

·短篇论著·

膝关节护具对男性大学生慢跑状态下膝关节角度的影响*

刘宸鋆¹ 荣湘江¹ 刘 华¹ 刘 芳¹ 陈 灿^{1,2}

跑步是常见的大众健身运动,但会增加膝关节损伤的风险^[1]。Francis P^[2]2019年的研究表明,跑步的慢性损伤风险高于其它类型的有氧运动;每年有27%—70%的跑者发生诸如膝关节炎等跑步相关损伤;63%的跑者在其跑步生涯中有过下肢损伤史;23%的跑者发生过持续时间超过6个月的运动损伤性疾病,如髌股关节疼痛等。跑步导致的膝关节损伤主要是由于膝关节在冠状面、矢状面及水平面上长时间过度使用^[3],加上膝关节发生过大位移造成的,即屈伸角、内收外展角及旋内旋外角滑移过大,使髌股关节应力过大(髌股关节应力是评估髌股关节负荷的核心指标,与髌股关节病变发生率呈现正相关^[4]),造成慢性运动损伤^[5]。有研究者认为,股四头肌肌力不足导致的髌骨轨迹异常也是膝关节慢性损伤的风险因素^[6-7]。所以,可以通过佩戴护膝来限制膝关节的过度活动和辅助股四头肌发力,从而使膝关节在跑步过程中减少潜在的损伤^[8]。但哪种类型的膝护具防护作用更好尚无定论,本文对此进行了研究,以期合理使用膝护具、预防跑步训练伤提供理论基础。

1 对象与方法

1.1 试验对象

首都体育学院男性受试者31人,其中体育特长生15人,设为体育生组,参加高考进入非体育专业的非体育特长生16人,设为非体育生组。试验对象纳入标准:男性本科生,身体健康,在试验开始前过去6个月无下肢损伤史,自身无影响运动的疾病,无扁平足或高足弓的情况。要求为右利者,身体质量指数(BMI)范围:19—24,习惯跑步时足跟先着地。

1.2 试验方法

先收集受试者一般资料、基本信息。两组受试者分别在不佩戴膝护具、佩戴膝护具1、佩戴膝护具2状态下在跑台上按规定速度进行匀速跑步,利用红外线三维运动捕捉系统记录跑步过程中膝屈伸和外翻角度。

1.2.1 试验器材及场地:使用红外线三维运动捕捉系统及其配套装置(8台镜头)、跑台、双面胶、酒精湿巾、剃毛刀,以及

膝关节护具两种。

试验所用的膝关节护具为LP公司生产的菱格多孔运动用护膝(护具1)和可调节垫片支撑护膝(护具2)。

1.2.2 试验过程:将试验对象身上可能的反光点进行遮蔽,试验对象自行进行简单热身运动,试验员专人给试验对象按照Plug-in-Gait体表标记点位置要求,共在试验对象身上粘贴28个反光标识点(表1),确保反光标识点牢固,不会随着跑步震动而脱落。

表1 试验对象反光标识点粘贴位置

位置	命名	
肩峰	LACRO	RACRO
髌前上棘	LASIS	RASIS
髌前上缘	LICST	RICST
髌后上棘	LASIS	RASIS
大转子	LTROC	RTROC
股骨外侧髁	LETF	RETF
股骨内侧髁	LMEF	RMEF
胫骨粗隆	LTT	RTT
外踝尖	LLME	RLME
内踝尖	LMME	RMME
第一跖骨背缘	LFFM1	RFFM1
第五跖骨背缘	LFFM5	RFFM5
足尖	LTOE	RTOE
足跟	LICAL	RICAL

1.3 测试指标与要求

1.3.1 膝关节屈伸角度测量:膝关节屈伸角度(图1)由试验对象身上的双侧大转子点(点a)、股骨外侧髁点(点b)和外踝尖点(点c)三点在空间中进行定义。

关键时刻^[9-10]定义如下:

