	2.25	3.30	3.39	5.57		
旋转 80°屈曲 25°	右侧	2.98	4.41	4.57	5.92	8.94	0.058
	左侧	2.01	3.71	3.74	5.90		
旋转 90°屈曲 30°	右侧	3.25 ¹⁾	5.36 ¹⁾	5.51 ¹⁾	6.16 ¹⁾	33.05	0.010
	左侧	2.56	4.69	4.20	4.95		

注:1)相同提扳力下,与旋转 65°屈曲 20°右侧关节突关节软骨峰值应力相比, $P<0.05$ 。

由表4可见,加载相同提扳力,旋转 65°屈曲 20°与旋转 90°屈曲 30°的 C₃~C₇ 右侧关节突关节软骨峰值应力差异有统计学意义($P<0.05$),不同定位方向下的 C₃~C₇ 左侧关节突关节软骨峰值应力差异均无统计学意义($P>0.05$)。加载相同提扳力,旋转 65°屈曲 20°以及旋转 90°屈曲 30°时双侧关节突关节软骨之间的峰值应力差异有统计学意义($P<0.05$),且右侧大

于左侧,其中以 C₆~C₇ 节段右侧的峰值应力最大。

2.4 相同定位方向+不同大小提扳力 C₃~C₇ 双侧关节突关节软骨峰值应力

加载旋转 80°屈曲 25°的定位方向,分别予大小不同垂直向上的提扳力 77.22,108.49,139.75 N,分析相同定位方向+不同提扳力条件下 C₃~C₇ 双侧关节突关节软骨峰值应力大小情况,见表5。

表5 相同定位方向+不同提扳力 C₃~C₇ 双侧关节突关节软骨峰值应力

提扳力/N	侧别	C ₃ ~C ₄ /MPa	C ₄ ~C ₅ /MPa	C ₅ ~C ₆ /MPa	C ₆ ~C ₇ /MPa	F	P
77.22	右侧	2.39	3.49	3.79	5.90	11.22	0.044
	左侧	1.69	2.84	2.97	5.83		
108.49	右侧	2.98	4.41	4.57	5.92	8.943	0.058
	左侧	2.01	3.71	3.74	5.90		
139.75	右侧	3.58 ¹⁾	5.35 ¹⁾	5.36 ¹⁾	5.92 ¹⁾	40.36	0.008
	左侧	2.96 ²⁾	4.82 ²⁾	4.58 ²⁾	5.57 ²⁾		

注:1)与提扳力为 77.22 N 的右侧关节突关节软骨峰值应力相比, $P<0.05$;2)与提扳力为 77.22 N 的左侧关节突关节软骨峰值应力相比, $P<0.05$ 。

由表5可见,加载相同定位方向,提扳力为77.22 N 和 139.75 N 的双侧关节突关节软骨峰值应力差异均有统计学意义($P<0.05$)。加载相同定位方向,提扳力为 77.22 N 和 139.75 N 的双侧关节突关节软骨之间的峰值应力差异均有统计学意义($P<0.05$),且右侧大于左侧,其中以 C₆~C₇ 节段右侧的峰值应力最大。

3 讨论

三维有限元分析是指运用数学近似的方法对真实物理系统(几何和载荷工况)进行模拟,用有限数量的简单而又相互作用的元素(即单元)去逼近无限未知量的真实系统。由于颈椎相关的基础实验没有统一的动物造模标准,而离体实验对标本的质量及来源要求较高且获取较困难,费用昂贵,因此三维有限元分析方法的可操作性、可重复性、实用性等优点更适合于颈椎相关力学机制的研究^[13]。中医骨伤手法操作是一个动态且连续的过程,手法作用于机体的力学效应会随体位方向、受力面积、受力大小等众多因素的变化而变化^[14]。因此,本研究借助三维有限元的分析方法阐述不同定位方向和不同大小提扳力条件下旋提手法对颈椎关节突关节软骨应力的影响。

