

穿戴髌腱加压带对跳跃动作影响的生物力学研究^①

刘 译 文

川北医学院 体育部, 四川 南充 637000

摘要: 为探讨髌腱加压带对股四头肌肌力、活化程度和跳跃力学的影响, 招募 16 位自愿参与本实验的健康受试者, 运用等速肌力仪及表面肌电测试系统, 监测穿戴髌腱加压带前后股四头肌肌力及肌肉活化程度, 并利用三维测力台分析 3 种不同跳模式的地面反作用力。结果显示: ①穿戴髌腱加压带对股四头肌肌力及肌肉活化程度无显著影响, 但可有效提升股内侧肌活化程度并可降低股外侧肌活化程度; ②穿戴髌腱加压带可显著增加蹲踞跳起跳时地面反作用力, 但对下蹲跳和着地反弹跳起跳时的地面反作用力无影响作用; ③穿戴髌腱加压带虽不影响下蹲跳及着地反弹跳的地面反作用力, 但却在负荷率及着地反弹跳第 1 次及第 2 次着地时地面反作用力方面存在下降趋势。认为穿戴髌腱加压带对于股四头肌肌力输出与肌肉活化程度没有负面效益, 不会影响股四头肌在运动过程中的伸张-收缩循环机制, 能降低着地时的冲击负荷。

关 键 词: 髌腱加压带; 蹲踞跳; 下蹲跳; 着地反弹跳; 表面肌电; 生物力学

中图分类号: G804

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2020)04-0082-08

髌腱炎(patellar tendinopathy) 又名跳跃膝(jumper's knee), 常见于需要做大量跳跃运动的运动项目中, 如排球及篮球等项目的运动员, 其发生率非常高。髌腱炎的临床特征为在髌骨下缘有局部压痛, 而大多发生病变的位置为髌腱近端后束。来自于流行病学的调查发现, 在青年运动员中, 一般排球运动员与优秀排球运动员的髌腱炎发生率为 14.4% 对 44.6%^[1-2]; 篮球运动项目中, 一般篮球运动员与优秀篮球运动员的发生率为 13.3% 对 31.9%^[2-3]。有髌腱炎症状的选手一般具有较重的体质量并接受过较强的重量训练强度, 且其跳跃能力也比无症状的选手要好^[4]。众多研究表明高跳跃频率^[5]、高训练负荷量^[6]、排球与篮球选手^[7]、男性及精英运动员^[8]、僵硬跳跃着地模式与较短的着地时间^[9-10]皆为诱发髌腱炎的危险因子。

从跳跃动作的运动生物力学特征看, 跳跃必须依靠股四头肌的强力收缩, 此时髌腱承受极大负荷而导致伤害发生机率剧增。髌腱炎发生的机制属于一种慢性超载性伤害, 因为髌腱的重复拉伸而导致髌腱近端处微创, 且微创发展的速度快于自身修复的速度, 特别是在膝关节屈曲 60° 时, 髌腱所承受的负荷达到峰值^[11-12]。基于髌腱炎慢性负荷超载的机制, 预防或缓解髌腱炎需要停止高强度跳跃训练以达到降低髌腱负荷, 但这种建议并非针对所有专项运动员, 对那些经常从事跳跃的运动员而言, 穿戴髌腱加压带或许是一个较佳的选择。髌腱加压带是运动员经常使用的膝关节辅具, 其目的为经由髌腱加压带施加压力于髌腱, 借此在髌腱中段产生不同的力量分布及作用点, 减少运动过程中作用于髌腱近端的负荷, 进而减少髌腱炎的发生机率。

目前相关研究显示^[13], 膝关节使用髌腱加压带后, 可显著减少髌骨下软组织的压力与髌股关节压力。Nilgun Bek 等人^[14]发现小学六年级男生穿戴髌腱加压带后, 可显著降低小腿处的剪力值, 达到减少膝关节

