

# 髌股疼痛综合征下肢动作模式特征与康复治疗研究进展

陈一言, 陆阿明

(苏州大学 体育学院, 江苏 苏州 215000)

**摘要:**髌股疼痛综合征(patellofemoral pain syndrome, PFPS)因其高发病率、低治愈率的现状已在康复治疗领域获得越来越多的关注。研究发现,PFPS患者解剖学异常、疼痛因素导致肌肉活动改变与肌力不足会引起下肢关节产生错误动作模式,这种错误的动作模式会导致病情加重,不利于患者康复。通过运动疗法、贴扎、神经肌肉训练以及关节矫形器可以改善髌、膝、踝动作模式,减轻PFPS的疼痛。对PFPS患者患病后动作模式特征以及相应康复治疗方法进行总结,为PFPS的康复提供参考。

**关键词:**髌股疼痛综合征;动作模式;下肢;康复治疗

中图分类号:R 318.01 文献标志码:A

DOI: 10.16156/j.1004-7220.2022.03.027

## Research Progress on Characteristics of Lower Limb Movement Patterns and Rehabilitation Treatment of Patellofemoral Pain Syndrome

CHEN Yiyang, LU Aming

(School of Sports Science, Soochow University, Suzhou 215000, Jiangsu, China)

**Abstract:** Patellofemoral pain syndrome (PFPS) has been attracting more and more attention in the field of rehabilitation treatment due to its high incidence rate and low cure rate. Researches show that the abnormal anatomy, muscle activity changes due to pain and insufficient muscle strength in patients with PFPS can cause wrong movement patterns of lower limb joints, which will lead to aggravation of the disease and is not conducive to the rehabilitation of patients. Movement patterns of the hip, knee, ankle joints can be improved by exercise therapy, taping, neuromuscular training and joint orthosis, thus to reduce the pain. In this paper, the movement pattern characteristics of patients with PFPS and the corresponding rehabilitation treatment method were summarized, so as to provide references for the rehabilitation of PFPS.

**Key words:** patellofemoral pain syndrome (PFPS); movement pattern; lower limb; rehabilitation treatment

髌股疼痛综合征(patellofemoral pain syndrome, PFPS)是最常见的膝关节疾病之一,患病率为

10%~45%,在高运动量人群、青壮年与女性中多发<sup>[1]</sup>。目前PFPS并无明确定义,其被广义描述为

一种膝关节功能障碍,主要症状为髌周疼痛,或伴有髌股关节内的摩擦音、打软腿、关节肿胀等症状,在上下楼梯、久坐、下蹲、跑等活动时痛感加重。其高发率与低治愈率不仅对患者生存质量与运动能力产生影响,同时还带来康复治疗上的经济负担。因此,该疾病得到广泛关注。

动作模式是指运动对象在执行运动任务时所表现出的位移、轨迹、角度、加速度、时相等一系列时间和空间的解剖动作组合。优质的动作模式不仅是运动安全的保证,同时也是发挥最大动作效能的基础。研究发现,PFPS患者患病后的下肢动作模式与健康人群在膝、髌、踝关节均存在区别,改变的动作模式使患者形成不良运动姿态、导致病情加重、髌股关节痛感进一步发展<sup>[2]</sup>。PFPS是患者产生错误动作模式的原因,此种动作模式的改变又会反向影响病情。因此,明确PFPS患者动作模式特征、筛查错误的动作模式,可以帮助形成有效的康复方案,针对动作模式进行康复可以促进病情恢复。本文对PFPS患者患病后下肢错误动作模式与康复治疗相关文献进行系统梳理,以期为PFPS的研究和康复治疗提供一定的参考。

## 1 资料和方法

### 1.1 文献检索策略

在中国学术期刊全文数据库(CNKI中国知网)、万方数据库以“膝前痛(或髌股疼痛)与生物力学(或运动学、动力学)”为主题词进行检索;在PubMed、Embase、Web of Science数据库以“(anterior knee pain OR patellofemoral pain)AND(biomechanics OR kinematics OR dynamics)”为检索词进行检索,收集所有2000年1月~2021年6月期间的相关文献。

### 1.2 纳入与排除标准

纳入标准:所有探讨PFPS患者患病后下肢动作模式特征的文献;所有探讨PFPS患者通过康复治疗使下肢动作模式有所改变的文献。排除标准:非随机对照试验;实验设计不严谨;重复文献;实验内容陈旧;无关研究。

