

· 临床研究 ·

清宫正骨腰部练功法“摇椅势”动作的规范化研究

林承宇¹, 李建民¹, 朱瑶¹, 杨满红², 侯晓宙², 万田豪², 张清²

(1. 首都医科大学附属北京积水潭医院, 北京 100035;

2. 中国中医科学院望京医院, 北京 100102)

摘要 目的:探讨清宫正骨腰部练功法“摇椅势”的动作规范。方法:选择 10 位男性健康志愿者,经过统一培训后进行清宫正骨腰部练功法“摇椅势”动作锻炼。通过运动捕捉系统及分析软件提取志愿者完成该动作的运动学指标,通过分析、总结确定清宫正骨腰部练功法“摇椅势”的动作规范。结果:纳入的 10 位男性健康志愿者,年龄 25 ~ 29 岁,中位数 26.5 岁;身高 173 ~ 183 cm,中位数 175.5 cm;体质量指数 20.53 ~ 23.96 kg · m⁻²,中位数 22.5 kg · m⁻²。志愿者完成“摇椅势”的动作总时长为 (6.21 ± 1.57) s;处于“抱膝位”时的头部垂直位移为 (592.56 ± 47.03) mm,膝部垂直位移为 (329.00 ± 49.78) mm,踝部垂直位移为 (158.28 ± 56.56) mm,腰部前屈角度为 12.09° ± 4.35°,髋关节屈曲角度为 49.13° ± 7.23°,膝关节屈曲角度为 91.81° ± 10.24°;在腰部屈曲阶段,志愿者头部垂直方向的线速度为 (387.89 ± 119.83) mm · s⁻¹,头部屈曲角速度为 (1.234 ± 0.369) rad · s⁻¹,腰部屈曲角速度为 (0.129 ± 0.047) rad · s⁻¹,髋部屈曲角速度为 (0.561 ± 0.236) rad · s⁻¹。结论:应用清宫正骨腰部练功法“摇椅势”动作锻炼时,动作应和缓,不可过急、过猛(时间不少于 6 s);抱膝时应尽量屈髋屈膝(髋关节屈曲不少于 45°,膝关节屈曲 90°),保持头部最高、膝关节次之、踝关节最低,侧面观时头、膝、踝三点近似处在同一直线的状态,脊柱成弧形。

关键词 运动疗法;规范化;椎间盘移位;腰椎;运动学分析;运动捕捉

A study of normalization of rocking-chair postural motion in Qinggong Zhenggu(清宫正骨) lumbar exercises

LIN Chengyu¹, LI Jianmin¹, ZHU Yao¹, YANG Manhong², HOU Xiaozhou², WAN Tianhao², ZHANG Qing²

1. Beijing Jishuitan Hospital, Capital Medical University, Beijing 100035, China

2. Wangjing Hospital of CACMS, Beijing 100102, China

ABSTRACT **Objective:** To explore the norms of the rocking-chair postural motion in the Qinggong Zhenggu(清宫正骨, QGZG) lumbar exercises. **Methods:** Ten healthy male volunteers were selected and instructed to perform the rocking-chair postural QGZG lumbar exercises after a unified training. The kinematic indexes of volunteers performing the motion were extracted by using a motion capture system with the built-in analysis software, and the norms of rocking-chair postural QGZG lumbar exercises were determined through analyzing and summarizing the collected kinematic indexes. **Results:** The volunteers, between the ages of 25 and 29 (Median = 26.5 yrs), ranged in body height from 173 to 183 cm (Median = 175.5 cm) and body mass index from 20.53 to 23.96 kg/m² (Median = 22.5 kg/m²). The total duration for the volunteers to finish the rocking-chair postural motion was 6.21 ± 1.57 seconds. The vertical displacements of the head, knee and ankle were 592.56 ± 47.03, 329.00 ± 49.78, and 158.28 ± 56.56 mm, respectively; and the lumbar anteflexion angle, hip flexion angle and knee flexion angle were 12.09 ± 4.35, 49.13 ± 7.23, and 91.81 ± 10.24 degrees respectively when the volunteers being in the knee-holding position. In the lumbar flexion stage, the linear velocity of the head in the vertical direction was 387.89 ± 119.83 mm/s, and the head, lumbar and hip flexion angular velocities were 1.234 ± 0.369, 0.129 ± 0.047, and 0.561 ± 0.236 rad/s, respectively. **Conclusion:** The rocking-chair postural motion should be gentle and slow, not too hurried or vigorous (with a duration of no less than 6 seconds) when doing the QGZG lumbar exercises. Flex the hips and knees as much as possible (with hip flexion for no less than 45 degrees and knee flexion of 90 degrees) when holding the knees, and keeping the head in the highest position, the knee next, and the ankle lowest; furthermore, the head, knee, and ankle should be approximately in a straight line with the spine keeping arc-shaped when viewed from the side.

