

- feasibility study[J]. Rep Pract Oncol Radiother, 2019, 24(4):375—382.
- [29] Wiskemann J, Hummler S, Diepold C, et al. Positive study: physical exercise program in non-operable lung cancer patients undergoing palliative treatment[J]. BMC Cancer, 2016, 16:499.
- [30] Rosero ID, Ramírez Vélez R, Martínez Velilla N, et al. Effects of a multicomponent exercise program in older adults with Non-Small-Cell lung cancer during adjuvant/palliative treatment: an intervention study[J]. J Clin Med, 2020, 9(3):862.
- [31] 孙兴国, Curtis Hightower, 刘方, 等. 心肺运动试验评价食管癌患者化疗后整体功能变化的临床研究[J]. 中国全科医学, 2016, 19(17):2046—2052.
- [32] Mezzani A, Hamm LF, Jones AM, et al. Aerobic exercise intensity assessment and prescription in cardiac rehabilitation: a joint position statement of the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation, the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation and the Canadian Association of Cardiac Rehabilitation[J]. Eur J Prev Cardiol, 2013, 20(3):442—467.
- [33] 李四维. 心肺运动试验在心脏康复评估中的应用[J]. 中国循环杂志, 2017, 32(4):331—333.
- [34] 王浩彦. 心肺运动试验指导肺康复运动处方的设计[J]. 心肺血管病杂志, 2016, 35(2):141—142.
- [35] Guazzi M, Arena R, Halle M, et al. 2016 focused update: clinical recommendations for cardiopulmonary exercise testing data assessment in specific patient populations [J]. Eur Heart J, 2018, 39(14):1144—1161.
- [36] Shafiek H, Valera JL, Togoeres B, et al. Risk of postoperative complications in chronic obstructive lung diseases patients considered fit for lung cancer surgery: beyond oxygen consumption[J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2016, 50(4):772—779.
- [37] 操敏, 王志茹, 孙桂新, 等. 肺癌患者运动能力的探讨[J]. 中华临床医师杂志(电子版), 2013, 7(6):2484—2488.
- [38] Peddle McIntyre CJ, Singh F, Thomas R, et al. Exercise training for advanced lung cancer[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2019, 2(2):CD012685.
- [39] 高瑜晨, 倪隽, 沈光宇. 肺癌术后生存质量评价及其影响因素的研究进展[J]. 中国康复医学杂志, 2017, 32(12):1438—1440.

·临床研究·

髌股关节炎患者膝周肌群表面肌电信号特征研究

宋娜¹ 蒋金金¹ 马琪¹ 刘旭东¹ 胡文清^{1,2}

摘要

目的:观察髌股关节炎患者膝周肌群肌肉功能和协调活动差异,及其与膝关节疼痛的关系。

方法:选择20例髌股关节炎患者,记录屈膝90°最大等长收缩(MVIC)、下蹲和站起时,双侧股外肌、股内侧肌、股二头肌和半腱肌的表面肌电图。计算均方根值(RMS)和协同收缩率(CCR),并观察CCR与疼痛的关系。将单膝患病患者健侧及双膝患病患者轻微侧定义为优势侧,患侧及严重侧定义为非优势侧。

结果:在MVIC状态下,非优势侧股内侧肌RMS低于优势侧($P<0.05$),半腱肌RMS高于优势侧($P<0.05$)。在下蹲运动中,各指标未观察到明显差异($P>0.05$)。在站起运动中,非优势侧股内侧肌RMS高于优势侧($P<0.05$);腘绳肌内侧CCR小于优势侧($P<0.05$);疼痛与腘绳肌外侧CCR成正相关($P<0.05$),与内、外侧CCR比值成负相关($P<0.05$)。

结论:髌股关节炎患者有疼痛或较疼痛侧下肢与另一侧相比,膝周肌群肌肉功能异常,协调性异常。康复训练除加强肌力外,还应注重膝周肌群的协调训练。

关键词 髌股关节炎;膝周肌群;表面肌电图;协同收缩

中图分类号:R684;R741.0 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-1242(2022)-04-0509-06

