

· 实验研究 ·

足球踝发生的三维光弹性力学研究

刘露梅¹ 廖钊^{1△} 张建新² 陈建明³

[摘要] 目的:阐明足球踝的发生机制,探寻易发生足球踝的踢球姿势和力度,并为临床治疗提供指导。方法:解剖成年男子右侧带足小腿,量化分析其生物力学性质,制作环氧树脂距骨模型及应力冻结,切片后光弹仪观测,分析结果。结果:①踝关节跖屈 35°位时,距骨表面所受拉应力远大于跖屈 45°位时。②以相同姿势踢近或踢远,踢近时距骨表面所受拉应力较大。③拉应力集中区域为内踝后部、后踝中部及内侧,以及距骨滑车关节面前部等部位。结论:①以跖屈 35°位的姿势踢球会增加足球踝的发生率。②高频率、小力度、踢近的踢球方式,会增加足球踝的发生率。③踢球对踝关节所造成的损伤主要集中在内踝后部、后踝中部及内侧,以及距骨滑车关节面的前部等。

[关键词] 距骨;三维光弹实验;足球踝;生物力学

[中图分类号] R684.3

[文献标识码] A

[文章编号] 1005-0205(2012)11-0001-02

Research of Dynamics of Football's Ankle by Three-dimensional Photoelastic System

LIU Lumei¹ LIAO Xian¹ ZHANG Jianxin² CHEN Jianming³

¹Department of TCM, Medical College of Xiamen University, Xiamen, Fujian 361005, China

²Department of No. 1 Orthopedics, Xiamen Hospital of TCM

³Physical College of Xiamen Jimei University

Abstract Objective: To find the occurrence mechanism of football's ankle, include posture and dynamics, and provide guidance for clinical treatment. **Methods:** The right foot of an adult was anatomically dissected for theoretical mechanics analysis. A talus model of epoxy resin was made under freezing-stress and then the slices were submitted to photoelastic system. **Results:** The tension stress on the surface of talus at plantar flexion of ankle at 35° is greater than that at 45°, and the tension stress at kicking nearly was greater than kicking far at the same posture. The tension stress concentration regions were at the back of medial malleolus, the central and medial of posterior malleolus, and the front of the superior articular surface of talus. **Conclusion:** Plantar flexion at 35° and style of high frequency, small force, and kicked nearly will increase the incidence of football's ankle when playing football game. The damage regions are mainly concentrated at the back of medial malleolus, the central and medial of posterior malleolus, and the front of the superior articular surface of talus.

Key words: Talus; 3-D photoelastic test; Football ankle; Biomechanical

足球踝又称踝关节骨关节炎,好发于足球运动员。目前,生物力学的研究报道,多以有限元分析、传感器记录实验、步态分析等方法进行研究。而以光弹性力学的手段,对足球踝的发生力学因素,进行探索和验证的实验则较为少见^[1~3]。三维光弹法较之于其他手段,不仅有能够精确量化踝关节边界应力数值的优点,而且可对运用理论仿真的有限元分析实验方法,得出的结论进行有效验证,能够更加真实地反应足球踝发生的应力状态。

有研究表明,压应力通常不易造成骨骼和软骨的损坏,拉应力是造成骨骼和软骨损坏的主要因素。骨骼和软骨的损伤,最初形成破坏是从拉应力端开始而发生。美籍华人 Mow 提出,从生物力学角度考虑,软骨的变性最先在浅表的切向区形成^[4],即与

关节面平行的拉应力是软骨损伤的主要元凶。骨关节炎的发生,与拉应力有着密切关系。有鉴于此,本实验虽然得出距骨表压应力与拉应力二组数值,但由于本论文研究的对象是足球踝的疾病发生因素,所以只针对距骨表面拉应力进行讨论。

1 材料与方 法

1.1 材料的选择与模型的制备

选取成年男性尸体的右小腿标本,将分离出的距骨作为制备光弹模型的阳模,而去距骨的带足小腿标本,则作为应力冻结实验的加力装置。采用二次固化法浇铸光弹模型,制成 6106 # 环氧树脂距骨光弹模型。本实验共制备 8 个距骨光弹模型。

1.2 负荷加载与应力冻结

模拟运动员踢球时的情形,建立理论力学-数学模型,进行工况的负荷分析。选运动员踢球时最常用的两个踝关节屈曲角度,作为比较体位。分别将运动员踢近距离情况下,与踢远距离情况下踝关节所受的应力,作为加载负荷,进行实验。

实验设计,用于模拟:①运动员踝关节在跖屈 35°位、将球踢 34m 远与踢 60m 远;②运动员踝关节在跖屈 45°位、将球踢 34m 远与踢 60m 远。共四种工况,研究足背肌及足球反弹力对

基金项目:厦门市科技局计划项目(高校创新项目)

¹ 厦门大学医学院中医系(福建 厦门,361005)