Keywords exercise therapy; normalization; intervertebral disc displacement; lumbar vertebrae; kinematics analysis; motion capture

基金项目:北京市医院管理中心“北京市属医院科研培育计划”项目(PZ2024005);北京积水潭医院青年基金项目(QN202303)

通讯作者:朱瑶 E-mail: peterzhuyao2013@163.com

大部分腰椎间盘突出症(lumbar disc herniation, LDH)患者可以通过积极的非手术治疗缓解症状。功能锻炼是其中一项重要的非手术治疗措施,已被多个 LDH 临床诊疗指南推荐^[1-3]。但我们注意到,目前临床中对患者的功能锻炼指导仍较为粗浅和笼统。因此,进行腰部功能锻炼动作的规范化研究,确保锻炼动作的准确性和规范性十分必要。运动捕捉技术通过在时域上跟踪一些关键点的运动来记录生物运动特征,将其转换成可用的数学表达,并合成一个单独的三维运动模型^[4-5]。近年来,该技术在医学领域的应用范围不断拓展^[6-11]。目前,在中医骨伤领域,运动捕捉技术主要用于采集脊柱手法操作过程中的运动学数据,进而探讨手法的运动学作用机理^[12-13]。腰部练功法“摇椅势”是一种符合腰椎生理功能、生理状态的腰部功能锻炼方法,源于国家级非物质文化遗产代表性项目“清宫正骨”^[14-15]。本研究通过运动捕捉技术对清宫正骨腰部练功法“摇椅势”动作进行了规范化研究,以期为该动作的规范化提供数据支持。

1 临床资料

1.1 一般资料 从中国中医科学院在读研究生中选择 10 位健康志愿者作为研究对象。试验方案经过中国中医科学院望京医院伦理委员会审查通过,伦理批件号:WJEC-YJS-2021-008-P004。

1.2 纳入标准 ① 男性;② 年龄 25 ~ 29 岁;③ $173\text{ cm} \leq \text{身高} \leq 183\text{ cm}$;④ $20\text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \leq \text{体质量指数} \leq 24\text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$;⑤ 腰部活动正常,能够规范完成“摇椅势”动作。

1.3 排除标准 ① 患有腰椎疾病或有腰椎手术史者;② 既往有腰痛或腰部活动受限症状者;③ 合并其他研究者认为不宜参与本研究的疾病者。

2 方法

2.1 试验设备 运动捕捉系统由中医正骨技术北京市重点实验室提供,该系统由 13 个固定 Optitrack 运动捕捉镜头(Prime 13, 130 万像素, Natural Point 公司)组成,系统精度为 0.01mm,记录速度为每秒 120 帧;运动捕捉紧身衣(Natural Point 公司),包括衣服和帽子,可固定轻质反射球作为标志点。运动捕捉系统通过记录每个标志点产生的运动轨迹,并进行数据转换实现三维图像重建^[16]。分析软件包括 Optitrack Motive 2.0.2 Final x64(Natural Point 公司)、Visual3D Professional v5.02.22 软件(C-Motion 公司)。