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2022.04.012

1 河北医科大学第三医院,河北省石家庄市,050051; 2 通讯作者
第一作者简介:宋娜,女,硕士研究生; 收稿日期:2020-11-17

在膝骨关节炎(knee osteoarthritis, KOA)中,髌股关节通常是最常累及也是最早出现症状的关节^[1]。髌股关节炎(patellofemoral osteoarthritis, PFOA)发病率高,病因复杂,在60岁以上的人群中男性和女性的发生率分别为32%和36%^[2]。其临床症状主要表现为上下楼梯与下蹲时的膝前疼痛^[3],与膝关节功能受限密切相关^[4]。

表面肌电信号在很大程度上能够定量反映肌肉活动的肌力水平、肌肉激活模式及多肌群协调性等肌肉活动的变化规律^[5]。本研究应用表面肌电图(sEMG)观察PFOA患者双侧股外侧肌、股内侧肌、股二头肌和半腱肌在不同运动状态下的肌肉功能和协调活动差异,为PFOA的康复训练方法提供理论依据。

1 资料与方法

1.1 病例资料

选择2018年7月—2019年12月来我院就诊的早期髌股关节炎患者20例。其中男5例,女15例;年龄(51.20±9.32)岁;Merchant分级I度13例,II度7例;BMI(25.80±2.63);病程19(2.25,60)月;VAS评分(41.65±8.04)mm。将单膝患病患者健侧及双膝患病患者轻微侧定义为优势侧,单膝患病患者患侧及双膝患病患者严重侧定义为非优势侧。

1.1.1 纳入标准:①年龄40—70岁,有独立行为能力;②病程在1个月以上;③VAS评分≥3分;④Merchant分级≤II度。

1.1.2 排除标准:①存在膝关节其他疾病或损伤,如韧带损伤/断裂、半月板损伤等;②存在来自腰椎、髋关节或足部的疼痛;③存在中度或重度的胫股关节炎(KL分级≥3级);④明显的膝关节内、外翻畸形或髌股关节发育不良。

1.2 测试仪器和材料

表面肌电信号检测应用上海产MyoMove-COW-11026型表面肌电图仪。肌电采集系统包括肌电盒一个,信号放大导线8条,与肌电盒无线连接的电脑一台,配套使用的一次性电极片若干。肌电图采样频率为2048Hz,输入阻抗≥1000MΩ,共模抑制比≥110dB,噪声电压≤0.4μV(RMS),采样精度16bit,应用软件MainProject对原始数据进行信号处理。

1.3 测试方法

在进行测试前,嘱受试者进行5—10min的热身活动。

根据SENIAM的建议确定电极位置^[6]。为防止影响信号的采集,用刀片剔除粘贴电极片位置的体毛,并予以75%酒精仔细清洁患者皮肤以降低接触电阻。电极片放置位置如表1所示,两电极片之间相隔2cm,参考电极贴于腓骨小头。

1.3.1 最大自主等长收缩(maximal voluntary isometric contraction, MVIC)的测试^[7]:肢体摆放位置见表1。测试时嘱患者缓慢增加用力,达到最大力量时保持5s,然后缓慢放松。先测优势侧,后测非优势侧,测量三次,组间休息1min。取最大等长收缩的中间3s进行分析,3次测量取肌电信号峰值。

1.3.2 蹲起动作的测试^[8]:测试蹲起动作前告知患者测试程序并熟悉2次,正式测试时,采用八个通道分别记录双下肢四块肌肉的肌电信号。患者赤足站于地垫上,评估者站于一侧防止患者跌倒。先取站立放松位开始记录肌电信号,尽量将身体重心落在两足当中,双足间距与骨盆同宽。听到口令后开始匀速做下蹲动作(用时2s),尽量屈曲膝关节至最大角度,保持2s后匀速站起(用时2s),连续3次,取3次测量的平均值进行分析。