### 1.3 数据提取

排除重复文献后共检索到1430篇文献,通过阅读题目与摘要排除不符合要求文献1319篇,剩

余111篇。提取每篇文献的样本容量、受试者数据(年龄、性别、BMI)、受试者来源、康复治疗手段、评估的运动学与动力学变量、其余时空步态特征(速度、步幅、步频)。

### 1.4 质量评价

阅读全文后,使用Downs等<sup>[3]</sup>制定的方法学质量评估表对所有文献进行评估,排除质量低下、设计不严谨文献后剩余42篇(中文4篇,英文38篇)。文献[1,4-25]描述了PFPS患者的动作模式特征;文献[2,14,23,26-29]描述了动作模式改变的原因;文献[10,30-44]描述了针对PFPS患者错误动作模式的康复治疗。

## 2 结果

### 2.1 PFPS患者下肢动作模式特征

**2.1.1 膝关节动作模式** 膝关节在矢状面与额状面的运动角度与力矩常被发现PFPS患者中发生改变<sup>[10]</sup>。PFPS患者跑步、步行、上下楼梯时膝关节屈曲角度峰值、屈曲速度峰值<sup>[7-8]</sup>以及膝伸力矩<sup>[4-5]</sup>较健康人群减小,并且本身具有膝外翻的患者在跑步时膝外翻角度增大<sup>[6]</sup>,在单腿下蹲与跳跃着陆过程中也呈现膝外翻角度增加以及膝外翻力矩增高的特征<sup>[9,12]</sup>。由此可知,膝屈角降低、膝伸力矩减小、膝外翻角增大以及膝外翻力矩增高是PFPS患者错误的动作模式特征。膝屈角减少是避免进一步产生疼痛的结果,但其会增大髌股关节压力,给下肢带来更大负担;动态膝外翻会影响下肢力线,使膝关节对线不良,长期下去令膝关节受力不均,压迫一侧,加重病情<sup>[13]</sup>。

**2.1.2 髌关节动作模式** 目前的研究已证实,PFPS患者在运动时髌关节运动学在额状面和横截面发生改变。PFPS患者在执行运动任务时髌内收角、髌内收力矩和内旋角度增大<sup>[1,7,11,14]</sup>。髌关节异常的动作模式增加髌骨后应力,从而加重PFPS症状<sup>[13]</sup>。研究结果也支持性别对PFPS患者髌关节动作模式的影响。与男性相比,女性在跑步与单腿站立时表现出更高的髌内收角<sup>[11,20]</sup>,这或许与女性的高患病率有关。考虑到以往将髌关节内收增加与PFPS发生风险联系起来的前瞻性研究大多限于女性人群,未来的前瞻性研究应包括两性。

**2.1.3 足踝动作模式** 与健康人群相比,PFPS患

者在平地步行时步速降低<sup>[5,19]</sup>,足跟着地瞬间的足外翻角更大<sup>[16]</sup>,峰值足外翻时间延迟<sup>[17]</sup>。然而, Barton 等<sup>[19]</sup>研究发现,峰值足外翻时间提前,可见平地步行时峰值足外翻出现时间还需要进一步细化研究。在上下楼梯时,PFPS 患者步频下降<sup>[4]</sup>,足外翻角峰值增加<sup>[7]</sup>,下楼梯时压力中心位移面积增大<sup>[22]</sup>,上楼梯时压力中心位移面积减小<sup>[7]</sup>。还有一些特征在多种运动任务中均存在。例如:PFPS 患者在运动时垂直地面反作用力增大<sup>[24-25]</sup>;将地面反作用力进行分区后发现,PFPS 患者在跑步时第 2 和第 3 跖骨下的峰值力更大,外侧足跟下的峰值力出现时间更短<sup>[18]</sup>。上述结果表明,力的增加与 PFPS 患者足旋前减少相关,适当的足旋前可以起到缓冲的作用,防止地面反作用力快速转移到髌股关节<sup>[15-21]</sup>。PFPS 患者的足踝动作模式改变常见且多样,不同的运动任务呈现不同的表现。足旋前减小、地面反作用力增大等表现会通过足、小腿传递更大的力至髌股关节,使髌股关节接触压力增大,加重病情<sup>[18]</sup>。