① 收稿日期: 2019-02-20

作者简介: 刘译文(1989—), 女, 讲师, 主要从事运动训练的研究。

负荷的作用；Lavagnino 等人^[15]研究指出，健康人穿戴髌腱加压带可以有效减少髌腱长度，增加髌骨—髌腱角度，从而显著减少作用在髌腱近端处的负荷；Gulling 等人^[16]研究发现健康受试者穿着膝护具进行等速膝关节运动时，会显著减少股内侧肌及股外侧肌的活化程度；Dewar 等人^[17]检测穿戴踝关节护具后，折返跑及垂直跳的成绩明显降低；Courtney 等人^[18]也指出穿戴绑带式足踝护具会增加着地时垂直地面反作用力和关节力量；Straub 等人^[19]研究认为，健康受试者在进行蹲举时，使用髌腱加压带并不会影响股四头肌活化程度。

综上所述不难看出，针对髌腱炎及髌股疼痛症候群患者，选用髌腱加压带确实能有效减轻髌腱负荷，同时在进行跳跃或蹲举运动时，亦能有效减轻疼痛不适感^[20]。然而，穿戴不同的辅具形式对于肌肉活化程度及地面反作用力的影响显然存在一定差异，其中穿戴髌腱加压带可以有效减轻髌腱负荷，但减轻髌腱负荷是否有益于降低股四头肌肌力或肌肉活化程度，是否会因为减轻髌腱负荷而对于肌力或跳跃能力造成负面影响，目前文献未能完全解决这些问题。本研究通过探讨髌腱加压带对于股四头肌肌力、活化程度和跳跃力学的影响，以揭示髌腱加压带的使用是否能显著影响股四头肌的向心及离心收缩肌力以及肌肉活化程度，再利用地面反作用力参数去评估穿戴髌腱加压带是否会改变运动员跳跃时的动力学特性，从而为运动训练及全民健身科学使用髌腱加压带提供有益参考。

1 材料与方法

1.1 实验对象

共 16 位有运动习惯的健康男大学生志愿参与本研究，平均年龄 (21.75 ± 2.14) 岁，平均身高为 (170.15 ± 6.73) cm，平均体质量 (70.45 ± 8.46) kg。

实验对象纳入标准：①符合自愿参与原则；②有运动习惯者；③无心血管疾病、糖尿病、呼吸功能障碍、胸痛、神经肌肉及骨关节疾病史者；④受试者均没有下肢或躯干手术病史，也未有下肢神经肌肉骨骼之疾病或伤害；⑤在过去一年内未曾接受任何下肢骨骼和肌肉开刀手术。本研究经过学校伦理审查委员会的审核并通过。

实验对象剔除标准：①有使用过贴扎、护具者；②从事运动训练者；③有胸痛及前庭功能与神经感觉功能障碍者；④长期服用止痛药；⑤膝关节有特异性疼痛者。

1.2 实验设备

本研究使用实验设备有：①等速肌力测量仪（Biodex Medical System, Inc.，产地：美国），主要用于测量使用髌腱加压带前后股四头肌肌力测试；②表面肌电信号采集系统（Biopac MP150system，产地：美国），主要用于采集等速肌力测试过程中股四头肌的肌电信号变化，采样频率 1 000 Hz；③三维测试力台（Kistler, Inc.，Winterhur，产地：瑞士），主要用于测量受试者跳跃时的地面反作用力，采样频率为 1 000 Hz；④髌腱加压带（I-MingSanitary Materials Co.，Ltd.，产地：中国），主要用于实验介入使用。

1.3 实验程序

1.3.1 实验前准备

1) 每位受试者须要收集 2 天数据，中间至少间隔一天，每个人须以随机方式选择其中一天穿戴髌腱加压带，而另一天则没有穿戴髌腱加压带，2 天的实验流程相同。

2) 正式实验前，先向受试者说明实验目的及流程，填写受试者基本信息及同意书，并抽签决定髌腱加压带使用的顺序。

3) 让受试者先进行 10 min 下肢肌肉伸展与热身，在股内侧肌、股直肌和股外侧肌沿着肌腹粘贴表面肌电信号电极片，参考电极片粘贴在非测试脚的外踝处，接着测量股四头肌最大自主等长收缩（maximum voluntary isometric contraction, MVC）肌电信号，以作为后续肌电信号处理标准化之用。