本研究结果发现,C₃~C₇ 双侧关节突关节软骨的峰值应力分布特点在中立位、不同定位方向及提扳过程时不尽相同。其应力集中分布的特点分别为双侧 C₆~C₇ 节段、旋转同侧 C₄~C₅ 节段及旋转对侧 C₆~C₇ 节段。这种变化特点体现旋提手法对颈椎关节突关节软骨应力集中的动态调整过程。冯敏山等^[15]运用生物力学材料实验机在新鲜颈段标本(C₂~C₇)上模拟牵引、不同作用力(50,150,25 N)及不同定位角度(中立位、旋转 70°、前屈 10°、前屈 20°)的旋提手法,并比较不同定位角度的旋提手法对髓核内压力影响,结果发现不同定位角度的髓核应力主要集中于旋转同侧 C₄~C₅ 节段之间。这与本研究不同定位方向时关节突关节软骨的峰值应力集中于旋转同侧 C₄~C₅ 节段相似,说明旋提手法在不同定位状态的关节突关节软骨和髓核可能产生相似节段的应力集中现象。另外,郭黎平等^[16]运用三维有限元分析发现颈椎拔伸旋转手法在向上拔伸过程中应力集中部位主要在 C₃~C₄ 关节突关节,且 C₄~C₅ 及 C₅~C₆ 的关节突关节也可见应力集中现象。在整个手法施行过程中,最大应力基本上都出现在 C₆ 下关节突和右侧 C₃~C₄ 关节突关节部位。与本研究相似的是,无论旋提手法还是颈

椎拔伸旋转手法,在整个手法实施过程中最大应力均集中于 C_6 关节突关节附近。生物力学研究发现,颈椎的退行性病变易发于活动度大且受应力较大的下颈椎,尤其是 $C_5 \sim C_6$ 及 $C_6 \sim C_7$ 节段^[17],这与旋提手法操作过程中关节突关节软骨的峰值应力集中分布区域相同。

正常颈椎功能活动范围的旋转角度为 $60^\circ \sim 80^\circ$,前屈角度为 $35^\circ \sim 45^\circ$,而本研究模拟的旋转及屈曲角度是旋转 $65^\circ, 80^\circ$ 及 90° 和屈曲 $20^\circ, 25^\circ$ 及 30° 。虽然模拟旋转的角度超出人体正常最大范围,但是从研究数据结果可以看出即使在最大角度旋转 90° 屈曲 30° 且加载 108.49 N 提扳力时,颈椎关节突关节软骨的最大峰值应力约在 6.16 MPa,此结果远远小于小关节软骨表层骨折开始的应力 1 459 MPa^[18]。有研究发现颈椎主要平面运动和相关联合运动的减少是颈椎病的重要特征^[19],可见在旋提手法实际操作过程中,颈椎患者的颈椎活动范围大多会受到不同程度的限制,而小于本研究颈椎旋转屈曲的定位角度。此外,人体颈肩部有众多复杂的肌肉软组织,根据软组织的黏弹性变化规律,在高载荷的情况下,软组织的形变会迅速减慢,抗载荷的能力会明显提高。因此,旋提手法在实际操作中对于关节突关节软骨的最大应力可能会更小,这进一步说明了旋提手法的安全性。

本研究的局限及展望:1)所建立三维有限元模型主要模拟颈椎的刚性结构,没有涉及头颈肩部软组织形变对旋提手法生物力学的影响;2)只建立了下颈椎 $C_3 \sim C_7$ 模型,关于上颈椎的应力情况有待进一步阐述;3)所模拟加载的力学参数不能完全代表旋提手法实际操作过程,需要审慎对待本研究结果,合理解释本研究结论;4)在今后研究中应探索建立更加逼真真实的人体头颈部区域模型,以期待更多旋提手法与机体多系统组织器官交互作用的研究成果;5)将更加完善的旋提手法效应机制应用于临床治疗,进而提高临床疗效。

综上所述,本研究运用颈椎 $C_3 \sim C_7$ 三维有限元模型模拟了旋提手法对 $C_3 \sim C_7$ 各节段双侧关节突关节软骨的应力效应,结果表明在中立位时,应力主要集中于双侧 $C_6 \sim C_7$ 节段;在旋提手法不同定位方向下,应力主要集中于旋转同侧 $C_4 \sim C_5$ 节段;在旋提手法提扳过程中,应力主要集中于旋转对侧 $C_6 \sim C_7$ 节段。本研究为旋提手法对颈椎关节突关节软骨的应力效应机制分析提供了参考依据。