## 2.2 PFPS 患者下肢动作模式改变的原因

动作模式的改变是人体多种系统共同作用的结果,解剖、神经肌肉、心理等因素均会对动作模式产生影响。对 PFPS 患者来说,动作模式改变的原因主要有膝解剖学异常、疼痛导致运动时肌肉活动改变与肌力不足。

PFPS 患者的膝周解剖构造通常存在异常。股骨滑车沟角过大、髌骨形态异常、Q 角增加等解剖因素会直接影响膝关节的动作模式,使髌骨在运动过程中过早的向外侧偏移,髌股关节接触面减小,压力增大,加重病情<sup>[2]</sup>。疼痛是 PFPS 患者最显著的病征,痛感或与疼痛相关的心理,通过第Ⅲ组和第Ⅳ组传入神经(伤害性肌肉传入神经)传入到伽玛运动神经元上,改变肌梭的敏感性<sup>[26]</sup>,引起肌肉活动在运动时改变,从而影响动作模式,主要包括臀肌与大腿肌肉两部分。通过运动时下肢肌电图监控发现,PFPS 患者运动中臀中肌、臀大肌活性较低<sup>[23]</sup>,臀中肌与臀大肌活动持续时间减少、臀肌延迟激活<sup>[14]</sup>,这与 PFPS 患者髌动作模式改变有关。对大腿肌肉进行肌电图监控发现,女性 PFPS 患者运动时股内侧肌与股外侧肌活性增大、股二头肌活动减少<sup>[14,23,28]</sup>;男性患者股内侧肌活性减小、股外

侧肌活性增加而股二头肌没有变化<sup>[29]</sup>。呈现不同结果的原因可能是男女神经肌肉反应不同,但不管怎样变化,从整体的角度来看,大腿前侧肌肉与后侧肌肉的共激活比增大,导致下肢运动控制协调性与稳定性下降,运动控制能力降低,出现错误的动作模式。除此以外,PFPS 患者股四头肌肌力减弱、髌周肌群肌力不足的特征也会导致错误的动作模式。股四头肌肌力不足导致膝关节伸肌力矩下降;髌外展和外旋肌力不足迫使髌关节向外方向的力无法与向内平衡,造成髌关节呈现出过多内旋、内收的动作模式,膝外翻也与髌外展肌和外旋肌无力有关<sup>[27]</sup>。

## 2.3 针对 PFPS 患者错误动作模式的康复治疗

### 2.3.1 膝动作模式治疗

改善膝动作模式的治疗方法有运动疗法、贴扎、神经肌肉训练及膝关节矫形器。研究显示,8 周以上的髌、核心或股四头肌肌力训练可有效改善膝外翻并增加患者在运动时的膝屈角从而带来疼痛减轻<sup>[31,33-35]</sup>,而 3 周和 5 周的髌外展肌加强训练却并未改善膝关节角度<sup>[32,36]</sup>。上述结果提示,运动疗法对膝动作模式的改善依赖于训练时长。髌与核心、股四头肌位于人体运动链较为中心环节,其力量加强使身体控制更为稳定。在神经肌肉训练方面,通过镜面反馈进行膝外翻控制练习也可减小患者运动时的膝外翻角<sup>[30]</sup>。绷带、护膝等类型的膝关节矫形器可以给予膝关节一定支撑,避免髌骨、股骨、胫骨产生过度活动,在 PFPS 的治疗中得到广泛应用。患者佩戴膝矫形器后在单腿下蹲与着陆时的膝外翻角度减少,下肢稳定性提高<sup>[37]</sup>。虽然膝矫形器可改善膝外翻,但近几年两篇高质量 Cochrane 文章均显示其对 PFPS 疼痛作用不显著,需进一步探讨<sup>[45-46]</sup>。

### 2.3.2 髌动作模式治疗

运动疗法不仅可以改善膝动作模式,也对髌关节有所帮助。2 周的跑步再训练使髌内收与内旋角度峰值、髌外展力矩在 3 个月内显著减少,疼痛减轻<sup>[38-39]</sup>。然而,运动疗法并不总是有效,一项 8 周的髌周与核心肌力加强训练结果显示,患者的髌运动角度并未显著改善<sup>[34]</sup>。由此可知,训练时长并不能决定是否会对髌动作模式产生影响,相比较单纯的肌肉加强训练,针对某一运动任务进行再训练使患者获益更大<sup>[42]</sup>。这是由于运动任务再训练在本质上是多模式的,包括运

