

文章编号: 1004-7220(2024)01-0151-06

马术骑手髋腰部慢性损伤的影像学 and 生物力学分析

何俊良¹, 程克强², 孙琪³, 邵明昊⁴

(1. 上海体育科学研究所(上海市反兴奋剂中心), 上海 200030; 2. 上海市马术运动管理中心, 上海 201599;
3. 上海体育大学 竞技运动学院, 上海 200438; 4. 复旦大学附属华山医院 脊柱外科, 上海 200040)

摘要:目的 通过分析专业马术骑手腰椎及髋关节影像学 and 表面肌电信息, 了解马术骑手髋部和腰部慢性疾病发病率, 探究骑手慢性疼痛的发病原因。方法 选取 25 名上海市马术运动管理中心马术骑手, 按照病史分为慢性腰部疼痛组和慢性髋部疼痛组。同时选取 12 名无髋腰部疼痛普通人作为对照组, 收集受试者髋腰部相关病史资料 and 髋腰部 X 线、磁共振成像及核心肌群表面肌电数据。结果 慢性腰痛者腰椎 JOA 评分明显低于对照组 ($P < 0.05$)。骑手慢性髋关节疼痛相对较轻, 但 Harris 评分明显低于对照组 ($P < 0.05$)。马术骑手腰部 JOA 评分与 Pfirrmann 分级明显相关。而髋部疼痛视觉模拟评分和 Harris 评分与影像学参数无明显相关性。腹直肌、竖脊肌、股直肌、臀中肌和多裂肌在骑坐姿势的均方根振幅大于正常坐位 ($P < 0.05$)。结论 马术骑手的慢性腰部疼痛发病原因主要可能与软组织过度劳损和腰椎退变相关; 腰-髋矢状位序列骨盆倾斜角和骶骨倾斜角的变化可以反映马术骑手腰部僵硬程度。

关键词: 马术骑手; 髋腰部损伤; 慢性损伤; 影像学检查; 生物力学

中图分类号: R 318.01 文献标志码: A

DOI: 10.16156/j.1004-7220.2024.01.022

Analysis of Imaging and Biomechanics of the Hip and Waist of Equestrian Riders with Chronic Injury

HE Junliang¹, CHENG Keqiang², SUN Qi³, SHAO Minghao⁴

(1. Shanghai Institute of Sports Science (Shanghai Anti-Doping Center), Shanghai 200030, China; 2. Shanghai Equestrian Sports Management Center, Shanghai 201599, China; 3. School of Athletic Performance, Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China; 4. Department of Spine Surgery, Huashan Hospital Affiliated to Fudan University, Shanghai 200040, China)

Abstract: Objective To analyze the lumbar/hip imaging and surface electromyography data of professional equestrian riders, to understand the incidence of chronic diseases in the hip and lower back of the rider, and to explore the causes of chronic pain in riders. **Methods** Twenty-five equestrian riders from the Shanghai Equestrian Sports Management Center were divided into chronic lower-back pain and chronic hip pain groups. Twelve healthy subjects without hip or lower-back pain were included in the control group. Medical history, X-ray, and magnetic resonance imaging of the hip and lower back, and surface electromyography data of the core muscle were collected. **Results** The JOA score of the lumbar spine in patients with chronic lower-back pain was significantly lower than that in the control group ($P < 0.05$). The riders had relatively mild chronic hip pain, but the Harris score was significantly lower than that of the control group ($P < 0.05$). The JOA score of the equestrian

收稿日期: 2023-07-10; 修回日期: 2023-08-30

基金项目: 上海体育科研项目 (19Z001)

通信作者: 邵明昊, 主治医师, E-mail: Shao_minghao@126.com

rider's waist significantly correlated with the Pfirrmann grading. However, the visual analog scale and Harris hip pain scores were not significantly correlated with imaging parameters. The root mean square amplitudes of the rectus abdominis, erector spinalis, rectus femoris, gluteus medius, and multifidus were greater in the riding position than in the normal sitting position ($P < 0.05$). **Conclusions** The cause of chronic lower-back pain in riders may be related to soft tissue overwork and lumbar degeneration. Changes in the lumbar-hip sagittal sequence pelvic and sacral inclination angles can reflect the degree of lumbar stiffness of the riders.