2.2 试验准备

2.2.1 场地标定与仪器校准 启动 Optitrack Motive 软件并激活运动捕捉系统镜头,在场地中央放置 1 个 L 形校准器,进行静态校准。测试人员手持 T 形校准器在测试现场来回走动并持续挥动 T 形校准器,根据 Optitrack Motive 软件的提示完成动态校准。

2.2.2 确定标志点 在运动捕捉紧身衣上固定 37 个轻质反射球作为标志点,分别位于头顶、前额、头右侧、胸骨、第一胸椎、双侧肩部后侧、双侧肩胛骨上缘、双侧肩峰、双侧上臂中段、双侧肱骨外上髁、双侧桡骨突、双侧尺骨突、双手背、双侧髂嵴、双侧髂前上棘、双侧大腿中下部前侧、双膝关节外侧、双侧小腿中下部(中下 1/3 处)、双侧外踝、双侧第一趾、双侧第五趾。

2.3 数据采集 志愿者入组后进行统一培训,确保数据采集过程中动作规范。《清宫正骨手法图谱》对“摇椅势”的描述为:仰卧,尽力屈髋屈膝,双手环抱两腿,十指相嵌,低头,使脊柱呈弧形^[17]。志愿者测试前 2 h 内不得进行剧烈运动。启动 Optitrack Motive 软件,志愿者穿运动捕捉紧身衣站在测试场地中央,按规范完成“摇椅势”动作,在动作极限位置(即抱膝位)停留 2 s 左右(图 1),每位志愿者采集 3 次完整数据。

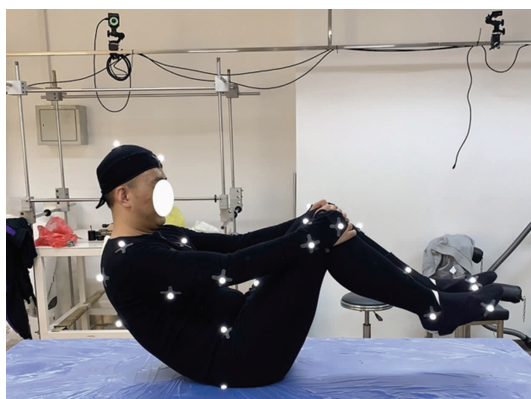
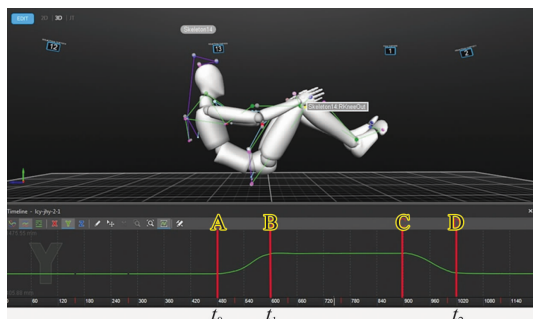


图 1 “摇椅势”动作数据采集

2.4 数据提取 提取的数据包括动作总时长;“抱膝位”时头部、腰部、髋关节及膝关节的屈曲角度,头部、膝部及踝部的垂直位移,头部、腰部、髋关节屈曲的角速度及头部在垂直方向运动的线速度。位移提取只需要 1 个标志点的连续运动轨迹,角度提取则需要提取角度的 2 个刚体各有 3 个标志点。该系统可进行 360°的数据记录,不易出现标志点遮挡,即使出现少数非关键标志点被肢体遮挡,仍然可以用其他连续

的标志点进行相关数据的提取。

2.4.1 动作总时长与垂直位移运动捕捉系统捕获标志点后,通过 Optitrack Motive 软件生成标志点的运动轨迹曲线(图 2)。



横坐标代表时间,纵坐标代表标志点的位置;AB 段代表腰部屈曲运动开始到抱膝动作的过程,BC 段代表抱膝阶段,CD 段代表身体开始下降到完全平躺的过程;X、Y、Z 代表 3 个方向,即人体冠状轴(向左为正)、矢状轴(向上为正)、垂直轴(向前为正)。