动、实时镜像反馈、负荷管理和训练错误建议、改变运动节奏以及局部运动模式的指导。运动疗法对髌关节的作用还体现出靶向性,针对髌肌无力型PFPS患者进行8周的髌部肌肉训练,可使髌内旋角度显著降低且疼痛改善,该结果提示进行髌肌训练时应细化其亚型<sup>[40]</sup>。除主动运动干预外,被动地对髌和膝进行绑带干预也被证实可以增加患者髌外旋角并减轻疼痛<sup>[41]</sup>。这与膝矫形器不被推崇的现象相悖,原因可能是其不单使用膝矫形器,还涉及髌矫形器。二者共同使用使下肢同时得到外力支撑,力线趋向一致<sup>[41]</sup>。关于髌矫形器的研究较少,鉴于其比运动干预更经济简便,值得进一步研究。

2.3.3 足踝动作模式治疗 足矫形器为针对足踝

动作模式的常见干预措施。矫形鞋垫的佩戴使PFPS患者足外翻减小并导致痛感减轻<sup>[43]</sup>。这与传统观点中足矫形器可改善足旋前的观点并不相符。传统观念认为,PFPS患者足过度旋前,故使用足矫形器<sup>[44]</sup>。但是,将过度旋前与PFPS联系起来的研究有限。通过本文对足踝动作模式部分的归纳可知,PFPS患者较健康人在运动时足旋前较少。因此,足矫形器发挥作用的机制为减小足外翻,而非改善足旋前。由于现有研究缺乏康复治疗对地面反作用力、压力中心、步速与步频等方面的高质量研究,故尚不清楚其在此方面的作用,未来应当加大关注。根据动作模式改变的原因、动作模式特征、针对错误动作模式的康复治疗方法这一逻辑绘制图1,以期清楚、明朗地表达本文观点。