Key words: equestrian rider; hip and waist injury; chronic injury; imaging examination; biomechanics

马术运动源于战争和人类生产活动,早期以赛马为基础项目^[1]。现代马术起源于英国,且项目愈加繁多、严格、标准,其中盛装舞步赛、障碍赛、3日赛已被列为奥运会正式项目^[2]。马术作为一类高强度、高危险性的运动项目,骑手的头部、颈椎、四肢、腰椎等都面临着损伤的可能,且由于运动受力方式的原因,骑手的髋腰部慢性损伤已成常态^[3-4]。影像学检查作为一种重要的辅助诊断手段,进一步扩大了人体检查的范围和精确度,帮助医师更好了解受检者的生理状况和病理变化,为医疗工作做出了重要贡献^[5]。然而,影像学检查仅适用于损伤发生后的针对性治疗,运动过程中对主要肌肉的肌电信号测试则可以帮助研究者探究运动损伤发生的原因^[6],而肌电图则是记录和分析肌电信号的主要技术,可对肌力和肌张力做出定量评估^[7-9]。目前大部分相关研究集中于马术运动过程中损伤发生原因(主要是从马上摔倒)、不同部位损伤(腰椎、胸椎、颈椎、头部、髋关节等)及损伤预防手段(佩戴头盔、护具或增加安全教育宣传)。尤其对马术骑手来说,髋腰部的保护和训练尤为重要,可以加强骑乘的平衡与稳定性,提高马术竞技水平^[10]。目前,鲜有研究结合肌电图测试及影像学检查分析马术运动过程中损伤发生机制及预防手段。鉴于此,本文结合具有损伤史的马术骑手影像学检查资料和运动过程中的肌电图测试,进一步了解马术骑手髋、腰部慢性疾病发病率和发病原因,为马术骑手在运动过程中的损伤预防及在损伤发生后的康复治疗提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取上海市马术运动管理中心马术骑手25名作为研究对象。其中,男13名,女12名;年龄21~

50岁,平均(30.9±6.1)岁;运动年限3~18年,平均(11.3±2.0)年。将研究对象按照受伤位置分为慢性腰部疼痛组和慢性髋部疼痛组。同时,选取12名腰髋部无疼痛人群作为对照组,年龄20~40岁。

纳入标准:年龄18~60岁;患病组持续或反复发生髋部及腰部疼痛大于3个月,除髋部及腰部疼痛外并无其他突出症疾病史;在最近1年持续参与马术训练或竞赛;签署知情同意书者。

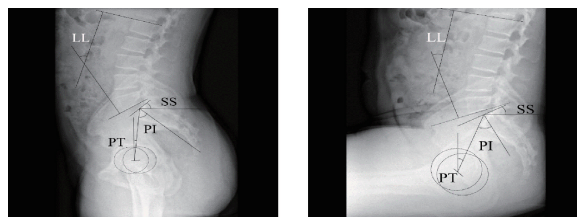
排除标准:既往接受过髋腰部手术;髋腰部损伤为交通伤、坠落伤等其他原因所致;存在凝血功能障碍;安装有金属性心导管或心脏起搏器;腰椎、骨盆或髋关节先天畸形;由于比赛或个人原因无法完成相关检查;幽闭恐惧症无法完成磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)检查者。

1.2 方法

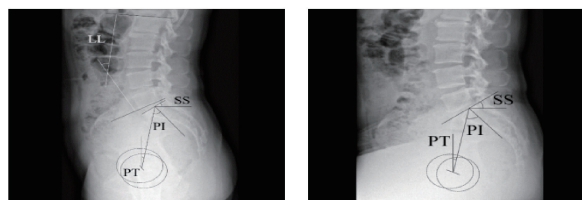
1.2.1 病史资料收集 根据运动员具体描述,详细记录运动员资料,主要包括基本资料、现病史、既往史、体格检查等。