1.4 数据处理与分析

为了减小受试者的差异,对蹲起运动中采集到的原始肌电信号进行归一化处理;计算和比较双下肢膝周肌群在不同运动状态下均方根值(root mean square value, RMS)的变化及腓绳肌内、外侧协同收缩率(co-contraction ratio, CCR),并探究膝关节疼痛与腓绳肌CCR的关系。协同收缩率(%)=腓绳肌RMS/(股四头肌RMS+腓绳肌RMS)×100%,内侧CCR采用股内侧肌和半腱肌计算,外侧CCR采用股外侧肌和股二头肌计算。

1.5 统计学分析

采用SPSS 21.0软件进行数据分析。服从正态分布的计量资料比较采用配对样本t检验,相关性分析采用Pearson分析;不服从正态分布的计量资料采用Wilcoxon符号秩和检验,相关性分析采用Spearman分析。显著性水平α=0.05。

2 结果

2.1 最大自主等长收缩过程中的sEMG变化

非优势侧股内侧肌RMS低于优势侧(P<0.05),而半腱

表1 PFOA患者MVIC测试部位及电极片放置

部位	体位	肢体位置	电极片放置
股外侧肌(VL)	坐位	髌关节屈曲90°,膝关节屈曲90°	髌骨外侧缘上方15cm肌腹隆起处,两电极片连线与股骨长轴夹角为12°—15°
股内侧肌(VM)	坐位	同上	髌骨内侧缘上方5cm肌腹隆起处,两电极片连线与股骨长轴夹角为50°—55°
股二头肌(BF)	俯卧位	髌关节与非测试膝关节中立位,被测试膝关节屈曲90°	坐骨结节与腓骨小头连线中点
半腱肌(ST)	俯卧位	同上	坐骨结节与胫骨内上髁连线中点

肌RMS高于优势侧($P<0.05$),其余肌肉的RMS与股内、外侧肌比值比较无明显差异($P>0.05$)。见图1和表2。

2.2 下蹲运动过程中的sEMG变化

双侧膝周肌群RMS及股内、外侧肌比值差异无显著性意义($P>0.05$);腓绳肌内、外侧CCR以及内、外侧CCR比值比较差异无显著性意义($P>0.05$);疼痛与内侧CCR及内、外侧比值之间存在负相关趋向,与外侧CCR存在正相关趋向,然而这一趋势无显著性意义($P>0.05$)。见图2、4和表2。

2.3 站起运动过程中的sEMG变化

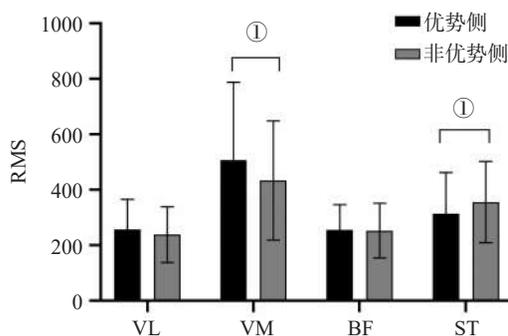
非优势侧股内侧肌RMS高于优势侧($P<0.05$),其余肌肉RMS与股内、外侧肌比值比较差异无显著性意义($P>0.05$);非优势侧腓绳肌内侧CCR小于优势侧($P<0.05$),外侧CCR及内、外侧CCR比值比较差异无显著性意义($P>0.05$);疼痛与腓绳肌内侧CCR无明显相关,与腓绳肌外侧CCR成正相关($P<0.05$),与内、外侧比值成负相关($P<0.05$)。见图3—4和表2。