触地时刻膝关节角度:足接触跑台瞬间,大转子、股骨外侧髁和外踝尖的夹角。

支撑期膝关节最小角度:在支撑阶段膝关节屈曲角度的最小值。

足尖离地时刻膝关节角度:足尖离地时刻,大转子、股骨外侧髁和外踝尖的夹角。

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2021.09.020

*基金项目:北京市教委2019科技类一般项目(KM201910029003)

1 首都体育学院,北京,100191; 2 通讯作者

第一作者简介:刘宸鋆,女,硕士研究生; 收稿日期:2021-02-28

落地时刻膝关节缓冲角度:从足接触跑台的瞬间到足尖离地瞬间,膝关节屈伸角度的差值。

1.3.2 膝关节外翻角度测量:膝关节外翻角度(图2)由试验对象双侧大转子点(点a),股骨外侧髁点(点b)相对于YZ轴的夹角定义。

关键时刻^[9-10]的定义如下:

膝关节外翻角度最大角度:在整个步态周期中髌关节内收最大值。

膝关节外翻角度最小角度:在整个步态周期中髌关节内收最小值。

图1 膝关节屈伸角坐标轴图

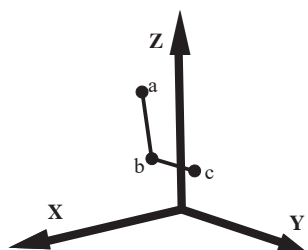
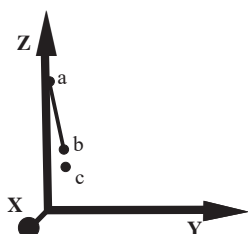


图2 膝关节外翻角坐标轴图



1.4 试验流程

步骤1:试验对象进入试验室进行热身5min,由试验员对其讲解试验流程,取下首饰,请试验对象更换紧身无反光标志的短裤。

步骤2:由专人对试验对象贴点,在试验对象双侧肢体按照要求贴上反光标识点,贴点前需要对所粘贴区域进行除毛和酒精擦拭。

步骤3:上跑台后,试验对象先试跑,同时熟悉跑台操作。

步骤4:试验对象准备好后,自行提速到8km/h,试验员在试验对象开始匀速跑动后开始摄像,摄像时长30s。

步骤5:试验对象结束试验,下跑台后更换合适尺寸的护具1再次上跑台完成4步骤。

步骤6:试验对象结束试验,下跑台后更换合适尺寸的护具2再次上跑台完成4步骤。

为避免试验对象在跑步中产生疲劳造成对试验的最终

数据结果的影响,试验对象在每个护具干预测试的间隔调整休息10min,在休息的时候可以进行跑步护具的更换。

1.5 统计学分析

使用SPSS统计分析软件对数据进行分析。试验对象一般资料的对比采用独立样本 t 检验,结果采用均值 $\pm$ 标准差表示;对下肢膝关节角度结果(膝关节屈伸角度和膝关节外翻峰值角度)进行正态分布检验,发现均不符合正态分布,所以采用秩和检验的方法进行差异性分析,结果使用中位数(P25,P75)的形式展现。下肢膝关节角度结果使用双关联样本检验—威尔科克森检验对相同配速不同护具下各项指标进行检验, $P < 0.05$ 为具有显著性差异。

2 结果

2.1 受试者一般资料

受试者一般资料信息见表2。体育生组受试者在股四头肌峰值肌力、腹肌峰值肌力、背肌峰值肌力、膝上围,以及功能性运动筛查(functional movement screen,FMS)得分中与非体育生组受试者有差异性。说明在身体成分没有差异性的前提下,体育生组受试者对肌肉的募集程度有更高的水平,运动中动作控制水平也更高,与非体育生组产生显著性差异。

2.2 膝关节屈伸角度护具干预结果

在本试验得出的膝关节屈伸角度的数据中可以看出佩戴护具1对非体育生及体育生膝关节屈伸的主动活动度没有较大的影响。体育生组在佩戴护具后关键时刻的膝关节屈伸角度无显著性差异(表3),但在表4中,非体育生组佩戴护具2后在触地时刻和支撑期最小膝关节角度与无防护状态相比出现了显著性差异。体育生组受到护具干预的影响较非体育生组更小。