4) 将受试者施予 2 种不同穿戴（穿、不穿），按平衡次序法分配穿戴方式进行测试。第一天测试完成后

休息 24 h 再接受下一次测试, 同一天同一动作测 3 次, 选择受试者的优势腿进行单腿穿戴测试; 选择最佳一次实验数据作为结果分析之用, 共进行 6 次实验测试.

1.3.2 实验测试

1) 股四头肌肌力与肌肉活化程度的测量. 采用等速肌力测试评估系统(Biodex 4 quick-set, 产地: 美国). 受试者采坐姿, 调整髋、膝、踝关节阻挡板间的距离, 让各附件连接处对准等速肌力测试仪的轴点, 调整轴点高度至适当位置, 测量股四头肌在角速度 0.70, 1.05, 1.40, 2.09, 2.79 rad/s 向心收缩下的肌力及角速度 0.70 rad/s 离心收缩下的肌力, 并同步收集肌肉的肌电信号, 每个角速度重复 3 次膝关节伸直动作, 在不同角速度的测试间休息 1 min, 每位受试者的角速度收集顺序为随机.

2) 跳跃时的地面反作用力数据采集. 利用三维测力板测量受试者在不同跳跃模式中, 起跳及着地时的地面反作用力. 共测 3 种不同跳跃模式, 即蹲踞跳: 受试者双手插腰, 自然下蹲膝关节屈曲 90°为起始位置, 起跳时膝关节没有下蹲的动作, 受试者尽全力往上跳跃后着地; 下蹲跳: 受试者双手插腰, 以自然站立为起始位置, 起跳时受试者先下蹲再尽力往上跳跃后着地; 着地反弹跳: 受试者站在高 30 cm 箱子上, 由箱子落下着地下蹲后立即再向上跳跃后着地. 每位受试者在不同跳跃模式的数据收集顺序采用随机方式选择.

1.4 原始数理分析

对穿戴髌腱加压带前后股四头肌肌力、肌电讯号及跳跃时地面反作用力等原始参数进行处理.

1) 等速肌力部分, 受试者惯用脚在等速膝关节运动时最大伸直力矩.

2) 采用表面电极片收集等速肌力测试时, 股四头肌的肌电信号进行同步采集, 采样频率为 1 000 Hz, 将获取的肌电信号经过低通滤波, 截断频率 20 Hz, 接着对原始肌电信号取绝对值, 再对信号做均方根处理, 并利用每条肌肉的最大自主等长收缩作标准化, 以计算肌肉活化程度值(%MVC).

3) 将利用三维力测力板采集的受试者跳跃时的地面反作用力进行数模转换, 采样频率为 1 000 Hz. 然后将压力信号进行低通滤波, 截断频率 100 Hz. 针对不同跳跃模式下的起跳与着地时的垂直地面反作用力峰值, 以个体体质量为依据做标准化(换成体重百分比), 同时计算负荷率; 定义为地面反作用力峰值除以着地瞬间至地面反作用力峰值出现的时间, 起跳与着地时间点之差异表示空中滞留时间.

1.5 统计学方法

运用 SPSS 21.0 统计分析软件对获得的生物力学参数进行统计检验, 采用独立样本 *t* 检验, 比较受试者惯用脚穿戴髌腱加压带前后的股四头肌肌力、肌肉活化程度、跳跃时地面反作用力峰值、负荷率及空中滞留时间变化, 所有参数的显著性水平设定 $\alpha=0.05$.