表2 优势侧与非优势侧膝周肌群各肌电指标的结果比较

	优势侧	非优势侧	t/z 值	P 值
MVIC				
股外侧肌(VL)	257.34±108.39	206.20(169.54,308.05)	1.062	0.302
股内侧肌(VM)	422.24(350.56,610.19)	428.52(291.43,498.01) ^①	2.564	0.019
股二头肌(BF)	254.63±91.59	252.28±98.81	0.210	0.836
半腱肌(ST)	312.61±149.18	355.10±146.66 ^①	-2.458	0.024
VM/VL	1.98±0.70	1.84±0.44	0.826	0.419
下蹲				
股外侧肌(VL)	0.22(0.16,0.25)	0.20(0.15,0.33)	-0.534 ^②	0.593
股内侧肌(VM)	0.18±0.10	0.20(0.11,0.25)	-0.971	0.347
股二头肌(BF)	0.09±0.04	0.09±0.05	0.627	0.540
半腱肌(ST)	0.07±0.05	0.07±0.04	-0.180 ^②	0.857
VM/VL	0.87±0.45	0.92±0.47	-0.365	0.720
内侧CCR	0.29±0.12	0.28±0.15	0.451	0.658
外侧CCR	0.29±0.10	0.26±0.12	0.785	0.445
内侧/外侧CCR	1.14±0.61	1.03(0.69,1.63)	-1.008 ^②	0.313
站起				
股外侧肌(VL)	0.38±0.15	0.44±0.16	-1.834	0.087
股内侧肌(VM)	0.34±0.18	0.41±0.22 ^①	-2.471	0.026
股二头肌(BF)	0.24±0.17	0.18±0.12	-1.375 ^②	0.169
半腱肌(ST)	0.15±0.07	0.12(0.06,0.17)	-1.223 ^②	0.221
VM/VL	0.89±0.36	0.98±0.35	-0.916	0.374
内侧CCR	0.32±0.11	0.25±0.12 ^①	2.362	0.032
外侧CCR	0.36±0.13	0.29±0.13	2.101	0.053
内侧/外侧CCR	0.91(0.61,1.16)	0.79(0.66,1.42)	0.299	0.769

注:①与优势侧相比, $P<0.05$;②采取Wilcoxon符号秩和检验。

图1 优势侧与非优势侧膝周肌群MVIC状态下RMS的比较



注:① $P<0.05$

3 讨论

sEMG是通过表面电极记录肌肉活动时生物电信号的一种无创检查手段,因其无创性、整体性、多导联同时测量的特点而被用于基础科学的研究,并逐渐应用于临床,为临床治疗提供客观的科学依据^[9-10]。RMS是表面肌电信号分析常用指标之一,与肌肉自主收缩程度有关,其变化可直接反映一定时间内肌肉放电的平均水平,在一定程度上可表示肌肉力量的大小^[11]。

有关PFOA患者膝周肌群在蹲起运动中sEMG的研究,目前国内未见报道。本研究选取股外侧肌、股内侧肌、股二头肌和半腱肌作为膝关节屈、伸肌群的代表,采用RMS作为评价指标,用来反映膝周肌群在运动过程中运动单位的募集程度,并使用该指标进行协同收缩率的计算。

