

肌肉疲劳对膝关节本体感觉的影响☆

郑荣强¹, 王予彬²

Effect of muscle fatigue on knee proprioception

Zheng Rong-qiang¹, Wang Yu-bin²

Abstract

BACKGROUND: The decline of proprioception delays reaction to imbalance status, and results in sports injury.

OBJECTIVE: To study the effect of quadriceps femoris and hamstrings fatigue on the knee joint position sense (JPS).

METHODS: A total of 14 volunteers participated in the joint position error test. First the knee joint position error test was measured before muscle fatigue, then the muscle fatigue was caused by isokinetic concentric exercise on the velocity of 90 (°)/s, and JPS error signals were measured immediately after fatigue, and every 10 minutes thereafter for 1 hour.

RESULTS AND CONCLUSION: Before muscle fatigue, the accuracy of knee JPS was (2.85±1.46)°. After muscle fatigue, the accuracy increased to (6.32±2.54)°. Knee JPS was recovered to normal level at 40 minutes after muscle fatigue. Therefore, muscle fatigue leads to low knee JPS, which can increase the risk of the knee injury.

Zheng RQ, Wang YB. Effect of muscle fatigue on knee proprioception. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2010;14(28): 5251-5253. [http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

摘要

背景: 本体感觉的降低将导致身体不能对失衡的状况迅速做出反应, 从而导致运动损伤的发生。

目的: 观察股四头肌和腘绳肌肌肉疲劳状态对膝关节本体感觉的影响。

方法: 14名受试者参加测试, 在肌肉疲劳前先对受试者膝关节角度位置误差进行测试, 然后在90 (°)/s速度下重复进行等速向心运动直至肌肉疲劳, 在肌肉疲劳即刻、疲劳后每隔10 min分别进行关节位置觉误差的测试。

结果与结论: 肌肉疲劳前关节位置觉误差为(2.85±1.46)°, 肌肉疲劳后误差升高为(6.32±2.54)°, 肌肉疲劳后40 min, 关节位置觉误差恢复到疲劳前水平。因此, 肌肉疲劳可造成膝关节本体感觉的降低, 使关节受伤的危险性增高。

关键词: 本体感觉; 肌肉疲劳; 膝关节损伤; 组织构建; 肌肉肌腱组织工程

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2010.28.028

郑荣强, 王予彬. 肌肉疲劳对膝关节本体感觉的影响[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14(28):5251-5253. [http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

¹Department of Scientific Research, Shandong Sports University, Jinan 250014, Shandong Province, China;

²Department of Sports Medicine, Shanghai East Hospital, Shanghai 200438, China

Zheng Rong-qiang☆, Doctor, Assistant researcher, Department of Scientific Research, Shandong Sports University, Jinan 250014, Shandong Province, China zhengrong615@163.com

Received: 2010-04-07
Accepted: 2010-05-12

0 引言

本体感觉是包括关节的位置觉和运动觉的特殊感觉形式, 膝关节本体感觉由位于膝关节周围的肌肉、肌腱、关节囊、韧带、半月板和皮肤的感受器发生的传入信号整合而成, 并通过不同中枢控制反射回应和肌张力调节回路传出活动。肌肉和关节的感受器是关节本体感觉的主要来源。

膝关节运动创伤常导致膝关节本体感觉的缺失, 神经肌肉控制减弱, 引起关节不稳^[1]。恢复神经肌肉控制是运动员最大限度地恢复关节稳定、重返赛场必需的先决条件。因此, 本体感觉康复训练方面的研究已成为国外近年来的一个研究热点。

作者相关研究发现运动员训练疲劳是导致运动损伤的原因之一^[2], 肌肉疲劳对膝关节本体感觉是否能导致本体感觉降低而造成膝关节损伤的危险性增高。

本文通过膝关节等速向心运动造成股四头

肌和腘绳肌肌肉疲劳, 在肌肉疲劳前后分别测量膝关节位置觉, 以明确肌肉疲劳对本体感觉的影响。

1 对象和方法

设计: 重复测量设计。

时间及地点: 实验于2009-02/03在上海体育学院生物力学实验室完成。

对象: 14名受试者, 男性8名, 女性6名, 平均年龄(22.43±2.64)岁, 平均体质量(68.23±15.37) kg, 平均身高(175.3±9.98) cm。