2 研究结果

2.1 穿戴髌腱加压带对股四头肌肌力矩的影响分析

表 1 显示, 无论离心收缩还是 5 种角速度下的向心收缩, 穿戴与未穿戴髌腱加压带后对股四头肌肌力矩皆无显著影响($p>0.05$).

表 1 穿戴与未穿戴髌腱加压带对股四头肌肌力矩特征统计表

	离心收缩		向心收缩			
	0.70/rad · s ⁻¹	0.70/rad · s ⁻¹	1.05/rad · s ⁻¹	1.40/rad · s ⁻¹	2.09/rad · s ⁻¹	2.79/rad · s ⁻¹
穿戴加压带	291.28±71.36	216.14±42.35	192.56±39.53	170.23±28.66	169.15±38.49	146.87±25.18
未穿戴加压带	284.85±56.61	207.61±55.18	188.59±44.08	174.63±51.14	163.51±49.13	140.13±35.21
<i>t</i> 检验	$p>0.05$	$p>0.05$	$p>0.05$	$p>0.05$	$p>0.05$	$p>0.05$

2.2 穿戴髌腱加压带对股四头肌肌电特征的影响分析

表 2 显示: ①穿戴与未穿戴髌腱加压带对离心收缩股内侧肌、股直肌、股外侧肌活化程度无影响($p>0.05$); ②穿戴与未穿戴髌腱加压带对向心收缩情况下的股直肌活化程度无影响($p>0.05$), 但对股内侧肌及股外侧肌的活化程度有显著的影响; 其中股内侧肌在 5 种角速度情况下皆一致表现为穿戴加压带的活化

3 分析与讨论

3.1 髌腱加压带对股四头肌肌力及活化程度的影响

本研究发现穿戴髌腱加压带后,股四头肌肌力在不同角速度等速伸膝运动下的差异均不具有统计学意义,这与 Zhang 等人^[21]的研究结果相似,他们发现健康受试者穿着膝护具对于膝伸肌肌力没有显著影响,这意味着无论使用膝护具还是髌腱加压带,对股四头肌肌力皆不会造成显著影响.从临床使用情况看,肘关节臂带及髌腱加压带(用于不同关节)皆用于肌腱发炎的治疗处理,相关研究报道^[22-23],使用肘关节臂带能显著增加腕伸肌肌力;网球肘患者使用臂带后,腕伸肌自主收缩力量及握力有显著增加.显然,使用臂带于肘关节的研究结果与本研究使用髌腱加压带的肌力结果并不一致,这可能是因为臂带压迫位置主要位于近端伸腕肌群,而髌腱加压带并非直接压迫于远端股四头肌,而是压迫于髌骨下方的髌腱上.膝关节护具对肌肉(或肌腱)压迫位置与髌腱加压带不同,故两者对股四头肌造成肌力效果有差异.可见,本研究认为髌腱加压带的机制是借髌腱—髌骨及髌骨—股骨间轴线达到减少髌腱负荷的效果,却不能影响膝关节伸肌力量输出改变.

本研究采用不同角速度下进行等速膝关节伸直运动测试,发现穿戴髌腱加压带皆不能引起股四头肌活化程度的改变.先前研究发现^[24],不同速度下垂直跳,穿着功能性膝护具也不会显著改变股直肌活化程度. Straub 等人^[19]发现健康受试者穿着髌骨上加压带或髌腱加压带进行蹲举动作时,股四头肌活化程度亦没有显著改变.上述学者的实验设计虽与本研究不同,但结果却很相似,皆显示使用髌腱加压带、髌骨加压带及膝护具对股四头肌活化程度不会造成显著的影响. Cavazzuti 等人^[25]认为,髌股疼痛症候群的发生机制是由于股四头肌收缩时内外侧力量不均衡所致,患者股内侧肌及股外侧肌活化比值显著小于健康受试者,表示髌股疼痛患者的股内侧肌有相对较低活化程度;而当股内侧肌活化程度大于股外侧肌,有助于减缓髌股疼痛^[26].但本研究发现髌腱加压带对股四头肌肌肉活化程度没有显著影响,而在向心收缩时发现髌腱加压带导致股内侧肌活化程度有显著增加趋势,而股外侧肌活化程度则有显著减少趋势.这一结果与 Straub 等人^[19]报道的结果一致,该实验使用髌腱加压带后做蹲举动作时发现,虽然股四头肌活化程度没达到显著水平,但却出现股内侧肌活化程度增加及股外侧肌活化程度减少现象.可见,本研究的发现对于髌股疼痛症候群处置可能存在正向效益.