在膝关节sEMG研究中,合适的测试角度是屈膝70°—

图2 下蹲时优势侧与非优势侧膝周肌群各肌电指标对比

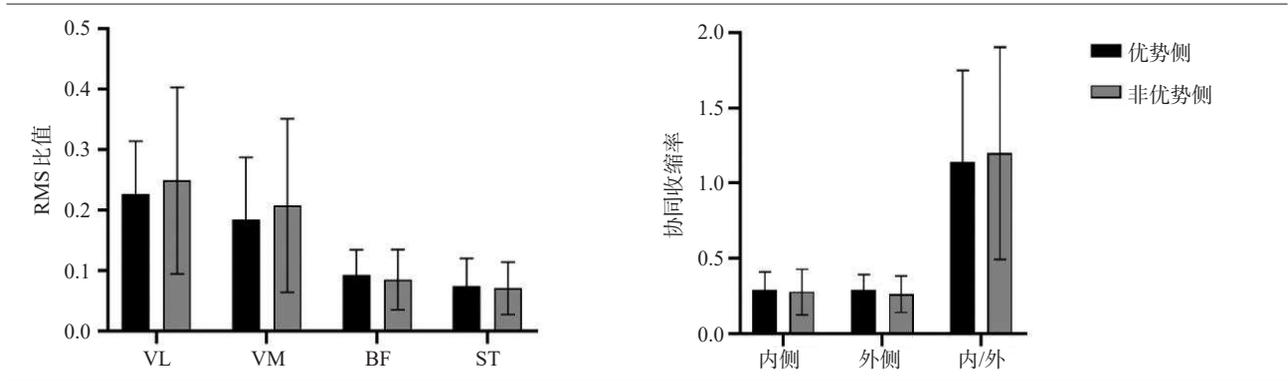
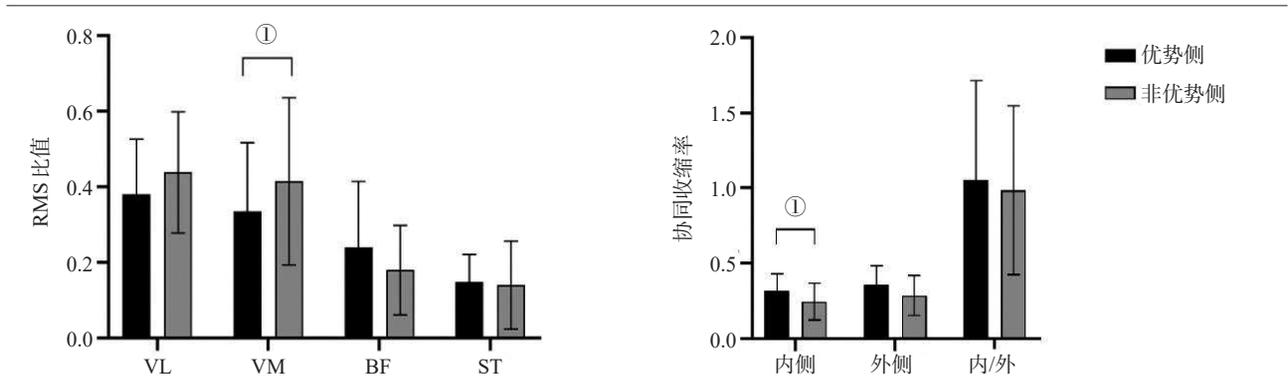
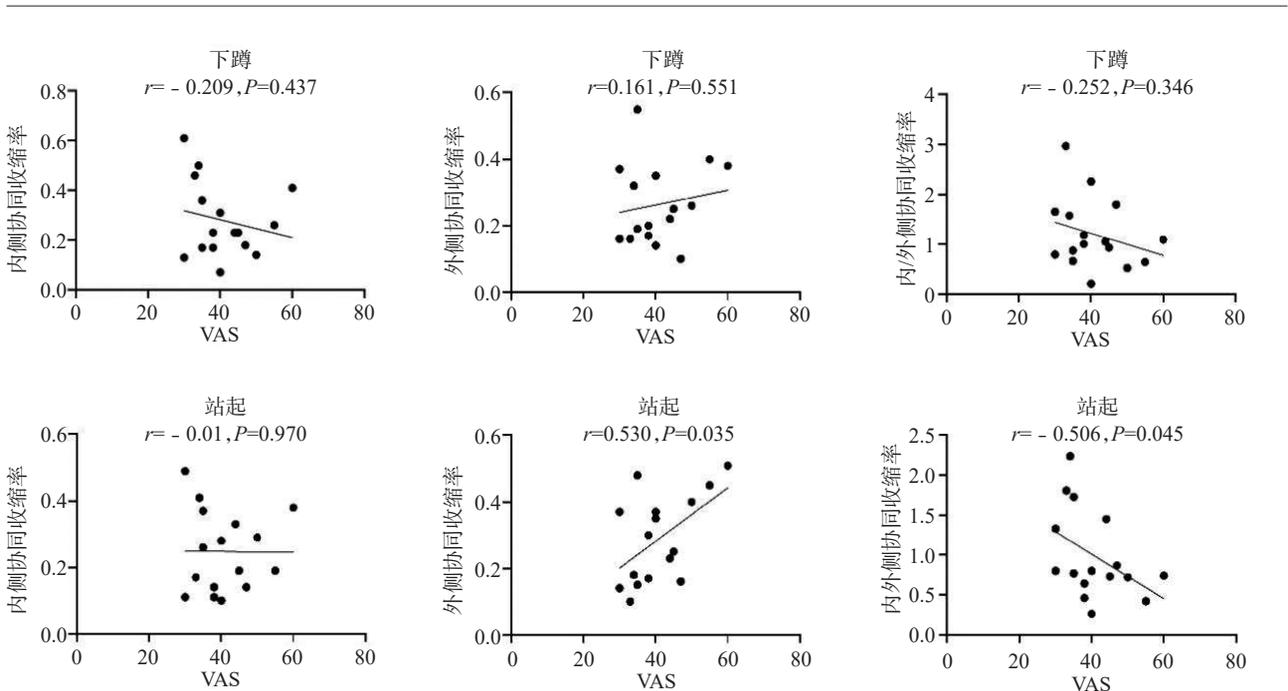