无论是非体育生组还是体育生组,右腿的触地时刻膝关节屈伸角度都比左腿的略大,这种情况可能与受试者都为右利者有关。

表2 受试者基本信息 ($\bar{x} \pm s$)

项目	体育生组(n=15)	非体育生组(n=16)
身高(cm)	175.00 $\pm$ 4.50	176.80 $\pm$ 6.41
体质量(kg)	69.57 $\pm$ 6.48	69.22 $\pm$ 8.08
BMI	22.66 $\pm$ 1.33	22.09 $\pm$ 1.95
脂肪率(%)	17.26 $\pm$ 4.89	18.88 $\pm$ 5.45
肌肉量(kg)	53.32 $\pm$ 4.03	53.82 $\pm$ 5.27
股四头肌峰值肌力(N)	918.70 $\pm$ 146.04 ^①	606.00 $\pm$ 223.17
腹肌峰值肌力(N)	828.70 $\pm$ 96.23 ^①	708.70 $\pm$ 106.12
背肌峰值肌力(N)	916.70 $\pm$ 128.14 ^①	572.30 $\pm$ 225.76
腰围(cm)	77.60 $\pm$ 4.06	79.40 $\pm$ 6.77
臀围(cm)	97.00 $\pm$ 4.83	98.00 $\pm$ 4.69
膝上围(cm)	45.40 $\pm$ 1.35 ^①	41.80 $\pm$ 4.24
膝下围(cm)	36.10 $\pm$ 2.60	37.90 $\pm$ 5.51
FMS得分(分)	10.90 $\pm$ 1.29 ^①	8.60 $\pm$ 0.70

注:①与非体育生组比较 $P < 0.05$

2.3 膝关节外翻角度护具干预结果

从表5可以看到虽然佩戴护具可以影响和改善试验对象在慢跑任务下的膝关节外翻情况,但是佩戴髌骨周围设计有缓冲硅胶垫片、可以自行调节松紧的护具2号时,膝关节外翻的情况会被明显改善。在整个完整的步态周期的膝关

节外翻最大角度和最小角度中,体育生组的膝关节外翻角度始终小于非体育生组的膝关节外翻角度。通过对膝关节外翻角度的数据对比发现,不论是体育生组还是非体育生组,右腿的膝关节外翻角度始终小于左腿的膝关节外翻角度。

表3 体育生组护具干预下各关键时刻膝关节屈伸角度 [md(Q,R),°]

关键时刻	无防护	护具1	护具2
触地			
左	82.79(78.65, 85.76)	83.23(76.26, 85.86)	80.09(78.06, 81.52)
右	82.94(79.58, 84.42)	81.63(79.04, 84.50)	81.32(78.25, 83.34)
支撑期最小			
左	19.97(18.09, 24.50)	19.48(17.18, 32.65)	24.70(17.22, 28.78)
右	20.21(18.87, 23.04)	22.27(19.02, 24.65)	24.75(19.38, 26.44)
足尖离地			
左	38.23(33.14, 41.50)	39.39(36.63, 42.84)	43.48(38.36, 47.74)
右	40.83(38.35, 42.91)	41.14(37.25, 43.81)	42.10(39.03, 44.70)
落地时缓冲			
左	60.82(53.65, 66.60)	58.90(53.29, 62.64)	56.25(51.86, 59.84)
右	60.22(54.98, 62.60)	56.42(53.34, 59.88)	63.85(59.84, 64.76)

注:①与非体育生组比较 $P < 0.05$

表4 非体育生组护具干预下各关键时刻膝关节屈伸角度 [md(Q,R),°]

关键时刻	无防护	护具1	护具2
触地			
左	82.08(74.71, 92.44)	74.82(73.40, 82.23)	78.59(70.64, 84.08) ^①
右	82.92(79.22, 89.86)	78.36(75.02, 82.29)	81.00(73.44, 92.53)
支撑期最小			
左	19.06(15.95, 33.21)	18.33(12.78, 25.06)	17.48(12.97, 29.17) ^①
右	19.19(14.89, 25.11)	19.53(13.99, 23.70)	20.06(16.30, 26.43)
足尖离地			
左	39.95(36.44, 41.06)	39.44(37.44, 41.08)	38.99(36.25, 41.98)
右	40.74(34.49, 44.09)	40.37(34.61, 42.25)	40.30(35.76, 43.17)
落地时缓冲			
左	60.06(54.99, 67.63)	59.54(52.48, 62.22)	57.25(52.64, 62.41)
右	59.89(55.40, 66.68)	62.19(55.33, 67.69)	63.04(59.71, 67.31)