3.2 髌腱加压带对于跳跃动作的影响

根据肌肉收缩时长度的变化,肌肉的运动形式可分为等长收缩、向心收缩和离心收缩,反向运动的收缩模式主要为肌肉离心收缩后,立即进行向心收缩,此过程会产生弹性势能及伸张反射,故称之为复合运动模式,即伸张—收缩循环(stretch-shortening cycle, SSC). SSC 收缩可将跳跃运动分为 3 种模式:①蹲踞跳:起跳时膝关节伸肌进行单纯向心收缩,没有伸张—收缩循环的产生,如高台滑雪起跳;②下蹲跳:跳跃动作有长伸张—收缩循环的产生,如排球拦网;③着地反弹跳:跳跃动作有短伸张—收缩循环的产生,如跳高或跳远.

本研究结果显示穿戴髌腱加压带对于下蹲跳及着地反弹跳起跳的反作用力没有显著的影响.下蹲跳和着地反弹跳下肢动作特征呈明显的 SSC 收缩机制,故可推知穿戴髌腱加压带对具有拉张—缩短循环作用的跳跃动作的地面反作用力、负荷率以及滞空时间等不会产生明显影响.据 Nattapat 等人^[27]研究报道,羽球选手穿戴膝护具,对于垂直跳高度没有显著影响;Henrike Greuel 等^[28]研究发现,穿戴膝护具不能引发垂直跳跃推蹬期的垂直地面反作用力峰值的明显改变.本研究结果与上述研究基本一致,即穿戴髌腱加压带对具有拉长—缩短循环机制的跳跃推蹬力量不会产生明显影响.蹲踞跳属于单纯股四头肌向心收缩的跳跃动作,没有明显的拉长—缩短循环收缩模式.本研究结果显示穿戴髌腱加压带会使蹲踞跳起跳时的最大地面反作用力显著增加.另一方面,从等速肌力测试结果看,穿戴髌腱加压带对股四头肌肌力无影响,但在单纯向心收缩的蹲踞跳时,起跳时的推蹬力却呈现显著增加.有研究发现^[15],穿戴髌腱加压带会减少作用

于髌腱上的应变,同时蹲踞跳并没有拉长—缩短循环机制介入,当起跳时膝关节进行伸直动作,就如同将髌腱视为一刚体,使得肌肉收缩力量能够直接传递至胫骨。由于髌腱属于粘弹性组织,未穿戴髌腱加压带时,在股四头肌收缩瞬间,肌腱的粘弹特性将使髌腱产生微小应变并释放部分能量而使得肌肉收缩力量的传递效率降低,故推知穿戴髌腱加压带进行蹲踞跳,起跳时推蹬力量比未穿戴髌腱加压带有增加现象。

本研究还发现,3种不同跳跃模式着地时地面反作用力皆不会受穿戴髌腱加压带的影响,这也被先前的相关研究所证实。Yu等人^[29-30]研究发现健康受试者无论是否穿戴膝护具,跳跃着地时的最大垂直地面反作用力皆无显著差异;Hsu等人^[14]探讨男童从40 cm的高台落下着地所测得的最大垂直地面反作用力同样不受穿戴髌腱加压带的影响;Astrid等人^[31]研究发现健康成年人穿戴髌腱加压带在30 s连续跳跃的前期并不影响下肢力学参数,但在连续跳跃后期,穿戴髌腱加压带会显著增加下肢关节活动度、地面垂直反作用力及负荷率,表明穿戴髌腱加压带在连续跳跃后期能有效支撑膝关节。本研究实验设计的动作并非连续单跳动作,故所获得的结果与先前学者的结果有差异,但经对地面反作用力及负荷率的仔细观察后发现减少趋势,即蹲踞跳、下蹲跳、着地反弹跳第1次及第2次着地相比皆有这个趋势,这似乎暗示穿戴髌腱加压带对减轻下肢关节负荷存在正向效益的趋势。