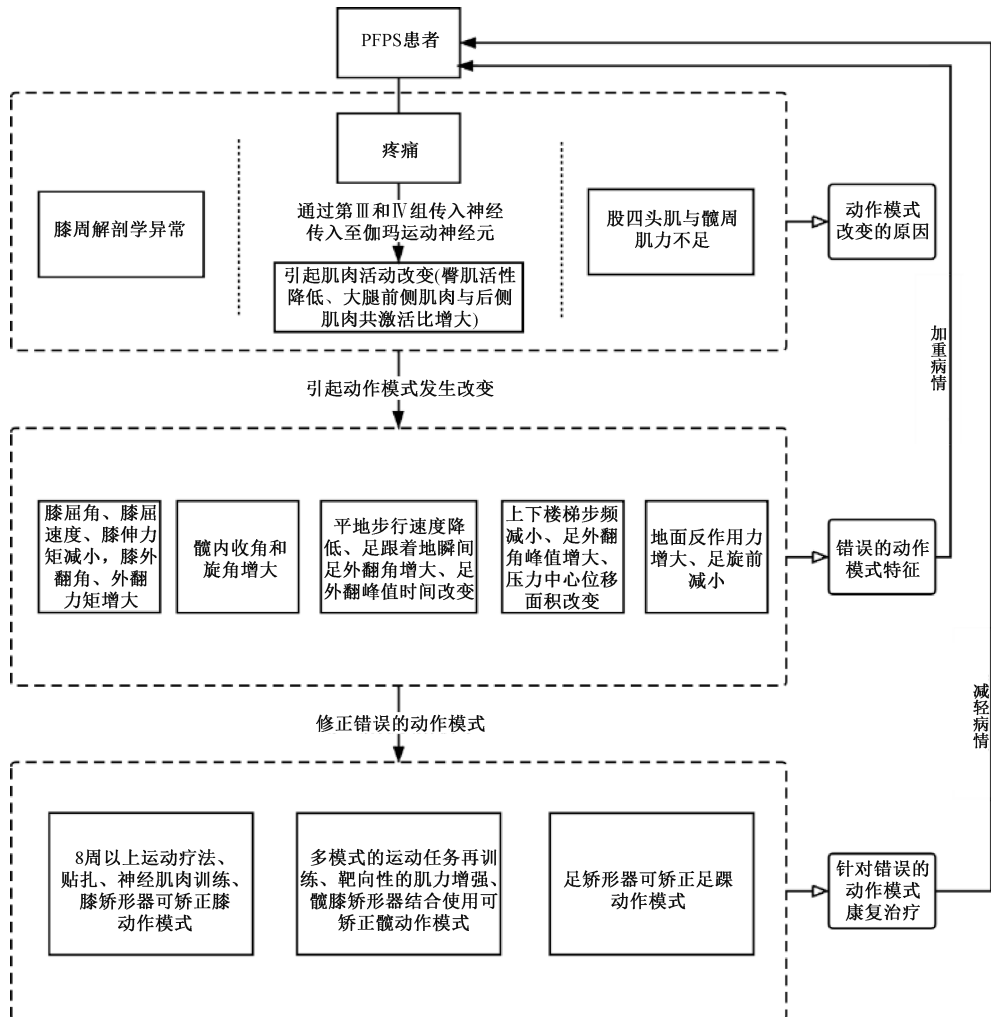


图1 PFPS下肢动作模式及相应治疗图解

Fig.1 Lower limb movement patterns and corresponding treatment of PFPS



### 3 总结与展望

前瞻性的随机对照试验是鉴别 PFPS 患者动作模式的主要方法,测试手段主要有光学运动捕捉系统、测力台、视频动作分析系统等,其中 Vicon 光学运动捕捉系统使用最多,实验任务多为平地步行、上下楼梯、下蹲、起跳落地等动作,实验参数选取主要为下肢的运动学与动力学数据。PFPS 患者的下肢动作模式因其膝解剖结构异常、疼痛因素、肌肉活动改变与肌力减弱而与健康人群有所不同,主要表现为膝屈角减少、膝屈速度与膝伸力矩降低、膝外翻角与外翻力矩增加;髌内收角和内旋角增加;平地步行速度减慢、上下楼梯步频降低,足外翻角与压力中心位移面积改变、足旋前减小以及地面反作用力增大等。这些特征会使髌股关节应力增大,加重病情,使痛感进一步发展。因此,对其错误的动作模式进行治疗有助于患者的康复。PFPS 患者错误的下肢动作模式可以通过运动疗法、神经肌肉训练、贴扎以及下肢关节矫形器进行修正,髌、膝、踝动作模式的改善均可减轻疼痛并恢复功能。在进行康复治疗时,应关注患者个体的动作模式特征,有选择的进行个性化治疗。

PFPS 定义不够明确、测试仪器和实验设计不同以及实验参数选择不够全面,导致目前的可靠研究结果较为有限。膝、髌关节在不同运动任务中呈现一致的特征,然而,在足踝的动作模式部分,不同运动任务存在不同的足踝动作模式特征,且针对此部分的康复治疗相关研究较少。未来的研究应着重关注足踝运动学以及压力中心的变化,按照运动任务来进行分类,以得到更加可靠的规律性特征以及康复依据。由于男女患病比例不同且已发现男女之间存在某些动作模式差异,提示性别为该研究领域的重要因素,以往多被忽略,今后在实验人群的选择上应多进行男女患者对比,挖掘性别对动作模式以及康复治疗产生的影响。

针对 PFPS 的康复方法还有许多,例如关节松动、触发点干针刺、肌肉松解与神经肌肉电刺激等,这些治疗方法均被证实对疼痛缓解有效。但由于缺乏相关研究,尚不清楚其对动作模式的影响,未来需扩大康复治疗类型,全面了解何种康复方法对动作模式的治疗有效。鉴于以往文献的随访时

间较短,最长为 3 个月,难以证明长期疗效,未来研究应将随访时间延长。此外,研究证实,康复疗效对不同类型的 PFPS 患者具有靶向性。PFPS 存在不同亚型,针对特定亚型制订治疗方法使治疗结果更加高效,未来应研究同一康复方法对不同亚组患者的治疗效果,有利于分辨最佳康复手法。