图 2 “摇椅势”动作运动轨迹曲线

根据运动轨迹曲线数值,计算动作总时长及“抱膝位”时头部垂直位移、膝部垂直位移、踝部垂直位移。动作总时长计算公式为:

$$\Delta t = (t_2 - t_0) / 120 \quad (1)$$

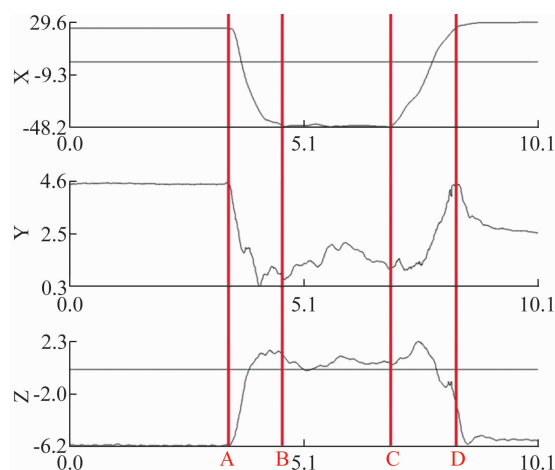
式中 Δt 代表动作总时长, t_0 代表志愿者开始屈曲运动的时间点, t_2 代表身体完全平躺时的时间点;本试验采用每秒 120 帧的速度记录,故在计算时间时除以 120。

垂直位移计算公式为:

$$\Delta Y = |Y_{\max} - Y_0| \quad (2)$$

式中 ΔY 代表垂直方向的总位移, Y_{\max} 代表抱膝阶段时矢状轴上的位置点, Y_0 代表初始位置(平躺)时矢状轴上的位置点。

2.4.2 屈曲角度将数据导入 Visual3D Professional 软件,建立三维模型,设置头部刚体和躯干刚体的坐标系。本研究中,头部统一选择头顶、前额、头右侧标志点,腰部选择双侧髂前上棘及双侧髂嵴标志点,髋部选择右侧髂前上棘、右侧髂嵴及右膝关节外侧标志点,膝部选择右膝关节外侧标志点,踝部选择右侧外踝标志点。坐标系构建完成后,构建运算模块,以 Visual3D Professional 软件自动计算上述各部位的角度数据并生成角度-时间变化曲线(图 3),从图中读取角度数据。



横坐标代表时间,纵坐标代表角度;AB 段代表腰部屈曲运动开始到抱膝动作的过程,BC 段代表抱膝阶段,CD 段代表身体开始下降到完全平躺的过程;X、Y、Z 分别代表人体的冠状轴、矢状轴及垂直轴。

图 3 “摇椅势”动作角度-时间变化曲线

2.4.3 线速度与角速度 本研究中的线速度指志愿者头部向上运动阶段(不含抱膝阶段)在垂直方向的线速度;角速度指运动过程中,头部、腰部及髋关节屈曲的速度,计算公式如下:

$$\Delta t_1 = (t_1 - t_0) / 120 \quad (3)$$

$$v = \Delta Y / \Delta t_1 \quad (4)$$

$$\omega = \Delta \theta / \Delta t_1 \quad (5)$$

式中, v 为线速度, ω 为角速度, ΔY 即公式(2)中垂直方向的总位移, Δt_1 为 AB 段的时间, $\Delta \theta$ 代表头部、腰部及髋关节的屈曲角度。

3 结 果

3.1 一般情况 纳入研究的 10 位男性健康志愿者的一般情况见表 1。

表 1 10 位男性健康志愿者的一般情况

志愿者编号	年龄/岁	身高/cm	体质量指数/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)
1	26	175	21.22
2	29	173	23.39
3	26	173	23.96
4	26	180	23.92
5	28	174	21.47
6	29	173	22.39
7	25	177	21.71
8	28	182	20.53
9	26	183	23.90
10	27	176	22.60