1.2.2 临床资料收集

(1) 髋腰部X线资料。使用数字化医用X摄影系统(上海联影医疗科技有限公司,型号uDR 588i)拍摄运动员腰椎正侧和过伸过屈位片,测量腰椎前凸角度(lumbar lordosis angle, LL)、骶骨倾斜角(sacral slope, SS)、骨盆倾斜角(pelvic tilt, PT)、骨盆入射角(pelvic incidence, PI),通过PI减去LL来评估脊柱-髋关节平衡状态,当 $-10^\circ < PI - LL < 10^\circ$ 时为脊柱-髋生物力学线正常[见图1(a)], $PI - LL > 10^\circ$ 或 $PI - LL < -10^\circ$ 时为脊柱-髋生物力学线异常;通过站立位PT减去骑乘位PT获得 ΔPT , ΔPT 在 $20^\circ \sim 35^\circ$ 为脊柱活动正常, $\Delta PT < 20^\circ$ 为脊柱僵硬;通过站立位SS减去骑乘位SS获得 ΔSS ,估计两种体位下骨盆和脊柱活动度, $\Delta SS > 10^\circ$ 为脊柱活动正常, $\Delta SS < 10^\circ$ 为脊柱僵硬^[7][见图1(b)]。



(a) 脊柱活动正常



(b) 脊柱僵硬

图1 脊柱活动正常与脊柱僵硬影像对比图

Fig. 1 Comparison images of normal spinal movement and spinal stiffness (a) Normal spinal movement, (b) Spinal stiffness

注:图1(a)为1例脊柱活动正常35岁男性影像, $\Delta SS=15^\circ$, $\Delta PT=25^\circ$, $LL=35^\circ$;图1(b)为1例脊柱僵硬40岁女性患者影像,腰痛10余年, $\Delta SS=7^\circ$, $\Delta PT=15^\circ$, $LL=23^\circ$

(2) 髋腰部 MRI 资料。使用 Discovery MR750 3.0T (GE 公司, 美国) 拍摄运动员腰椎核磁共振, 并对腰椎间盘行 Pfirrmann 分级。Pfirrmann I 级: 突出间盘与神经根无接触; Pfirrmann II 级: 突出间盘与神经根接触, 神经根无移位; Pfirrmann III 级: 突出间盘与神经根接触, 神经根向后移位; Pfirrmann IV 级: 突出间盘与神经根接触, 神经根压至椎管后壁; Pfirrmann V 级: 突出间盘与神经根接触, 神经根压至椎管后壁, 并伴有椎间盘塌陷。

(3) 运动员疼痛部位及视觉模拟 (visual analogue scale, VAS) 评分^[8]、腰椎日本骨科学会 (Japanese Orthopaedic Association, JOA) 评分^[9]、髋关节 Harris 评分^[10]。其中, VAS 评分根据疼痛程度分为 0~10 分, 分数越高表示疼痛越剧烈; 腰椎 JOA 评分包括主观症状 (9 分)、临床体征 (6 分)、日常活动受限度 (14 分)、膀胱功能 (-6~0 分), 分数越低表示腰椎功能越差; 髋关节 Harris 评分包括疼痛 (44 分)、功能 (47 分)、畸形 (4 分)、活动度 (5 分), 分数越低表示髋关节功能越差。

(4) 表面肌电测试。① 依据生物力学、马术动作特征、运动解剖学知识, 选择竖脊肌、腹直肌、股直肌、股二头肌、臀中肌、多裂肌作为测试的核心肌肉;

② 采用表面肌电测试系统 (FlexComp Infiniti 10, Mega 公司, 芬兰) 以运动员骑坐姿势为测试动作对所选肌肉进行最大随意等长收缩 (maximum voluntary isometric contraction, MVIC) 测试, 每位运动员进行 3 次测量, 每 2 次测试间休息 5 min, 取最大 1 次为研究的 MVIC; ③ 计算准备时和 MVIC 测试时肌电图中稳定 3 s 的均方根振幅 (root mean square, RMS), 并利用 Megawin 肌电分析软件对 RMS 进行标准化处理将其转化为振幅数据。