参考文献

- [1] WANG C, TIAN F, ZHOU Y, et al. The incidence of cervical spondylosis decreases with aging in the elderly, and increases with aging in the young and adult population: a hospital-based clinical analysis[J]. Clin Interv Aging, 2016, 11: 47-53.
- [2] 世界中医药学会联合会骨质疏松专业委员会, 上海中医药大学附属龙华医院, 中日友好医院, 等. 颈椎病中西医结合诊疗专家共识[J]. 世界中医药, 2023, 18(7): 918-922.
- [3] 刘广伟, 冯敏山, 朱立国, 等. 基于虚拟现实技术的旋提手法下颈椎间孔结构变化动态分析[J]. 中国组织工程研究, 2023, 27(9): 1346-1351.
- [4] 朱立国, 冯敏山, 魏戌, 等. 个体因素对颈椎旋提手法操作影响的在体力学研究[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2011, 19(9): 14-17.
- [5] 冯敏山, 朱立国, 王尚全, 等. 颈椎旋提手法教学机器人的稳定性研究[J]. 中国骨伤, 2017, 30(3): 241-246.
- [6] 霍路遥, 符碧峰, 冯天笑, 等. 颈椎旋提手法教学机器人用于旋提手法规范化培训的自身对照研究[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2021, 29(5): 6-11.
- [7] KAGAWA E, NIMURA A, NASU H, et al. Fibrous connection between cervical nerve and zygapophysial joint and implication of the cervical spondylotic radiculopathy: an anatomic cadaveric study[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2021, 46(13): E704-E709.
- [8] OTTARDI C, GALBUSERA F, LUCA A, et al. Finite element analysis of the lumbar destabilization following pedicle subtraction osteotomy[J]. Med Eng Phys, 2016, 38(5): 506-509.
- [9] LUCA A, OTTARDI C, LOVI A, et al. Anterior support reduces the stresses on the posterior instrumentation after pedicle subtraction osteotomy: a finite-element study[J]. Eur Spine J, 2017, 26(Suppl 4): 450-456.
- [10] LEE S H, IM Y J, KIM K T, et al. Comparison of cervical spine biomechanics after fixed- and mobile-core artificial disc replacement: a finite element analysis[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2011, 36(9): 700-708.
- [11] PANJABI M M, CRISCO J J, VASAVADA A, et al. Mechanical properties of the human cervical spine as shown by three-dimensional load-displacement curves[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2001, 26(24): 2692-2700.
- [12] 王宇, 雷建银, 辛浩, 等. 椎间盘退变颈椎(C_2-C_7)在正常承载与推拿下的有限元分析[J]. 中国组织工程研究, 2020, 24(27): 4278-4284.
- [13] 魏戌, 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.
- [14] 童美萍, 王辉昊, 詹红生, 等. 颈椎整骨手法的运动学与动力学研究[J]. 医用生物力学, 2023, 38(1): 65-70.
- [15] 冯敏山, 韩昶晓, 梁栋柱, 等. 旋提手法对下颈椎椎体位移影响的体外生物力学特征[J]. 中国组织工程研究, 2023, 27(18): 2820-2823.

疗周期能够达到比较好的治疗效果,但由于样本量少、存在个体差异等,对试验的结果可能存在影响。今后还需要建立神经根型颈椎病动物模型,深入探讨定点旋转手法治疗频率对椎体周围肌肉筋膜和关节突关节囊松弛程度的影响。