3.2 数据提取结果 志愿者完成“摇椅势”的动作总时长为 $(6.21 \pm 1.57) \text{ s}$;处于“抱膝位”时头部垂直位移为 $(592.56 \pm 47.03) \text{ mm}$,膝部垂直位移为 $(329.00 \pm$

49.78) mm, 踝部垂直位移为 (158.28 ± 56.56) mm, 腰部前屈角度为 $12.09^\circ \pm 4.35^\circ$, 髋关节屈曲角度为 $49.13^\circ \pm 7.23^\circ$, 膝关节屈曲角度为 $91.81^\circ \pm 10.24^\circ$; 在腰部屈曲阶段, 志愿者头部垂直方向的线速度为 (387.89 ± 119.83) mm · s⁻¹, 头部屈曲角速度为 (1.234 ± 0.369) rad · s⁻¹, 腰部屈曲角速度为 (0.129 ± 0.047) rad · s⁻¹, 髋部屈曲角速度为 (0.561 ± 0.236) rad · s⁻¹。

4 讨论

腰部功能锻炼是一个动态的过程, 涵盖了运动速度、幅度等特征, 这些皆为功能锻炼动作在运动学上的表现形式, 关系到功能锻炼动作的规范性。因此, 需要对功能锻炼的动作进行运动学参数的量化与分析。本研究采用运动捕捉系统建立了腰部练功法“摇椅势”锻炼过程的仿真模型。每位志愿者入组后均进行动作培训, 以确保数据采集过程中动作规范。同时, 由于被测试者的身高、体质量等指标均可对该动作运动学参数的测定结果产生影响, 为了获取更加规范的数据, 本研究招募的志愿者身高 173 ~ 183 cm、体质量指数 20 ~ 24 kg · m⁻²。确定这一标准的原因是: 本研究纳入的男性志愿者均为 25 ~ 29 岁的男性, 而目前我国 19 岁男性的平均身高为 175.7 cm^[18], 考虑地域及年龄因素, 故将志愿者身高范围确定为 173 ~ 183 cm; 我国成人体质量指数的正常范围为 18.5 ~ 23.9 kg · m⁻², 为进一步缩小范围, 故将志愿者体质量指数范围确定为 20 ~ 24 kg · m⁻²。

目前已有不少将运动捕捉技术应用于中医骨伤领域的研究^[19-22]。本研究通过运动捕捉系统采集志愿者进行“摇椅势”锻炼过程中的运动学数据, 对关键指标参数进行提取、分析。首先, 志愿者完成“摇椅势”运动的平均时长为 6.21 s, 提示该动作较为和缓, 训练时不可过急、过猛。其次, 在动作的抱膝阶段, 腰部平均前屈角度为 12.09°、髋关节平均屈曲角度为 49.13°、膝关节平均屈曲角度为 91.81°, 提示进行该动作时应尽力屈髋屈膝, 以充分锻炼腰腹肌群。第三, 抱膝时, 头部在垂直方向的平均位移为 592.56 mm、膝部垂直方向的平均位移为 329.00 mm、踝部垂直方向的平均位移为 158.28 mm, 这 3 组数据展示了抱膝时身体的姿态, 即头部最高, 膝关节次之, 踝关节最低, 侧面观时头、膝、踝三点近似处在同一直线上, 也符合“使脊柱成弧形”的姿势要求。第四, 腰部平均屈曲角

速度为 0.129 rad · s⁻¹、髋关节平均屈曲角速度为 0.561 rad · s⁻¹, 这提示运动过程中髋关节具有更大的角速度。既往研究表明: 从坐位到站立的初始阶段, LDH 患者的腰椎屈曲活动度明显受限, 髋关节屈曲角度增大; 恢复坐位时, 腰椎最大屈曲角度明显小于健康受试者, 髋关节外展角减小^[23]。这种脊柱活动受限的情况显然与 LDH 的病理特点有关。在拟订功能锻炼方案时, 应充分结合 LDH 患者的运动特点确定动作规范。