①佩戴护具2与无防护比较 $P < 0.05$

表5 体育生组护具干预下膝关节外翻角度 [md(Q,R),°]

膝外翻角度	无防护	护具1	护具2
体育生组			
最大			
左	7.11(6.85, 8.84) ^①	5.32(4.24, 6.06) ^②	3.04(2.15, 4.59) ^③
右	6.99(5.80, 8.54) ^①	5.09(4.19, 5.47) ^②	2.81(2.03, 4.01) ^③
最小			
左	3.03(2.00, 3.74) ^①	1.05(1.00, 1.40) ^②	0.68(0.19, 0.84) ^③
右	2.89(2.12, 3.25) ^①	0.93(0.81, 1.24) ^②	0.37(0.09, 0.62) ^③
非体育生组			
最大			
左	8.09(7.74, 10.10)	7.79(7.04, 9.03) ^②	5.01(4.26, 5.78) ^③
右	8.20(6.93, 9.78)	7.47(6.61, 8.88) ^②	4.75(3.97, 5.09) ^③
最小			
左	3.19(2.17, 4.81)	2.19(1.26, 3.34) ^②	1.20(0.53, 1.78) ^③
右	3.47(2.36, 4.98) ^①	1.90(1.21, 3.11) ^②	0.53(0.08, 1.55) ^③

注:①无防护与佩戴护具1比较 $P < 0.05$,②佩戴护具1和佩戴护具2比较 $P < 0.05$,③佩戴护具2与无防护比较 $P < 0.05$

3 讨论

在跑步过程中出现膝关节外翻情况,异常的下肢力线加上运动负荷会加速膝关节退行性改变^[11]。膝关节外翻角度增加也会导致膝关节动态Q角增加^[12],髌股关节面的压力增加,最终造成髌股关节病变及膝关节运动功能障碍出现^[13]。膝关节外翻角度峰值可以预测髌股关节痛疼痛的发生风险^[14]。本试验选择健康的男性非体育专业和体育专业的大学生佩戴不同类型护具条件下分别进行相同速度(8km/h)的匀速跑步,对其下肢膝关节的部分运动学参数进行了分析,结果显示:不论是简易的直筒膝关节护具还是具有缓冲垫片的膝关节护具对跑步中膝关节的屈伸幅度没有较大影响,只要跑者选择适合自己围度的膝关节护具尺码后,不需要担心跑步中受到膝关节护具的限制从而影响迈步和跑速;但两组试验对象佩戴膝关节护具较不佩戴时膝关节外翻角度下降,具有缓冲垫片的膝关节护具对整个步态周期中膝关节外翻角度限制更好,原因可能与具有缓冲垫片的膝关节护具膝关节两侧的硅胶垫片和髌骨周围的硅胶垫片对试验对象膝关节的本体感觉产生影响,导致股四头肌中的股外侧肌和股内侧肌配合更加协调有关。

本研究结果同时显示:体育生组受到膝关节护具的影响更小,可能与体育生肌肉的募集程度更高、运动控制水平更好有关,因为基础资料表明体育生组股四头肌峰值肌力、腹肌峰值肌力、背肌峰值肌力、膝上围以及FMS得分中均优于非体育生组。另外,无论是非体育生组还是体育生组,无论是否佩戴膝护具,右腿触地时刻膝关节屈伸角度都比左膝略大,右膝关节外翻角度始终小于左膝关节外翻角度,这种情况可能与试验对象都为右利者,右腿比左腿具有更精确的神经肌肉募集有关。