4 结 论

1)穿戴髌腱加压带对股四头肌肌力及肌肉活化程度没有明显影响,但对促进股内侧肌活化程度及减少股外侧肌活化程度效果明显,这表明髌腱加压带对于髌股疼痛患者有正向效益;

2)穿戴髌腱加压带能显著提升蹲踞跳起跳时的地面反作用力,但对下蹲跳及着地反弹跳起跳时的地面反作用力无影响,这意味着髌腱加压带不会影响股四头肌在运动过程中的拉长—缩短收缩循环机制,亦不影响下肢推蹬力量的传递;

3)穿戴髌腱加压带对蹲踞跳、下蹲跳及着地反弹跳皆有减少着地时地面反作用力的趋势,因而髌腱炎及髌股疼痛症候群的运动员,在进行跳跃训练时,选择适当的髌腱加压带,可以缓解髌腱负荷。

5 存在的不足

本研究仅对不同跳跃动作的地面反作用力参数进行了分析,未能分析髌、膝、踝三大关节所承受的关节力、关节力矩等参数变化;本研究亦未针对不同性别受试者穿戴髌腱加压带可能对股四头肌肌力和跳跃产生的影响进行分析,故后续研究应将性别影响及跳跃时下肢运动学、动力学及肌电综合起来进行分析,以进一步探讨不同跳跃动作中,穿戴髌腱加压带是否会影响下肢关节角度变化及肌肉活化程度。

参考文献:

- [1] DURCAN L, COOLE A, MCCARTHY E, et al. The Prevalence of Patellar Tendinopathy in Elite Academy Rugby: a Clinical and Imaging Study [J]. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2014, 17(2): 173-176.
- [2] GISSLEN K. High Prevalence of Jumper's Knee and Sonographic Changes in Swedish Elite Junior Volleyball Players Compared to Matched Controls [J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2005, 39(5): 298-301.
- [3] ZWERVER J, BREDEWEG S W, VAN DEN AKKER-SCHEEK I. Prevalence of Jumper's Knee among Nonelite Athletes from Different Sports [J]. *The American Journal of Sports Medicine*, 2011, 39(9): 1984-1988.
- [4] VISNES H, AANDAH L H Å, BAH R. Jumper's Knee Paradox-jumping Ability Is a Risk Factor for Developing Jumper's Knee: a 5-year Prospective Study [J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2013, 47(8): 503-507.
- [5] BAH R M A, BAH R. Jump Frequency may Contribute to Risk of Jumper's Knee: a Study of Interindividual and Sex Differences in a Total of 11 943 Jumps Video Recorded during Training and Matches in Young Elite Volleyball Players [J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2014, 48(17): 1322-1326.
- [6] VISNES H, BAH R. Training Volume as a Risk Factor for the Development of Jumper's Knee? Data from the Patellar Tendinopathy Cohort 2006-2010 [J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2011, 45(4): 324-325.
- [7] KAUX J F, CROISIER J L, FORTHOMME B, et al. Using Platelet-rich Plasma to Treat Jumper's Knees: Exploring