1.3 观察指标

1.3.1 慢性腰痛和髋痛常见发病因素 通过所收集到的患者病史资料总结慢性髋腰部疼痛的常见诱发因素。

1.3.2 腰痛组与对照组临床资料比较 通过比较腰痛组与对照组的临床资料, 分析疼痛程度与影像学参数的相关性。

1.3.3 髋痛组与对照组临床资料比较 通过比较髋痛组与对照组的临床资料, 分析疼痛程度与影像学参数的相关性。

1.3.4 核心肌群表面肌电测试结果 分析运动员在骑坐时, 腰腹部肌群的发力情况。

1.4 统计分析

将 SPSS 19.0 软件作为统计学工具, 计量资料用 (平均值 \pm 标准差) 进行统计描述, 采用 *t* 检验进行统计分析; 计量资料间的相关性采用 Pearson 相关性分析; $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 慢性腰痛和髋痛常见发病因素

根据病史资料, 慢性腰部疼痛的主要诱因有: 寒冷刺激、持续训练、久坐、体位变化或弯腰等, 疼痛发作频率每年 3~6 次。疼痛的位置及特点: 慢性腰部疼痛组中, 10 例患者腰痛集中在腰部两侧肌肉, 2 例患者位于棘突上, 6 例患者位于腰骶交界部两侧; 慢性髋部疼痛组中, 3 例患者髋关节外展时出现疼痛, 4 例患者行走 5 km 以上时出现髋关节疼痛。所有患者通过休息或减少运动后, 症状均能获得不同程度的缓解 (见表 1)。

2.2 腰痛组与对照组临床资料比较

2 例受试者出现左侧拇趾背伸肌力减弱 (IV 级), 膝反射减弱, 余受试者双下肢肌力和反射正常。

表 1 慢性腰痛和髋痛常见发病因素

Tab. 1 Common pathogenesis of chronic low back pain and hip pain

| 疼痛部位 | 诱发疼痛因素 | 例数 |
|------|------------|----|
| 腰部 | 持续训练 | 8 |
| | 久坐 | 5 |
| | 寒冷刺激 | 5 |
| | 体位变化 | 3 |
| | 弯腰 | 2 |
| 髋部 | 行走 5 km 以上 | 4 |
| | 髋关节过度外展 | 3 |

慢性腰部疼痛组年龄高于对照组 ($P < 0.05$); 慢性腰部疼痛组 VAS 评分在腰痛发作时为 3~6 分不等, 平均 (2.4 ± 1.3) 分, 高于对照组 ($P < 0.05$); 慢性腰部疼痛组腰椎 JOA 评分为 13~25 分, 平均 (19.3 ± 5.0) 分, 低于对照组 ($P < 0.05$)。具体而言, 主观症状中以腰背痛 (1.2 ± 0.7) 评分明显减低, 日常生活受限程度中以站立约 1 h 引起腰痛 (1.4 ± 0.4)、前屈 (1.6 ± 0.4) 和坐位 (1.4 ± 0.3) 明显降低; 影像测量结果显示, 慢性腰部疼痛组 LL、 Δ PPT、 Δ SS 均低于对照组 ($P < 0.05$), PI、PT、SS 无明显差异 ($P > 0.05$)。采用 Pfirrmann 分级对所有志愿者进行评估, 结果显示, L4~5、L5~S1 椎间盘退变等级高于 L1~2、L2~3、L3~4, 在慢性腰部疼痛组中 L1~2、L2~3、L3~4 椎间盘退变等级与对照组均无明显差异 ($P > 0.05$), L4~5、L5~S1 椎间盘退变等级均高于对照组 ($P < 0.05$), 见表 2。

表 2 腰痛组与对照组基本资料及影像学测量比较 (* $P < 0.05$)