综上所述,本研究通过探究体育生和非体育生佩戴和不佩戴膝关节护具、佩戴不同类型的膝关节护具发现:佩戴膝关节护具对体育生和非体育生膝屈伸产生的影响较少,但佩戴膝护具可限制膝关节外翻,尤以具有缓冲垫片的膝关节护具限制膝外翻效果更好,且训练水平越高,膝关节外翻角度越小。因此,建议在跑步运动中酌情使用合适的护具,选择护具选择的建议包括:①在选择了适合的尺码后,简易的直筒膝关节护具和具有缓冲垫片的膝关节护具对跑步中膝关节的屈伸幅度没有较大影响。跑步爱好者可以根据需求选择合适的膝关节护具类型。②佩戴膝关节护具可以明显改善慢跑过程中出现的膝关节外翻情况,具有缓冲垫片的膝关节护具比简易的直筒膝关节护具有更好的效果。如果跑步爱好者观察到自己跑姿有较大的膝关节外翻角度,建议选择功能更强大的,具有髌骨缓冲垫和膝关节两侧有硅胶支持带

的膝关节护具。③经过科学系统的体育锻炼,可以明显改善跑步姿势,建议跑步爱好者在进行常规的跑步训练外可以增加一些协调性和肌肉力量的训练,减少不良跑步姿势带来的膝关节损伤。④长跑爱好者或者业余跑者可以通过佩戴适合的膝关节护具和增强身体协调性和肌肉力量训练,防止出现因跑步带来的频繁屈伸膝关节和膝关节外翻角度过大而导致的髌股关节痛。

参考文献

- [1] 祁钰杰,王琳.跑步再训练对髌股疼痛综合征跑者髌股关节压力的影响[J].浙江体育科学,2021,43(2):105—112.
- [2] Francis P, Whatman C, Sheerin K, et al. The proportion of lower limb running injuries by gender, anatomical location and specific pathology: a systematic review[J]. J Sports Sci Med, 2019, 18(1): 21—31.
- [3] Altman R, Beattie P, Ferland A, 等.《国际功能、残疾和健康分类·髌股关节疼痛》临床实践指南(一)[J].康复学报,2021,31(02):89—111.
- [4] 何培东.老年人下楼梯行走髌股关节动态载荷与BMI相关性研究[J].哈尔滨体育学院学报,2021,39(2):89—96.
- [5] 杨宸灏,杨洋,张希妮,等.不同极简指数跑鞋对髌股关节受力特征的影响[J].体育学刊,2020,27(1):132—138.
- [6] 李新通.低强度抗阻训练复合血流限制对大学生运动员髌股关节痛影响的实验研究[D].西安体育学院,2020.
- [7] 蒋黎明,陶莹,于小明,等.髌骨运动轨迹异常导致膝骨关节炎的病因机制及治疗研究进展[J].中国康复,2020,35(11):605—608.
- [8] Sinclair J, Greenhalgh A, Edmundson CJ, et al. Gender differences in the kinetics and kinematics of distance running: implications for footwear design[J]. Int J Sport Sci Eng, 2012, 6(2): 118—128.
- [9] 姜嘉怪.不同跑步落地模式对下肢生物力学的影响[D].上海体育学院,2019.
- [10] 黄萍,钟慧敏,陈博,等.正常青年人三维步态:时空及运动学和运动力学参数分析[J].中国组织工程研究,2015,19(24):3882—3888.
- [11] 肖军,樊碧发.膝骨性关节炎疼痛的力学矫治[J].中国疼痛医学杂志,2020,26(8):608—611.
- [12] Willson JD, Davis IS. Utility of the frontal plane projection angle in females with patellofemoral pain[J]. J Orthop Sports Phys Ther, 2008, 38(10): 606—615.
- [13] 沈佳韵,邢华,龚利,等.髌股关节紊乱对膝骨关节炎影响的研究进展[J].中医正骨,2021,33(3):53—55.
- [14] Nakagawa TH, Serrao FV, Maciel CD, et al. Hip and knee kinematics are associated with pain and self-reported functional status in males and females with patellofemoral pain [J]. Int J Sports Med, 2013, 34(11): 997—1002.