### 参考文献:

- [1] 杨辰,曲峰,刘卉,等. 髌股关节痛业余跑者性别特异的下肢生物力学特征[J]. 医用生物力学, 2020, 35(6): 672-678.  
YANG C, QU F, LIU H, et al. Sex-Specific lower extremity biomechanics of amateur runners with patellofemoral pain [J]. J Med Biomech, 2020, 35(6): 672-678.
- [2] BARTON CJ, LEVINGER P, MENZ HB, et al. Kinematic gait characteristics associated with patellofemoral pain syndrome: A systematic review [J]. Gait Posture, 2009, 30(4): 405-416.
- [3] DOWNS SH, BLACK N. The feasibility of creating a checklist for the assessment of the methodological quality both of randomised and non-randomised studies of health care interventions [J]. J Epidemiol Community Health, 1998, 52(6): 377-384.
- [4] SALSICH GB, BRECHTER JH, POWERS CM. Lower extremity kinetics during stair ambulation in patients with and without patellofemoral pain [J]. Clin Biomech, 2001, 16(10): 906-912.
- [5] PAOLONI M, MANGONE M, FRATOCCHI G, et al. Kinematic and kinetic features of normal level walking in patellofemoral pain syndrome: more than a sagittal plane alteration [J]. J Biomech, 2010, 43(9): 1794-1798.
- [6] DIERKS TA, MANAL KT, HAMILL J, et al. Lower extremity kinematics in runners with patellofemoral pain during a prolonged run [J]. Med Sci Sports Exerc, 2011, 43(4): 693-700.
- [7] OLIVEIRA SILVA DD, MAGALHÃES FH, PAZZINATTO MF, et al. Contribution of altered hip, knee and foot kinematics to dynamic postural impairments in females with patellofemoral pain during stair ascent [J]. Knee, 2016, 23(3): 376-381.
- [8] FREDDOLINI M, PLACELLA G, GERVAZI GL, et al. Quadriceps muscles activity during gait: Comparison between PFPS subjects and healthy control [J]. Musculoskelet Surg, 2017, 101(2): 181-187.
- [9] HOLDEN S, BOREHAM C, DOHERTY C, et al. Two-dimensional knee valgus displacement as a predictor of patellofemoral pain in adolescent females [J]. Scand J