图3 站起时优势侧与非优势侧膝周肌群各肌电指标对比



注:①表示 $P < 0.05$

图4 腓绳肌 CCR 与疼痛的相关性分析



90°^[8]。本研究选用屈膝90°,有利于膝周肌群发挥最大肌力。结果显示,PFOA患者在MVIC状态下,非优势侧股内侧肌RMS低于优势侧,表示股内侧肌肌力减弱。有研究报道:PFOA患者的股四头肌肌力弱于同等年龄段正常健康人^[12-13]。汪伍等^[14]也认为该类患者股内侧肌/股外侧肌的比值存在异常,强化股内侧肌肌力,可以改善股内、外侧肌之间的平衡,建立髌骨活动新的动态平衡。股内侧肌是种系发生中最弱的肌肉,因此膝关节损伤或发生病变时最先开始萎缩^[15]。肌力下降的部分原因是关节受损导致的关节源性肌肉抑制,且与膝关节疼痛的严重程度相关^[16],另一方面膝关节病变导致的体力活动减少和肌肉衰减也会对肌力产生影响^[17]。非优势侧半腱肌RMS高于优势侧,表示半腱肌肌力增加。这在以往PFOA的研究中未见报道,但有学者发现严重KOA患者在站立相的表面肌电信号特征表现为半腱肌与股二头肌明显活跃^[18]。另一研究也报道相关发现:KOA患者下台阶时半腱肌的活跃程度增大^[19]。半腱肌起自坐骨结节,止于胫骨上端内侧面,收缩可减少膝关节动力性外翻的风险^[20],因此,半腱肌力量增加可能是为了加强膝关节稳定性,减少疼痛而发生的代偿性变化。考虑到本研究将优势侧定义为无疼痛或疼痛较轻的一侧下肢,肌肉情况并不能代表正常健康人,因此PFOA患者与正常健康人之间是否存在半腱肌力量的差异,有待进一步研究。

下蹲和站起是日常生活中必不可少的功能性活动,包括股四头肌的离心收缩和向心收缩。本研究发现站起运动中,与优势侧相比,非优势侧的股内侧肌向心收缩时表现出更大程度的激活。Schmitt LC等^[21]研究也发现,膝关节内侧骨关节炎关节不稳,步行时存在股内侧肌激活增高的现象。股内侧肌的功能主要是在动力性运动中维持髌骨的平衡,而不是对伸膝肌力起作用^[22]。研究认为髌骨外移和股内侧肌激活存在负相关关系,股内侧肌运动单位激活增加可能是为了满足髌骨内侧稳定性的需求^[23]。由于肌肉力量下降,肌肉收缩达不到目标力量水平,运动神经元池会通过主动激活的增加来维持目标肌力^[24]。患者站起时,中枢神经系统主动募集大量运动单位造成股内侧肌的激活增加来满足股内侧肌力量不足。股四头肌和腘绳肌是膝关节的一对拮抗肌,CCR是反映主动肌与拮抗肌之间的肌肉协调性的指标^[25]。本研究发现,在站起过程中,非优势侧腘绳肌内侧CCR小于优势侧。患者站起阶段双下肢半腱肌激活程度大致相同,而非优势侧股内侧肌的激活程度大于优势侧,因此出现这种变化的原因可能是股内侧肌过度激活。