纳入条件: ①受试者优势侧下肢关节无受伤史及手术史。②优势侧下肢关节现无疼痛, 膝周无压痛。③前、后抽屉试验阴性。④麦氏征阴性。⑤内外侧分离试验阴性。

方法:

本体感觉测试方法: 将受试者呈坐位固定于等速肌力测试仪(美国CYBEX公司生产, 美国), 蒙眼, 暴露优势侧下肢, 与膝上10 cm处固定大腿, 与踝关节上8 cm处固定小腿, 测试仪的旋

¹ 山东体育学院科研处, 山东省济南市 250014;
² 上海东方医院运动医学科, 上海市 200438

郑荣强☆, 1973年生, 山东省平原县人, 汉族, 博士, 助理研究员, 主要从事运动医学方面的研究。zhengrong615@163.com

中图分类号: R318
文献标识码: B
文章编号: 1673-8225 (2010)28-05251-03

收稿日期: 2010-04-07
修回日期: 2010-05-12
(20090207025/YJ·Z)

转轴与受试者的股骨髁相一致, 膝关节被动活动范围是0~100°。

先将膝关节被动置于屈曲30°和60°, 各停留5 s。然后从0°开始以2 (°)/s的速度作被动屈曲运动, 当被测者觉知到达测试位置时记录角度数, 计算测定角度数与患者觉知角度数间的差值。每个角度测试3次, 取平均值, 疲劳前时刻记为T₀^[3]。

肌肉疲劳标准: 受试者先做充分的准备活动, 然后在等速肌力测试仪以90 (°)/s的速度竭尽全力做等速向心运动, 肌肉疲劳判断的标准是连续3次出现峰力矩低于起始峰力矩的50%。

疲劳后本体感觉的测试: 分别在疲劳后即刻(T₁), 疲劳后10 min(T₂), 20 min (T₃), 30 min (T₄), 40 min (T₅), 50 min (T₆), 60 min (T₇)进行关节角度位置再现测试, 方法同疲劳前的测试。

主要观察指标: 不同时刻关节测定角度数与患者觉知角度数间的差值。

设计、实施、评估者: 设计者为郑荣强, 实施者汪宗宝, 评估者郑荣强。

统计学分析: 数据以 $\bar{x}\pm s$ 表示, 运用统计软件SPSS 12.0(SPSS公司, 美国)采用配对t 检验, 检验水准取 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 受试者基线数据

受试者一般资料:

受试者	性别	年龄(岁)	体质量(kg)	身高(cm)	优势侧	前、后抽屉试验	麦氏征	内外侧分离试验
1	男	23	68	174	右	阴性	阴性	阴性
2	男	19	76	168	右	阴性	阴性	阴性
3	女	25	61	163	右	阴性	阴性	阴性
4	男	24	78	178	右	阴性	阴性	阴性
5	男	23	73	180	右	阴性	阴性	阴性
6	女	23	57	163	右	阴性	阴性	阴性
7	男	24	83	175	右	阴性	阴性	阴性
8	男	23	75	184	右	阴性	阴性	阴性
9	男	21	64	172	左	阴性	阴性	阴性
10	女	22	67	170	左	阴性	阴性	阴性
11	女	21	53	162	右	阴性	阴性	阴性
12	男	20	68	174	右	阴性	阴性	阴性
13	女	22	54	172	右	阴性	阴性	阴性
14	女	23	55	163	右	阴性	阴性	阴性

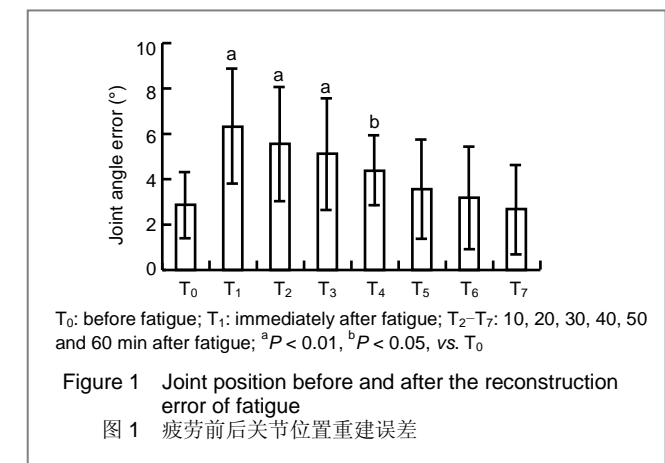
2.2 不同时刻关节角度重建误差 关节角度重建误差在疲劳后即刻最大, 疲劳后10, 20 min也比疲劳前误差显著($P < 0.01$), 疲劳后随时间延长, 关节角度误差明显降低($P < 0.05$)。至疲劳后40 min时与疲劳前无明显