- Med Sci Sports, 2017, 27(2): 188-194.
- [10] WILLY RW, HOGLUND LT, BARTON CJ, *et al.* Patellofemoral Pain [J]. J Orthop Sports Phys Ther, 2019, 49(9): CPG1-CPG95.
- [11] SOUZA RB, POWERS CM. Differences in hip kinematics, muscle strength, and muscle activation between subjects with and without patellofemoral pain [J]. J Orthop Sports Phys Ther, 2009, 39(1): 12-19.
- [12] MYER GD, FORS KR, DI STASI SL, *et al.* High knee abduction moments are common risk factors for patellofemoral pain (PFP) and anterior cruciate ligament (ACL) injury in girls: Is PFP itself a predictor for subsequent ACL injury? [J]. Br J Sports Med, 2015, 49(2): 118-22.
- [13] WEISS K, WHATMAN C. Biomechanics associated with patellofemoral pain and acl injuries in sports [J]. Sports Med, 2015, 45(9): 1325-1337.
- [14] BAELOW A, GLAVIANO NR, HERTEL J, *et al.* Lower extremity biomechanics during a drop-vertical jump and muscle strength in women with patellofemoral pain [J]. J Athl Train, 2020, 55(6): 615-622.
- [15] DUFFEY MJ, MARTIN DF, CANNON DW, *et al.* Etiologic factors associated with anterior knee pain in distance runners [J]. Med Sci Sports Exerc, 2000, 32(11): 1825-1832.
- [16] LEVINGER P, GILLEARD W. The heel strike transient during walking in subjects with patellofemoral pain syndrome [J]. Phys Ther Sport, 2005, 6(2): 83-88.
- [17] LEVINGER P, GILLEARD W. Tibia and rearfoot motion and ground reaction forces in subjects with patellofemoral pain syndrome during walking [J]. Gait Posture, 2007, 25(1): 2-8.
- [18] THIJS Y, DE CLERCQ D, ROOSEN P, *et al.* Gait-related intrinsic risk factors for patellofemoral pain in novice recreational runners [J]. Br J Sports Med, 2008, 42(6): 466-471.
- [19] BARTON CJ, LEVINGER P, WEBSTER KE, *et al.* Walking kinematics in individuals with patellofemoral pain syndrome: A case-control study [J]. Gait Posture, 2011, 33(2): 286-291.
- [20] WILLY RW, MANAL KT, WITVROUW EE, *et al.* Are mechanics different between male and female runners with patellofemoral pain? [J]. Med Sci Sports Exerc, 2012, 44(11): 2165-2171.
- [21] WILLSON JD, ELLIS ED, KERNOZEK TW. Plantar loading characteristics during walking in females with and without patellofemoral pain [J]. J Am Podiatr Med Assoc, 2015, 105(1): 1-7.
- [22] DE MOURA CAMPOS CARVALHO-E-SILVA AP, PEIXOTO LEÃO ALMEIDA G, OLIVEIRA MAGALHÃES M, *et al.* Dynamic postural stability and muscle strength in patellofemoral pain: Is there a correlation? [J]. Knee, 2016, 23(4): 616-621.
- [23] GLAVIANO NR, SALIBA S. Differences in gluteal and quadriceps muscle activation during weight-bearing exercises between female subjects with and without patellofemoral pain [J]. J Strength Cond Res, 2019, doi: 10.1519/JSC.0000000000003392.
- [24] NUNES GS, BARTON CJ, VIADANNA SERRÃO F. Females with patellofemoral pain have impaired impact absorption during a single-legged drop vertical jump [J]. Gait Posture, 2019, 68: 346-351.
- [25] VANNATTA CN, KERNOZEK TW. Patellofemoral joint stress during running with alterations in foot strike pattern [J]. Med Sci Sports Exerc, 2015, 47(5): 1001-1008.
- [26] HODGES PW, TUCKER K. Moving differently in pain: A new theory to explain the adaptation to pain [J]. Pain, 2011, 152(3): S90-S98.
- [27] WILLSON JD, KERNOZEK TW, ARNDT RL, *et al.* Gluteal muscle activation during running in females with and without patellofemoral pain syndrome [J]. Clin Biomech, 2011, 26(7): 735-740.
- [28] 王廷. 基于表面肌电测试技术(sEMG)对髌股关节疼痛综合征患者肌肉状态的研究[D]. 成都: 成都中医药大学, 2018.
- [29] MIRZAIE GH, RAHIMI A, KAJBAFVALA M, *et al.* Electromyographic activity of the hip and knee muscles during functional tasks in males with and without patellofemoral pain [J]. J Bodyw Mov Ther, 2019, 23(1): 54-58.
- [30] EMAMVIRDI M, LETAFATKAR A, KHALEGHI TAZJI M. The effect of valgus control instruction exercises on pain, strength, and functionality in active females with patellofemoral pain syndrome [J]. Sports Health, 2019, 11(3): 223-237.
- [31] SAAD MC, VASCONCELOS RA, MANCINELLI LVO, *et al.* Is hip strengthening the best treatment option for females with patellofemoral pain? A randomized controlled trial of three different types of exercises [J]. Braz J Phys Ther, 2018, 22(5): 408-416.
- [32] FERBER R, KENDALL KD, FARR L. Changes in knee biomechanics after a hip-abductor strengthening protocol for runners with patellofemoral pain syndrome [J]. J Athl Train, 2011, 46(2): 142-149.
- [33] CARRY PM, GALA R, WORSTER K, *et al.* Postural stability and kinetic changes in subjects with patellofemoral pain after a nine-week hip and core strengthening

- intervention [J]. *Int J Sports Phys Ther*, 2017, 12(3): 314-323.
- [34] EARL JE, HOCH AZ. A proximal strengthening program improves pain, function, and biomechanics in women with patellofemoral pain syndrome [J]. *Am J Sports Med*, 2010, 39(1): 154-163.
- [35] BALDON RDE M, SERRÃO FV, SCATTONE SILVA R, et al. Effects of functional stabilization training on pain, function, and lower extremity biomechanics in women with patellofemoral pain: A randomized clinical trial [J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2014, 44(4): 240-251.
- [36] PALMER K, HEBRON C, WILLIAMS JM. A randomised trial into the effect of an isolated hip abductor strengthening programme and a functional motor control programme on knee kinematics and hip muscle strength [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2015, 16: 105.
- [37] HERRINGTON L. Effect of a SERF strap on pain and knee-valgus angle during unilateral squat and step landing in patellofemoral patients [J]. *J Sport Rehabil*, 2013, 22(1): 27-32.
- [38] NOEHREN B, SCHOLZ J, DAVIS I. The effect of real-time gait retraining on hip kinematics, pain and function in subjects with patellofemoral pain syndrome [J]. *Br J Sports Med*, 2011, 45(9): 691-696.
- [39] WILLY RW, SCHOLZ JP, DAVIS IS. Mirror gait retraining for the treatment of patellofemoral pain in female runners [J]. *Clin Biomech*, 2012, 27(10): 1045-1051.
- [40] DREW BT, CONAGHAN PG, SMITH TO, et al. The effect of targeted treatment on people with patellofemoral pain: A pragmatic, randomised controlled feasibility study [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2017, 18(1): 338.
- [41] GREUEL H, HERRINGTON L, LIU A, et al. Influence of the Powers™ strap on pain and lower limb biomechanics in individuals with patellofemoral pain [J]. *Knee*, 2019, 26(6): 1210-1219.
- [42] 贺浩婷. 髌周肌力训练结合步态再训练对女性跑者髌股疼痛综合征的疗效研究[D]. 北京: 北京体育大学, 2019.
- [43] 干昶. 矫形鞋垫对髌股疼痛综合征的康复干预效果及生物力学机制分析[D]. 北京: 北京体育大学, 2019.
- [44] TIBERIO D. The effect of excessive subtalar joint pronation on patellofemoral mechanics: A theoretical model [J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 1987, 9(4): 160-165.
- [45] SMITH TO, DREW BT, MEEK TH, et al. Knee orthoses for treating patellofemoral pain syndrome [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2015, 12(12): CD010513.
- [46] ROWAN-ROBINSON K. Knee orthoses for treating patellofemoral pain syndrome [J]. *Orthop Nurs*, 2019, 38(1): 55-56.