Tab. 2 Comparison of basic data and imaging measurements for lumbar pain group and control group

| 项目 | 腰痛组 | 对照组 |
|------------------|------------------|-----------------|
| 年龄 | $34.2 \pm 7.7^*$ | 29.7 ± 4.2 |
| VAS | $2.4 \pm 1.3^*$ | 0.5 ± 0.2 |
| 腰椎 JOA 评分 | $19.3 \pm 5.0^*$ | 27.3 ± 0.3 |
| LL/(°) | $29.1 \pm 8.9^*$ | 36.5 ± 10.5 |
| PI/(°) | 49.3 ± 10.1 | 51.5 ± 9.7 |
| PT/(°) | 13.3 ± 5.2 | 13.8 ± 4.4 |
| SS/(°) | 37.7 ± 8.8 | 38.3 ± 7.2 |
| Δ PPT/(°) | $19.3 \pm 4.7^*$ | 21.2 ± 4.4 |
| Δ SS/(°) | 9.7 ± 3.8 | 13.1 ± 3.1 |
| Pfirrmann 分级 | | |
| L1~2 | 1.3 ± 0.3 | 1.1 ± 0.1 |
| L2~3 | 1.3 ± 0.4 | 1.2 ± 0.2 |
| L3~4 | 1.4 ± 0.4 | 1.2 ± 0.1 |
| L4~5 | $3.3 \pm 0.3^*$ | 2.0 ± 0.2 |
| L5~S1 | $3.4 \pm 0.3^*$ | 1.4 ± 0.3 |

相关性分析显示, 患者腰部 JOA 评分与 Pfirrmann 分级 ($r = -0.637, P = 0.043$)、LL ($r = 0.613, P = 0.037$)、 Δ PPT ($r = 0.723, P = 0.031$)、 Δ SS ($r = 0.623, P = 0.044$) 明显相关。

2.3 髋痛组与对照组临床资料比较

慢性髋部疼痛组年龄高于对照组 ($P < 0.05$); 慢性髋部疼痛组 VAS 评分在发作时 1~4 分不等, 平均 (1.2 ± 0.9) 分, 高于对照组 ($P < 0.05$); 慢性髋部疼痛组 Harris 评分为 81~92 分, 平均 (86.6 ± 5.4) 分, 低于对照组 ($P < 0.05$), 见表 3。

表 3 髋痛组与对照组基本资料比较 (* $P < 0.05$)

Tab. 3 Comparison of basic data of hip pain group and control group

| 项目 | 髋痛组 | 对照组 |
|-----------|----------------|------------------|
| 年龄 | 33.2 ± 6.3 | $29.7 \pm 4.2^*$ |
| VAS | 1.2 ± 0.9 | $0.5 \pm 0.2^*$ |
| Harris 评分 | 86.6 ± 5.4 | $96.5 \pm 2.1^*$ |

髋部疼痛 VAS 和 Harris 评分与影像学参数无明显相关性 ($P > 0.05$)。

2.4 核心肌群表面肌电测试结果

腹直肌、竖脊肌、股直肌、臀中肌和多裂肌在骑坐姿势 RMS 大于正常坐位 ($P < 0.05$), 见表 4。

表 4 骑坐姿势核心肌群均方根比较 (* $P < 0.05$)

Tab. 4 Comparison of RMS of core muscles in riding position

| 肌肉 | RMS/ μ V | |
|------|------------------|----------------|
| | 骑坐姿势 | 正常坐位 |
| 竖脊肌 | $15.7 \pm 3.9^*$ | 6.2 ± 1.7 |
| 腹直肌 | $63.3 \pm 9.8^*$ | 45.9 ± 7.8 |
| 股直肌 | $42.6 \pm 6.1^*$ | 28.7 ± 5.3 |
| 股二头肌 | 13.3 ± 2.7 | 12.1 ± 2.5 |
| 臀中肌 | $20.2 \pm 3.4^*$ | 16.8 ± 3.1 |
| 多裂肌 | $24.2 \pm 4.5^*$ | 17.4 ± 3.6 |