- the Effect of a Second Closely-timed Infiltration [J]. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2016, 19(3): 200-204.
- [8] VAN DER Worp H, VAN ARK M, ZWERVER J, et al. Risk Factors for Patellar Tendinopathy in Basketball and Volleyball Players: a Cross-sectional Study [J]. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2012, 22(6): 783-790.
- [9] VAN DER Worp H, DE POEL H, DIERCKX R, et al. Jumper's Knee or Lander's Knee? a Systematic Review of the Relation between Jump Biomechanics and Patellar Tendinopathy [J]. *International Journal of Sports Medicine*, 2014, 35(8): 714-722.
- [10] DER Worp H, VAN DER DOES H, BRINK M, et al. Prospective Study of the Relation between Landing Biomechanics and Jumper's Knee [J]. *International Journal of Sports Medicine*, 2015, 37(3): 245-250.
- [11] LEE D W, KIM J G, KIM T M, et al. Refractory Patellar Tendinopathy Treated by Arthroscopic Decortication of the Inferior Patellar Pole in Athletes: Mid-term Outcomes [J]. *The Knee*, 2018, 25(3): 499-506.
- [12] ROSEN A B, KO J, SIMPSON K J, et al. Patellar Tendon Straps Decrease Pre-landing Quadriceps Activation in Males with Patellar Tendinopathy [J]. *Physical Therapy in Sport*, 2017, 24: 13-19.
- [13] ROSEN A B, KO J, BROWN C N. Single-limb Landing Biomechanics are Altered and Patellar Tendinopathy Related Pain is Reduced with Acute Infrapatellar Strap Application [J]. *The Knee*, 2017, 24(4): 761-767.
- [14] BEK N, KINIKLI G İ, CALLAGHAN M J, et al. Foot Biomechanics and Initial Effects of Infrapatellar Strap on Gait Parameters in Patients with Unilateral Patellofemoral Pain Syndrome [J]. *The Foot*, 2011, 21(3): 114-118.
- [15] LAVAGNINO M, ARNOCZKY S P, DODDS J, et al. Infrapatellar Straps Decrease Patellar Tendon Strain at the Site of the Jumper's Knee Lesion: a Computational Analysis Based on Radiographic Measurements [J]. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 2011, 3(3): 296-302.
- [16] GULLING L K, LEPHART S M, STONE D A, et al. The Effects of Patellar Bracing on Quadriceps EMG Activity during Isokinetic Exercise [J]. *Isokinetics and Exercise Science*, 1996, 6(2): 133-138.
- [17] DEWAR R A, ARNOLD G P, WANG W, et al. Comparison of 3 Ankle Braces in Reducing Ankle Inversion in a Basketball Rebounding Task [J]. *The Foot*, 2019, 39: 129-135.
- [18] WEBSTER C A, NUSSBAUM M A, MADIGAN M L. Stiffness and Proprioceptive Contributions of Ankle Braces and the Influence of Localized Muscle Fatigue [J]. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2017, 34: 37-43.
- [19] STRAUB R K, CIPRIANI D J. Influence of Infrapatellar and Suprapatellar Straps on Quadriceps Muscle Activity and Onset Timing during the Body-Weight Squat [J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2012, 26(7): 1827-1837.
- [20] DE VRIES A, VAN DEN AKKER-SCHEEK I, DIERCKX R, et al. 25 Effect of the Use of Patellar Strap and Sports Tape on Pain in Patellar Tendinopathy [J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2014, 48(Suppl 2): A16. 2-A17.
- [21] ZHANG S N, WORTLEY M, SILVERNAIL J F, et al. Do Ankle Braces Provide Similar Effects on Ankle Biomechanical Variables in Subjects with and without Chronic Ankle Instability during Landing? [J]. *Journal of Sport and Health Science*, 2012, 1(2): 114-120.
- [22] GARG R, ADAMSON G J, DAWSON P A, et al. A Prospective Randomized Study Comparing a Forearm Strap Brace Versus a Wrist Splint for the Treatment of Lateral Epicondylitis [J]. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 2010, 19(4): 508-512.
- [23] ALIZADEHKHAIYAT O, FISHER A C, KEMP G J, et al. Assessment of Functional Recovery in Tennis Elbow [J]. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2009, 19(4): 631-638.
- [24] MOON J, KIM H, LEE J, et al. Effect of Wearing a Knee Brace or Sleeve on the Knee Joint and Anterior Cruciate Ligament Force during Drop Jumps: a Clinical Intervention Study [J]. *The Knee*, 2018, 25(6): 1009-1015.
- [25] CAVAZZUTI L, MERLO A, ORLANDI F, et al. Delayed Onset of Electromyographic Activity of Vastus Medialis Obliquus Relative to Vastus Lateralis in Subjects with Patellofemoral Pain Syndrome [J]. *Gait & Posture*, 2010, 32(3): 290-295.
- [26] SINGER J C, LAMONTAGNE M. The Effect of Functional Knee Brace Design and Hinge Misalignment on Lower Limb Joint Mechanics [J]. *Clinical Biomechanics*, 2008, 23(1): 52-59.
- [27] WONGPAKDEE N, LEELATAVIWAT S, GOEL S C, et al. Performance-based Design and Collapse Evaluation of Buckling Restrained Knee Braced Truss Moment Frames [J]. *Engineering Structures*, 2014, 60: 23-31.