(上接第 554 页)

- [3] 王丰. 正骨手法治疗血瘀气滞型腰椎间盘突出症疗效观察[J]. *陕西中医*, 2013, 34(4): 418-419.
- [4] 于丽娅, 于传友, 刘晓冰, 等. 中药烫疗治疗社区腰椎间盘突出症疼痛的效果评价[J]. *中医药导报*, 2019, 25(5): 97-100.
- [5] 张鹏飞, 齐岩松, 包呼日查, 等. 外侧半月板后根部损伤不同缝合位置对膝关节生物力学的影响[J]. *医用生物力学*, 2019, 34(5): 507-513.
- ZHANG PF, QI YS, BAO HRC, et al. Influences of lateral meniscus posterior root tear with different suture methods on knee biomechanics [J]. *J Med Biomech*, 2019, 34(5): 507-513.
- [6] 韦淑萍, 张西正. LncRNA 在骨重建及骨相关疾病中的作用[J]. *医用生物力学*, 2018, 33(6): 572-576.
- WEI SP, ZHANG XZ. The role of LncRNA in bone remodeling and skeletal diseases [J]. *J Med Biomech*, 2018, 33(6): 572-576.
- [7] 穆景颂, 倪朝民. 常见病康复诊疗规范——腰椎间盘突出症分级康复诊疗指南解读[J]. *安徽医学*, 2017, 38(5): 674-675.
- [8] 国家中医药管理局. 中医病症诊断疗效标准[M]. 南京: 南京大学出版社, 1994: 214-215.
- [9] 彭波. 局部多针刺法加热敏灸治疗寒湿型腰椎间盘突出症 30 例[J]. *江西中医药*, 2020, 51(9): 57-60.
- [10] 崔发毅. 正骨推拿疗法治疗腰椎间盘突出症疗效分析[J]. *智慧健康*, 2019, 5(19): 58-59.
- [11] 邹胜祥, 欧阳七五, 张泽松. 消痛散热敷配合电针治疗腰椎间盘突出症 60 例临床观察[J]. *风湿病与关节炎*, 2014, 3(4): 9-11.
- [12] 陈琼夏. 牵引配合推拿治疗腰椎间盘突出症的临床观察[J]. *按摩与康复医学*, 2017, 8(20): 22-23.
- [13] 王伟. 推拿结合分类牵引治疗腰突症的病例研究[J]. *世界最新医学信息文摘*, 2016, 16(79): 223.
- [14] 宋书昌, 薄向红, 卢智, 等. 针刺夹脊穴联合刺络拔罐治疗腰椎间盘突出症的疗效观察[J]. *针灸临床杂志*, 2013, 29(8): 21-23.
- [15] 叶建东, 程哲, 王剑龙, 等. 腰椎融合术 3 种内固定方式的生物力学特点[J]. *医用生物力学*, 2021, 36(2): 208-215.
- YE JD, CHENG Z, WANG JL, et al. Biomechanical characteristics of lumbar fusion by three internal fixation methods [J]. *J Med Biomech*, 2021, 36(2): 208-215.