3 讨论

慢性腰痛是指包括背部在内从胸廓下缘到臀皱褶间任何部位出现的疼痛, 其时间在 3 个月以上, 为临床常见的一种症状综合征^[15]。流行病学调查显示, 约有 10% 人群患有慢性腰痛, 且无治疗状态下超过 80% 患者终身不愈^[16]。引起慢性腰痛的原因有很多, 病理方面的主要有椎间盘突出、腰椎骨关节疾病、强直性脊柱炎、肌肉韧带的扭或挫伤、神经纤维瘤等。此外, 对腰部作用于机械应力也能

造成疼痛^[17-18]。一般而言,马术运动中的损伤主要与急性损伤有关,这种急性损伤通常是由于意外导致(例如被马甩出或踢伤等)。此外,长时间的训练或比赛也会造成骑手的躯干/下肢疼痛等慢性损伤。马匹在快速行进或做出某些技术动作时,其四肢的推动力会传递至骑手,且其身体质心移动幅度较大,骑手为了保持身体平衡,需要“协调”人与马之间的相对位置。而马鞍对人体长时间的撞击已经被证实会增加腰部疼痛的风险^[19]。马术运动员由于其职业特殊性,腰部常会遭受高负荷机械应力的刺激,慢性腰痛的发生率较普通人群更高,且会对其职业生涯造成较大影响。除临床疾病引起的继发性腰痛,马术运动员的腰痛多为运动训练所致的脊柱及骨盆稳定性异常造成^[20]。本文通过总结上海市马术运动管理中心专业马术运动员和业余骑手髋腰部疼痛的发病情况,发现骑手中慢性腰部、髋部疼痛的发病率分别为 66.6%、26.0%,该结果与既往研究结果类似^[21]。由此本文认为,马术运动中常伴有骑手腰部疼痛的出现,关注骑手的腰痛情况并对其进行深入研究,对马术运动的进一步推广具有深远意义。

本文结果显示,马术骑手腰痛的诱发因素主要为持续训练、久坐、寒冷刺激、体位变化及弯腰,髋痛患者的诱发因素主要为行走 5 km 以上、髋关节过度外展,腰痛患者的椎间盘 Pfirrmann 分级高于对照组,且在 L4~5 和 L5~S1 节段差异明显,说明伴有髋腰痛骑手的疼痛可能与肌肉等软组织、关节和腰椎间盘突出有关,推测在马术运动过程中腰部的震荡是导致腰部肌肉劳损和椎间盘退变的主要原因。本文发现,髋腰痛患者年龄均大于对照组,髋痛患者 Harris 评分、腰痛患者 JOA 评分及 LL、 Δ PPT、 Δ SS 均低于对照组,且腰痛患者 JOA 评分与 LL、 Δ PPT、 Δ SS 相关,说明骑手慢性腰部疼痛可能与腰椎的退变或脊柱的僵硬相关。经进一步对比发现,慢性腰部疼痛的骑手脊柱僵硬程度重于对照组。推测当脊柱处于僵硬状态下,需要更大的软组织力量来维持骑乘时的机体稳定性,但肌肉过劳会造成慢性腰部疼痛的反复发作和长期不愈。近年来,随着对脊柱病变的进一步认识,学者对脊柱-骨盆矢状面的平衡愈发重视^[21]。在骑行过程中,骑手的功能不对称性和姿势变异性都会发生显著的增加,因为对于马