- [28] GREUEL H, HERRINGTON L, LIU A M, et al. Influence of the Powers? Strap on Pain and Lower Limb Biomechanics in Individuals with Patellofemoral Pain [J]. *The Knee*, 2019, 26(6): 1210-1219.
- [29] YU B, HERMAN D, PRESTON J, et al. Immediate Effects of a Knee Brace with a Constraint to Knee Extension on Knee Kinematics and Ground Reaction Forces in a Stop-Jump Task [J]. *The American Journal of Sports Medicine*, 2004, 32(5): 1136-1143.
- [30] OCHI A, OHKO H, OTA S, et al. Custom-made Hinged Knee Braces with Extension Support can Improve Dynamic Balance [J]. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 2018, 16(3): 94-98.
- [31] DE VRIES A J, VAN DEN AKKER-SCHEEK I, DIERCKX R L, et al. The Effect of a Patellar Strap on Knee Joint Proprioception in Healthy Participants and Athletes with Patellar Tendinopathy [J]. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2016, 19(4): 278-282.

Biomechanical Study on Effect of Wearing Patellar Tendon Compression Band on Jumping Movement

LIU Yi-wen

North Sichuan Medical College Sports Department, Nanchong Sichuan 637000, China

Abstract: Studies have been done to explore the effect of patellar tendon compression band on quadriceps femoris muscle strength, activation degree and jumping mechanics, and to provide useful reference for patellar tendinitis patients, athletes and national fitness enthusiasts how to use patellar tendon compression band scientifically. Sixteen healthy volunteers were recruited to participate in the experiment. Isokinetic myodynamic apparatus and surface electromyography were used to monitor the quadriceps femoris muscle strength and muscle activation before and after wearing patellar tendon compression band. Three-dimensional force table was used to analyze the ground reaction force of three different jumping modes. Results show that, 1) Wearing patellar tendon compression band had no significant effect on quadriceps femoris muscle strength and muscle activation, but it could effectively enhance the activation of medial femoral muscle and reduce the trend of lateral femoral muscle activation; 2) Wearing patellar tendon compression band significantly increased ground reaction force during squat jump, but had no effect on ground reaction force during squat jump and landing rebound jump; 3) Wearing patellar tendon compression band had no effect on ground reaction force during squat jump and landing rebound jump. Although wearing patellar tendon compression belt does not affect the ground reaction force of squatting, squatting and landing rebound, there is a downward trend in the load rate and the ground reaction force of the first and second landing rebound. It is concluded that wearing patellar tendon compression band has no negative effect on quadriceps femoris muscle strength output and muscle activation, nor does it affect the mechanism of quadriceps femoris stretching-contracting circulation during exercise, and can reduce the impact load when landing.

Key words: patellar tendon compression belt; squat jump; countermovement jump; drop jump; surface electromyography; biomechanics

责任编辑 胡 杨