本研究的结果提示, 应用清宫正骨腰部练功法“摇椅势”动作锻炼时, 动作应和缓, 不可过急、过猛(时间不少于 6 s); 抱膝时应尽量屈髋屈膝(髋关节屈曲不少于 45°, 膝关节屈曲 90°), 保持头部最高、膝关节次之、踝关节最低, 侧面观时头、膝、踝三点近似处在同一直线的状态, 脊柱成弧形。本研究选取的研究对象均为健康志愿者, 运动能力与 LDH 患者存在一定差异, 后续试验将针对 LDH 患者进行研究, 以获取更加准确的数据。

参考文献

- [1] 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. 腰椎间盘突出症中西医结合诊疗专家共识[J]. 世界中医药, 2023, 18(7): 945 - 952.
- [2] 中华医学会骨科学分会脊柱外科学组, 中华医学会骨科学分会骨科康复学组. 腰椎间盘突出症诊疗指南[J]. 中华骨科杂志, 2020, 40(8): 477 - 487.
- [3] 中国康复医学会脊柱脊髓专业委员会基础研究及转化学组. 腰椎间盘突出症诊治与康复管理指南[J]. 中华外科杂志, 2022, 60(5): 401 - 408.
- [4] 黄波士, 陈福民. 人体运动捕捉及运动控制的研究[J]. 计算机工程与应用, 2005, 41(7): 60 - 63.
- [5] LARSEN F G, SVENNINGSSEN F P, ANDERSEN M S, et al. Estimation of spinal loading during manual materials handling using inertial motion capture [J]. Ann Biomed Eng, 2020, 48(2): 805 - 821.
- [6] 唐广君, 王宝剑, 李建国, 等. 摇拔戳手法治疗急性外侧踝关节扭伤的运动学量化研究[J]. 医用生物力学, 2022, 37(1): 143 - 147.
- [7] 李远栋, 王平, 李嘉钰, 等. 基于动态捕捉技术定点侧屈扳扳整颈手法在体运动学研究[J]. 辽宁中医杂志, 2019, 46(12): 2565 - 2567.
- [8] 高春雨, 王宝剑, 冯敏山, 等. 运动捕捉坐位腰椎旋转手法运动力学参数及相关影响因素[J]. 中国骨伤, 2019,

- 32(9):802-806.
- [9] 刘迪,刘卉,陶艳红,等. 颈部端提手法操作特征的动力学与运动学参数分析[J]. 上海中医药杂志, 2017, 51(12):19-22.
- [10] MOUSAVI S J, TROMP R, SWANN M C, et al. Between-session reliability of opto-electronic motion capture in measuring sagittal posture and 3-D ranges of motion of the thoracolumbar spine[J]. J Biomech, 2018, 79:248-252.
- [11] IN T S, JUNG J H, JUNG K S, et al. Effects of the multidimensional treatment on pain, disability, and sitting posture in patients with low back pain: a randomized controlled trial[J/OL]. Pain Res Manag, 2021 [2023-07-01]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34306274>.
- [12] 苏少亭. 腰椎定点旋转手法的在体运动力学量化研究[D]. 南宁:广西中医药大学, 2019.
- [13] 薛彬,李飞跃,王玮,等. 魏氏伤科“悬足压膝”手法的运动学规律和机制研究[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2016, 24(10):5-8.
- [14] 王成远,金添,孙树椿,等. 清宫正骨流派传承对中医骨伤学科发展的影响[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2023, 31(1):81-83.
- [15] 王尚全,孙树椿,陈明,等. 清宫正骨流派学术思想初探[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2017, 25(9):68-70.
- [16] 张怡颖. 基于 IMU 的人体全身运动捕捉技术与装置研究[D]. 杭州:浙江大学, 2018.
- [17] 孙树椿. 清宫正骨手法图谱[M]. 北京:中国中医药出版社, 2012:109-110.
- [18] NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC). Height and body-mass index trajectories of school-aged children and adolescents from 1985 to 2019 in 200 countries and territories: a pooled analysis of 2181 population-based studies with 65 million participants[J]. Lancet, 2020, 396(10261):1511-1524.
- [19] 李建国,高春雨,高景华,等. 基于运动捕捉系统构建摆拨截手法治疗踝关节扭伤动画仿真模型的研究[J]. 中国数字医学, 2021, 16(8):93-97.
- [20] 林东鑫,黄学成,秦庆广,等. 基于运动捕捉技术比较 2 种颈椎手法治疗后颈椎活动范围的差异[J]. 中国组织工程研究, 2021, 25(21):3281-3285.
- [21] 刘元华,冯跃,李庆兵,等. 基于三维运动捕捉技术的踝跗法运动学参数特征研究[J]. 北京中医药大学学报, 2018, 41(3):235-241.
- [22] HUANG X, LIN D, LIANG Z, et al. Mechanical parameters and trajectory of two Chinese cervical manipulations compared by a motion capture system[J]. Front Bioeng Biotechnol, 2021, 9:714292.
- [23] SÁNCHEZ-ZURIAGA D, LÓPEZ-PASCUAL J, GARRIDO-JAÉN D, et al. Reliability and validity of a new objective tool for low back pain functional assessment[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2011, 36(16):1279-1288.