参考文献

- [1] KULIGOWSKI T, SKRZEK A, CIELIK B. Manual therapy in cervical and lumbar radiculopathy: a systematic review of the literature [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, 18(11): 6176.
- [2] 钟仲, 周红海, 徐毅高, 等. 颈椎定点旋转手法研究进展[J]. *颈腰痛杂志*, 2021, 42(3): 419-420.
- [3] 刘广伟, 冯敏山, 朱立国, 等. 基于虚拟现实技术的旋提手法下颈椎间孔结构变化动态分析[J]. *中国组织工程研究*, 2023, 27(9): 1346-1351.
- [4] 钟远鸣, 叶伟权, 邱伟, 等. 神经根型颈椎病中医药治疗进展[J]. *辽宁中医药大学学报*, 2022, 24(3): 5-9.
- [5] 李鹏, 朱安宁, 程文静, 等. 晕推浅析[J]. *中华中医药杂志*, 2021, 36(1): 527-529.
- [6] 孙树椿, 张军, 王立恒, 等. 旋转手法对颈椎髓核内压力影响的实验研究[J]. *中国骨伤*, 2010, 23(1): 34-38.
- [7] 祁冀, 张少群, 张磊, 等. 颈椎旋转手法对颈动脉重度粥样硬化斑块稳定性的影响[J]. *中华中医药杂志*, 2018, 33(7): 2776-2780.
- [8] 陈小刚, 韦坚. 韦氏骨伤手法集成[M]. 南宁: 广西科学技术出版社, 2019: 58-61.
- [9] 李义凯. 手法治疗颈椎病的若干问题[J]. *中医正骨*, 2018, 30(3): 4-6.
- [10] 高一城, 王继红, 王海宽, 等. 推拿治疗量-效关系的研究思路及优化[J]. *时珍国医国药*, 2019, 30(12): 2951-2953.
- [11] 韩芳苗, 徐兆辉, 张万标, 等. 定点旋转复位手法对神经根型颈椎病椎间孔面积的影响[J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2021, 29(8): 54-57.
- [12] 陈黎明, 许根荣, 郭盛君, 等. 仰卧定点复位法治疗神经根型颈椎病中手法发力方向对疗效的影响[J]. *中华中医药杂志*, 2020, 35(4): 2189-2192.
- [13] 罗鹏飞, 李宁, 谢兴文, 等. 基于“筋骨平衡”理论探讨旋转手法治疗颈椎病的生物力学机制研究进展[J]. *中医正骨*, 2020, 32(9): 46-49.
- [14] 韦坚, 曹亚飞, 陈小砖, 等. 国医大师韦贵康以“脊督一体论”治疗脊柱相关疾病经验[J]. *上海中医药杂志*, 2021, 55(12): 2-5.
- [15] 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.
- [16] 赵勇, 方维, 闫安, 等. 肩胛肌筋膜炎软组织张力与颈椎生理曲度改变相关性探讨[J]. *中国骨伤*, 2014, 27(5): 376-378.
- [17] 张帅攀, 朱清广, 孔令军, 等. 基于“筋骨平衡”理论探讨推拿治疗颈椎病的生物力学内涵[J]. *时珍国医国药*, 2020, 31(1): 160-162.
- [18] 周红海, 陈龙豪, 苏少亭. 颈椎定点旋转手法应用技术心得概要[J]. *中国中医急症*, 2021, 30(1): 81-83.
- [19] 赵宝林, 张忠君, 马洪顺. 人颈椎后纵韧带黏弹性实验研究[J]. *北京生物医学工程*, 2005(2): 120-124.
- [20] 邓真, 詹红生, 李国中, 等. 颈椎旋扳法对“骨错缝”颈椎应力作用的有限元分析[J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2021, 29(10): 37-42.
- [21] 何生华, 闻庆汉, 樊云, 等. 闻庆汉教授推拿“得气”观[J]. *时珍国医国药*, 2020, 31(5): 1251-1252.
- [22] ERNST E. Vascular accidents after neck manipulation: cause or coincidence? [J]. *Int J Clin Pract*, 2010, 64(6): 673-677.
- [23] 于海龙, 王红, 蒋龙龙, 等. 基于文献研究的推拿外治法不良事件分析与对策[J]. *天津中医药*, 2015, 32(3): 153-156.
- [24] 周鑫, 朱清广, 孔令军, 等. 提高中医推拿科学研究质量的现代方法[J]. *中华中医药杂志*, 2021, 36(8): 4785-4788.

(收稿日期: 2023-10-05)

(上接第 39 页)

- [16] 邬黎平, 陈曦, 樊继宏, 等. 颈椎拔伸旋转手法内在应力的实时监测[J]. *中国临床解剖学杂志*, 2010, 28(5): 578-581.
- [17] BONO C M, GHISELLI G, GILBERT T J, et al. North American Spine Society: an evidence-based clinical guideline for the diagnosis and treatment of cervical radiculopathy from degenerative disorders[J]. *Spine J*, 2011, 11(1): 64-72.
- [18] QUARRINGTON R D, THOMPSON-BAGSHAW D W, JONES C F. The effect of axial compression and distraction on cervical facet cartilage apposition during shear and bending motions[J]. *Ann Biomed Eng*, 2022, 50(5): 540-548.
- [19] 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.

(收稿日期: 2023-09-04)