差别($P > 0.05$), 表明肌肉疲劳后可导致膝关节本体感觉降低, 见表1, 图1。

表1 疲劳前后关节位置重建误差
Table 1 Reconstruction error of joint position before and after fatigue

Time	Error
T ₀	2.85±1.46
T ₁	6.32±2.54 ^a
T ₂	5.56±2.53 ^a
T ₃	5.13±2.46 ^a
T ₄	4.38±1.54 ^b
T ₅	3.59±2.15
T ₆	3.17±2.26
T ₇	2.71±1.93

T₀: before fatigue; T₁: immediately after fatigue; T₂-T₇: 10, 20, 30, 40, 50 and 60 min after fatigue; ^a $P < 0.01$, ^b $P < 0.05$, vs. T₀



3 讨论

本文对股四头肌、腘绳肌肌肉疲劳前后膝关节位置觉进行测试, 发现肌肉疲劳可导致关节位置觉的准确性下降, 这与先前的研究结论相似^[4-8]。关于肌肉疲劳导致本体感觉功能下降的机制, 首先肌肉疲劳时的代谢产物聚集, 如缓激肽、前列腺素E₂、乳酸等。这些代谢物质影响了肌纤维的收缩功能和传输神经刺激的功能。这些功能的紊乱会导致肌张力的改变并影响肌梭内感受肌肉长度变化的机械性感受器的敏感性^[9-11]。肌肉疲劳后清除这些代谢产物需要一定时间, 因此在一段时间内本体感觉水平低于疲劳前。其次肌肉疲劳会影响肌肉内机械性感受器的敏感性, 这是因为肌肉疲劳后导致肌梭内和高尔基腱体内神经兴奋水平降低^[12]。Macefield等^[13]研究发现当踝关节保持跖屈等长收缩1 min, 肌梭内的放电频率下降72%, 其敏感性明显降低。Hutton和Nelson等^[14]评估了猫腘绳肌活动疲劳后肌肉内高尔基腱体改变, 发现Ib受体处于兴奋后抑制状态。这些研究证实疲劳后肌肉内机械性感受器对肌长度和肌张力改变的敏感性降低, 不能发送准确的信息给神经中枢,

所以导致关节位置觉降低^[15-16]。

运动过度亦会导致本体感觉的减弱, Hall等^[17]对11名患运动过度综合征的女性患者和年龄配对的对照组进行了比较, 发现运动过度综合征患者的本体感觉功能下降。运动过度导致的疲劳是全身的疲劳, 包括中枢性疲劳和外周性疲劳, 造成本体感觉降低的原因是中枢神经中枢对本体感受器传入信号的感知出现偏差。而肌肉疲劳导致的关节本体感觉降低是因为肌肉疲劳导致代谢产物蓄积进而引起机械性本体感受器兴奋性降低, 而导致本体感觉下降。无论哪种疲劳导致的本体感觉下降都会使关节发生运动损伤的风险性提高, 应尽量避免在疲劳状态下进行激烈对抗的运动。