此外,我们还探讨了疼痛与腘绳肌CCR的关系。本研究结果显示患者在站起阶段,疼痛与腘绳肌外侧CCR成正相关,与内、外侧CCR比值成负相关。有大量研究表明KOA患者在执行功能性活动时表现出过度的肌肉协同收缩^[19,26],

其余学者也曾发现伸膝过程中腘绳肌协同收缩的增加与更大程度的痛觉敏化有关^[27]。这种增强的协同收缩最初可能起到保护作用,但长期会增加肌肉疲劳以及膝关节表面负荷,导致疼痛加重^[27-28]。由于本研究是横断面的,无法推断出因果关系;没有评估正常健康人的标准,缺乏对照;样本量太小,可能会造成一定的结果误差;没有结合运动学测量,无法更全面的评估PFOA患者的膝关节状况。

4 结论

PFOA患者有疼痛或较疼痛侧下肢与另一侧相比,肌肉力量与站起过程中肌肉收缩的协调性均存在异常。因此,PFOA患者的康复训练重点除加强股四头肌力量外,还应注重患者膝关节屈、伸肌群的协调性训练,以提高膝关节的稳定性及控制能力。

参考文献

- [1] Hart HF, Stefanik JJ, Wyndow N, et al. The prevalence of radiographic and MRI-defined patellofemoral osteoarthritis and structural pathology: a systematic review and meta-analysis[J]. *Br J Sports Med*, 2017,51(16):1195—1208.
- [2] Choudhury A, Lambkin R, Auvinet E, et al. P004 - Patellofemoral arthroplasty improves gait in isolated patellofemoral arthritis, a prospective cohort gait analysis study[J]. *Gait Posture*, 2018,65(Suppl 1):241—242.
- [3] Wyndow N, Collins NJ, Vicenzino B, et al. Foot and ankle characteristics and dynamic knee valgus in individuals with patellofemoral osteoarthritis[J]. *J Foot Ankle Res*, 2018,11:65.
- [4] Crossley KM, Stefanik JJ, Selfe J, et al. 2016 patellofemoral pain consensus statement from the 4th international patellofemoral pain research retreat, manchester. Part 1: terminology, definitions, clinical examination, natural history, patellofemoral osteoarthritis and patient-reported outcome measures [J]. *Br J Sports Med*, 2016,50(14):839—843.
- [5] 王健, 金德闻. 康复医学领域的表面肌电应用研究[J]. *中国康复医学杂志*, 2006(1)6—7.
- [6] Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, et al. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures[J]. *J Electromyogr Kinesiol*, 2000,10(5):361—374.
- [7] 燕铁斌, Hui-Chan WYC. 踝背伸和跖屈肌群的最大等长收缩:脑卒中急性期患者与同龄健康老人表面肌电图对照研究[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2003(4)22—25.
- [8] 俞晓杰, 吴毅, 胡永善, 等. 膝关节骨关节炎患者膝屈伸肌的表面肌电信号研究[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2006,(6):402—405.