匹和骑手而言,双方都是额外增加的“负荷”,优秀的骑手会尽量降低这种负荷对于马匹的影响。此外,优势侧也是增加平衡扰动的重要原因之一,通常情况下,优势侧的肢体用于移动,非优势侧的肢体用于支撑,这一点在马术的盛装舞步项目中尤其明显,骑手一般都是使用优势侧进行一些额外的表演动作。然而,由于左、右侧肢体通过肌肉筋膜传递的机械负荷不对等,稳定骨盆的肌肉筋膜内的张力模式就会受到影响,增加静态骨盆不对称,甚至脊柱侧弯的发病风险^[22]。对马术骑手来说,其日常生活中的站立、马术骑乘坐位及骑乘过程当中的起伏变化,均与骑手的脊柱-骨盆的矢状位平衡有着密切的联系。随着年龄的增加,机体脊柱会发生退变、骨盆及髋关节的稳定性会降低,进而造成骑手的脊柱-骨盆矢状面的排列改变,致使机体矢状位失衡,躯体稳定性变差。通过测试骑坐姿势下马术运动员的核心肌群表面肌电发现,腹直肌、竖脊肌、股直肌、臀中肌和多裂肌在骑坐姿势的 RMS 大于正常坐位,表明骑坐姿势下腹直肌、竖脊肌、股直肌、臀中肌和多裂肌等共同维持骑手中心位稳定性。核心肌群主要对机体的核心区域起固定作用,腹直肌、竖脊肌和多裂肌在维持骑手躯干稳定的同时,还能参与大幅度的躯干运动;而股直肌和臀中肌除稳定核心部位外,还具有下肢运动的支配功能。在运动训练时,腰背部的训练往往易被忽视,从而导致骑手下腰部易发生损伤,而本研究通过对骑手腰椎、骨盆及髋关节部位核心肌肉的用力进行分析,反映出了骑手骑坐状态下核心肌群的用力特征,再结合骑手腰部僵硬程度等数据,能在后续训练中给予其核心力量训练的专业指导建议,严格把控训练的量 and 度,减少损伤的发生。

本研究的局限性如下:① 样本量过少可能导致本文的部分研究存在不准确性,且骑手的等级与水平之间也存在一定的差异;② 坐位只选取了模拟骑乘坐位,而在骑手骑乘中腰部姿势并非一成不变,且日常生活中人们多会选择更为舒服的自然坐位姿势,此时的脊柱-骨盆矢状位排列可能会发生改变。因此,为了结论真实可靠,后续研究可采用进一步扩大样本量的方法来减少因研究样本过少而导致的结果误差。

4 结论

慢性腰部疼痛在骑手中是一种常见的疾病,其发病原因主要可能与软组织过度劳损和腰椎退变相关。腰-髋的矢状位序列骨盆倾斜角和骶骨倾斜角的变化可反映马术运动员脊柱僵硬程度,且随着年龄增加,腰椎活动度降低甚至僵硬可能是骑手慢性腰部疼痛致病机制之一。

利益冲突声明:无。

作者贡献声明:何俊良负责论文设计、数据统计和论文撰写;程克强、孙琪负责选题和样本采集;邵明昊负责论文指导及修改。

参考文献:

- [1] HOGG RC, HODGINS GA. Symbiosis or sporting tool? Competition and the horse-rider relationship in elite equestrian sports [J]. *Animals*, 2021, 11(5): 1352-1355.
- [2] NORTHROP AJ, MARTIN JH, PETERSON ML, *et al.* The challenges of equestrian arena surfaces: The unprecedented use of a raised platform at the 2012 olympic games [J]. *J Equine Vet Sci*, 2021, 109(11): 103-108.
- [3] GATES JK, LIN CY. Head and spinal injuries in equestrian sports: update on epidemiology, clinical outcomes, and injury prevention [J]. *Curr Sports Med Rep*, 2020, 19(1): 17-23.
- [4] ELMEUA GONZÁLEZ M, ŠARABON N. Muscle modes of the equestrian rider at walk, rising trot and canter [J]. *PLoS One*, 2020, 15(8): 723-727.
- [5] BERGEN TA, MESROPYAN NA, SMAGINA AV. Magnetic-resonance imaging under degenerative changes in lumbar spine: State of the art [J]. *Zh Vopr Neirokhir Im N N Burdenko*, 2019, 83(4): 104-112.
- [6] 李男, 檀志宗, 叶晶龙, 等. 腰痛羽毛球运动员的功能评估 [J]. *体育科研*, 2017, 38(6): 82-86.
- [7] 张瑞轩, 张绪树, 郭媛, 等. 基于表面肌电信号的手势识别与分析 [J]. *医用生物力学*, 2022, 37(5): 818-825.
ZHANG RX, ZHANG XS, GUO Y, *et al.* Recognition and analysis of hand gesture based on sEMG signals [J]. *J Med Biomech*, 2022, 37(5): 818-825.
- [8] 李素姣, 朱越, 吴坤, 等. 基于多模态信息融合的肘关节连续运动估计 [J]. *医用生物力学*, 2023, 38(2): 324-330.
LI SJ, ZHU Y, WU K, *et al.* Continuous motion estimation of elbow joint based on multi-modal information fusion [J]. *J Med Biomech*, 2023, 38(2): 324-330.
- [9] 唐源敏, 罗雪芹, 孙继明, 等. 痉挛型脑瘫儿童手术后表面肌电信号和关节角度评估 [J]. *医用生物力学*, 2022, 37(4): 726-732.
TANG YM, LUO XQ, SUN JM, *et al.* Assessment of postoperative surface electromyography and joint angle in children with spastic cerebral palsy [J]. *J Med Biomech*, 2022, 37(4): 726-732.
- [10] ZHAO X, HU F. Relationship between physical fitness, anthropometric measurement, and bone health in adult men [J]. *Clin Nurs Res*, 2021, 117(10): 1054-1060.
- [11] TCHORIWSKI O, CZUBAK J, TYRAKOWSKI M. Analysis of radiographic parameters of sagittal spinopelvic alignment: polish nomenclature and clinical implications [J]. *Ortop Traumatol Rehabil*, 2019, 21(1): 15-22.
- [12] SHAFSHAK TS, ELNEMR R. The visual analogue scale versus numerical rating scale in measuring pain severity and predicting disability in low back pain [J]. *J Clin Rheumatol*, 2021, 27(7): 282-285.
- [13] AZIMI P, MOHAMMADI HR, MONTAZERI A. An outcome measure of functionality and pain in patients with lumbar disc herniation: A validation study of the Japanese orthopedic association (JOA) score [J]. *J Orthop Sci*, 2012, 17(4): 341-345.
- [14] NILSDOTTER A, BREMANDER A. Measures of hip function and symptoms: Harris hip score (HHS), hip disability and osteoarthritis outcome score (HOOS), Oxford hip score (OHS), Lequesne index of severity for osteoarthritis of the hip (LISOH), and American academy of orthopedic surgeons (AAOS) hip and knee questionnaire [J]. *Arthritis Care Res*, 2011, 11(2): 200-207.
- [15] URITS I, BURSHEIN A, SHARMA M, *et al.* Low back pain, a comprehensive review: pathophysiology, diagnosis, and treatment [J]. *Curr Pain Headache Rep*, 2019, 23(3): 23-27.
- [16] MEUCCI RD, FASSA AG, FARIA NM. Prevalence of chronic low back pain: Systematic review [J]. *Rev Saude Publica*, 2015, 49(5): 110-115.
- [17] TREEDE RD, RIEF W, BARKE A, *et al.* Chronic pain as a symptom or a disease: The IASP classification of chronic pain for the international classification of diseases (ICD-11) [J]. *Pain*, 2019, 160(1): 19-27.
- [18] 杨立杰, 欧阳林, 陈鼎伟, 等. 下腰疼痛的生物力学分析 [J]. *中国组织工程研究*, 2020, 24(33): 5267-5271.
- [19] KIM B, YIM J. Core stability and hip exercises improve physical function and activity in patients with non-specific low back pain: A randomized controlled trial [J]. *Tohoku J Exp Med*, 2020, 251(3): 193-206.
- [20] MASON C, GREIG M. Lumbar spine loading during dressage riding [J]. *J Sport Rehabil*, 2020, 29(3): 315-319.
- [21] DECKER S, MÜLLER CW, OMAR M, *et al.* Sagittal balance of the spine—Clinical importance and radiographic assessment [J]. *Z Orthop Unfall*, 2016, 154(2): 128-133.
- [22] HOBBS SJ, BAXTER J, BROOM L, *et al.* Posture, flexibility and grip strength in horse riders [J]. *J Hum Kinet*, 2014, 42: 113-25.