(收稿日期:2023-08-03 本文编辑:李晓乐)

(上接第 13 页)

- [23] PERRY J, ROELOFS A J, MENNAN C, et al. Human mesenchymal stromal cells enhance cartilage healing in a murine joint surface injury model[J]. Cells, 2021, 10(8):1999.
- [24] 梁祖建. 补肾活血方调控 Wnt/ β -catenin 信号通路保护关节软骨的机制研究[J]. 中华中医药杂志, 2010, 25(12):2327-2330.
- [25] 孙东东,沈卫星,王卓,等. 补肾活血方中 4 种有效成分对炎性因子释放抑制活性研究[J]. 中华中医药杂志, 2015, 30(8):2674-2677.
- [26] 郑力铭,马佳凯,王威,等. 关节软骨退变相关生物学标志物研究进展[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2022, 30(3):78-84.
- [27] YAO X, SUN K, YU S, et al. Chondrocyte ferroptosis contribute to the progression of osteoarthritis [J]. J Orthop Translat, 2020, 27:33-43.

(收稿日期:2023-09-07 本文编辑:时红磊)

(上接第 19 页)

- [22] KIM H A, CHO M L, CHOI H Y, et al. The catabolic pathway mediated by Toll-like receptors in human osteoarthritic chondrocytes[J]. Arthritis Rheum, 2006, 54(7):2152-2163.
- [23] ZHAO Z, DAI X S, WANG Z Y, et al. MicroRNA-26a reduces synovial inflammation and cartilage injury in osteoarthritis of knee joints through impairing the NF- κ B signaling pathway[J]. Biosci Rep, 2019, 39(4):BSR20182025.
- [24] 曹寅生,邝高艳,危建文,等. 加味独活寄生合剂对兔膝骨关节炎模型软骨 TLR4/MyD88/NF- κ B 信号通路的影响[J]. 世界中西医结合杂志, 2023, 18(7):1273-1277.
- [25] 曹寅生,易强,邝高艳,等. 基于 TLR4/MyD88/NF- κ B 信号通路探讨追风透骨胶囊减缓兔膝关节关节炎模型软骨退变的作用机制[J]. 湖南中医药大学学报, 2023, 43(2):240-248.
- [26] CHOI M C, MARUYAMA T, CHUN C H, et al. Alleviation of murine osteoarthritis by cartilage-specific deletion of IkB ζ [J]. Arthritis Rheumatol, 2018, 70(9):1440-1449.

(收稿日期:2023-08-27 本文编辑:吕宁)