- [9] Ferrari A, Benedetti MG, Pavan E, et al. Quantitative comparison of five current protocols in gait analysis[J]. *Gait Posture*, 2008,28(2):207—216.
- [10] Donoso BE, McCoy SW, Fechko AS, et al. Preliminary investigation of an electromyography-controlled video game as a home program for persons in the chronic phase of stroke recovery[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2014, 95(8): 1461—1469.
- [11] 李建华. 表面肌电图诊断技术临床应用[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2015.
- [12] Lucas K, Jacobs C, Lattermann C, et al. Gait deviations and muscle strength deficits in subjects with patellar instability[J]. *Knee*, 2020,27(4):1285—1290.
- [13] Hoglund LT, Hillstrom HJ, Barr-Gillespie AE, et al. Frontal plane knee and hip kinematics during sit-to-stand and proximal lower extremity strength in persons with patellofemoral osteoarthritis: a pilot study[J]. *J Appl Biomech*, 2014,30(1):82—94.
- [14] 汪伍, 潘惠娟, 王惠芳. 关节松动术联合肌力训练在髌股关节炎关节镜术后康复中的应用研究[J]. *中国康复医学杂志*, 2016,31(3):280—285.
- [15] 李霞, 邓学东. 超声检查在下肢远端骨折患者肌肉参数及血流动力学改变监测中的应用[J]. *中华医学超声杂志(电子版)*, 2019,16(11):821—826.
- [16] Callaghan MJ, Parkes MJ, Hutchinson CE, et al. Factors associated with arthrogenous muscle inhibition in patellofemoral osteoarthritis[J]. *Osteoarthritis Cartilage*, 2014, 22(6): 742—746.
- [17] Tan J, Balci N, Sepici V, et al. Isokinetic and isometric strength in osteoarthrosis of the knee. a comparative study with healthy women[J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 1995, 74(5):364—369.
- [18] Callaghan MJ, McCarthy CJ, Oldham JA. The reliability of surface electromyography to assess quadriceps fatigue during multi joint tasks in healthy and painful knees[J]. *J Electromyogr Kinesiol*, 2009,19(1):172—180.
- [19] Sanchez-Ramirez DC, Malfait B, Baert I, et al. Biomechanical and neuromuscular adaptations during the landing phase of a stepping-down task in patients with early or established knee osteoarthritis[J]. *Knee*, 2016,23(3):367—375.
- [20] Zebis MK, Bencke J, Andersen LL, et al. The effects of neuromuscular training on knee joint motor control during sidcutting in female elite soccer and handball players[J]. *Clin J Sport Med*, 2008,18(4):329—337.
- [21] Schmitt LC, Rudolph KS. Muscle stabilization strategies in people with medial knee osteoarthritis: the effect of instability[J]. *J Orthop Res*, 2008,26(9):1180—1185.
- [22] 师东良, 王宁华, 谢斌. 膝关节炎患者与正常人股内侧肌、股直肌和股外侧肌收缩特征的对照研究[J]. *中国康复理论与实践*, 2009,15(6):508—513.
- [23] Powers CM. Patellar kinematics, part I: the influence of vastus muscle activity in subjects with and without patellofemoral pain[J]. *Phys Ther*, 2000,80(10):956—964.
- [24] de Luca CJ, Foley PJ, Erim Z. Motor unit control properties in constant-force isometric contractions[J]. *J Neurophysiol*, 1996,76(3):1503—1516.
- [25] 高崇, 章礼勤, 刘淑晨, 等. 四肢联动训练增进脑卒中偏瘫患者下肢肌肉激活及协调性[J]. *中国运动医学杂志*, 2020, 39(5):363—367.
- [26] Preece SJ, Jones RK, Brown CA, et al. Reductions in co-contraction following neuromuscular re-education in people with knee osteoarthritis[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2016,17(1):372.
- [27] Stefanik JJ, Frey-Law L, Segal NA, et al. The relation of peripheral and central sensitization to muscle co-contraction: the MOST study[J]. *Osteoarthritis Cartilage*, 2020, 28(9):1214—1219.
- [28] Winby CR, Gerus P, Kirk TB, et al. Correlation between EMG-based co-activation measures and medial and lateral compartment loads of the knee during gait[J]. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2013,28(9—10):1014—1019.