4 参考文献

- [1] Fuchs S, Thorwesten L, Niewerth S. Proprioceptive function in knees with and without total knee arthroplasty. *Am J Phys Med Rehabil.* 1999;78(1):39-45.
- [2] Borsa PA, Lephart SM, Irrgang JJ, et al. The effects of joint position and direction of joint motion on proprioceptive sensibility in anterior cruciate ligament-deficient athletes. *Am J Sports Med.* 1997;25(3):336-340.
- [3] Li F, Zhang H, Hu YS. *Zhongguo Kangfu Yixue Zazhi.* 2007;22(10):930.
李放, 张蕙, 胡永善. 闭链测定负荷对健康成人下肢位置觉的影响[J]. *中国康复医学杂志.* 2007,22(10):930.
- [4] Baker AJ, Kostov KG, Miller RG, et al. Slow force recovery after long-duration exercise: metabolic and activation factors in muscle fatigue. *J Appl Physiol.* 1993;74(5):2294-2300.
- [5] Djupsjöbacka M, Johansson H, Bergenheim M, et al. Influences on the gamma-muscle-spindle system from contralateral muscle afferents stimulated by KCl and lactic acid. *Neurosci Res.* 1995;21(4):301-309.
- [6] Djupsjöbacka M, Johansson H, Bergenheim M, et al. Influences on the gamma-muscle spindle system from muscle afferents stimulated by increased intramuscular concentrations of bradykinin and 5-HT. *Neurosci Res.* 1995;22(3):325-333.
- [7] Djupsjöbacka M, Johansson H, Bergenheim M. Influences on the gamma-muscle-spindle system from muscle afferents stimulated by increased intramuscular concentrations of arachidonic acid. *Brain Res.* 1994;663(2):293-302.
- [8] Hellström F, Thunberg J, Bergenheim M, et al. Increased intra-articular concentration of bradykinin in the temporomandibular joint changes the sensitivity of muscle spindles in dorsal neck muscles in the cat. *Neurosci Res.* 2002;42(2):91-99.
- [9] Mense S, Meyer H. Bradykinin-induced modulation of the response behaviour of different types of feline group III and IV muscle receptors. *J Physiol.* 1988;398:49-63.
- [10] Pedersen J, Sjölander P, Wenngren BI, et al. Increased intramuscular concentration of bradykinin increases the static fusimotor drive to muscle spindles in neck muscles of the cat. *Pain.* 1997;70(1):83-91.
- [11] Rotto DM, Kaufman MP. Effect of metabolic products of muscular contraction on discharge of group III and IV afferents. *J Appl Physiol.* 1988;64(6):2306-2313.
- [12] Macefield LG, Hagbarth KE. Tonic vibration reflexes elicited during fatigue from maximal voluntary contractions in man. *J Physiol.* 1990;423:1-14.
- [13] Macefield G, Hagbarth KE, Gorman R, et al. Decline in spindle support to alpha-motoneurons during sustained voluntary contractions. *J Physiol.* 1991;440:497-512.
- [14] Hutton RS, Nelson DL. Stretch sensitivity of Golgi tendon organs in fatigued gastrocnemius muscle. *Med Sci Sports Exerc.* 1986;18(1):69-74.
- [15] Zytnicki D, Lafleur J, Horcholle-Bossavit G, et al. Reduction of Ib autogenetic inhibition in motoneurons during contractions of an ankle extensor muscle in the cat. *J Neurophysiol.* 1990;64(5):1380-1389.
- [16] Lephart SM, Pincivero DM, Rozzi SL. Proprioception of the ankle and knee. *Sports Med.* 1998;25(3):149-155.
- [17] Hall MG, Ferrell WR, Sturrock RD, et al. The effect of the hypermobility syndrome on knee joint proprioception. *Br J Rheumatol.* 1995;34(2):121-125.

来自本文课题的更多信息—

利益冲突: 课题未涉及任何厂家及相关雇主或其他经济组织直接或间接的经济或利益的赞助。

课题的意义: 本文主要对肌肉疲劳对关节本体感觉的影响进行了阐述, 目前国内尚没有相关报道, 对运动损伤的防治有一定意义。

课题评估的“金标准”: 本体感觉的测定的使其测定方法并没有统一的规范, 本文使用的是目前比较通用的检测手段膝关节被动位置重现方法。

设计或课题的偏倚与不足: 本体感觉应包括位置觉和运动觉, 由于条件限制尚未对关节运动觉进行测试, 不能全面反应关节本体感觉的情况。

提供临床借鉴的价值: 本体感觉在运动康复领域有重要的意义, 本文研究了肌肉疲劳对本体感觉的影响, 对在运动训练中运动损伤的预防及本体感觉的临床研究有一定的意义。