² 厦门市中医院骨一科

³ 厦门市集美大学体育学院

△通讯作者 E-mail:xliao@xmu.edu.cn

距骨的作用。在足趾及足背部进负荷加载,加载数值由上述理论模型给出。将已加载的装置按照高温-降温-自然冷却 3 个步骤,完成光弹距骨标本应力冻结过程。

1.3 光弹实验

按实验要求,每个工况共有两个标本。由于距骨的整体近似扇形,所以先取其中一个光弹标本,在冠状位作扇形切片,得到 5 张 5mm 厚度的光弹切片。再选另一个光弹标本,以相应的间隔作矢状位切片,可得到 3 张切片。将每个工况组的切片,逐一放在 409-II 型光弹仪上,察看各组标本的等差线数量及分布情况,再用 WZD-4 型石英补偿器逐点精确测定光弹切片应力值。

2 结果

2.1 踝关节跖屈 35°与跖屈 45°位时,4 个工况距骨冠状面与矢状面切片的等差线对比图(见图 1、2、3、4)

2.2 踝关节在 4 种工况下距骨表面拉应力分布散点图(见图 5、6)

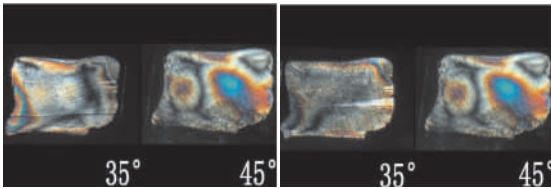


图1 踢 34m 远时两种体位相下距骨冠状面切片 图2 踢 60m 远时两种体位相下距骨冠状面切片

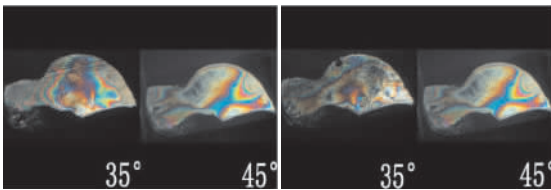


图3 踢 34m 远时两种体位相下距骨矢状面切片 图4 踢 60m 远时两种体位相下距骨矢状面切片

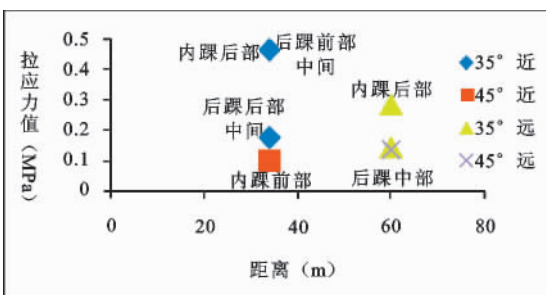


图5 踝关节在 4 种工况下距骨冠状面拉应力值

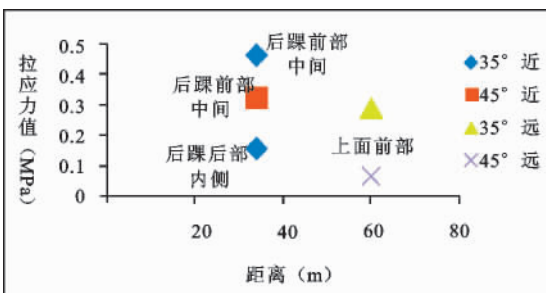


图6 踝关节在 4 种工况下距骨矢状面拉应力值

3 讨论

3.1 距骨三维光弹结果分析

3.1.1 距骨冠状面切片光弹分析 图 5 可以看出,不论踢近还是踢远,在踝关节跖屈 35°位时,距骨表面所受拉应力均远大于踝关节跖屈 45°位的数值;拉应力集中于内踝后部及后踝中间。这表明,以踝关节跖屈 35°姿势踢球,踝关节的损伤较大,受损伤部位主要集中于内踝后部及后踝中间。

3.1.2 距骨矢状面切片光弹分析 图 6 不难看出,如以相同姿势踢近或踢远,踢近较踢远时距骨表面所受拉应力较大,拉应力集中区域则根据距离的远近有所不同:①踢近时应力主要集中在后踝前部中间及内侧,②踢远时则应力集中于距骨滑车关节面的前部。这说明,踢近较踢远而言更易对踝关节造成损伤,同时,与踢近时相较,踢远时应力集中出现在距骨滑车关节面的前部,表明运动员如用较大力气进行远射时,对距骨滑车关节面的前部也会造成伤害。

3.1.3 光弹结果综合分析 综合考虑距骨冠状面与矢状面切片的分析结果,可发现:①踝关节跖屈 35°位踢近时,所造成的损伤最大,距骨表面所受到的拉应力值可高达 0.467MPa。②如踝关节以跖屈 45°位的姿势踢球,踝关节损伤较小。③力度越大,距骨表面的拉应力值反而较小。也就是说,在一定范围内,踢球所用的力越大,踝关节的损伤反而较小。④依拉应力值的大小,踝关节受损部位,主要位于:内踝后部、后踝的中部及内侧,以及距骨滑车关节面。

3.2 足球踝的发生机制分析及其临床意义

本实验显示,运动员踢球时,所用力小,对踝关节的损伤反而更大,这与目前学术界公认的小而反复的损伤最容易造成骨关节炎的观点相一致[5]。

综上所述,足球踝的发生不仅与踢球姿势的不正确有关,还与踢球用力的大小相关。因为在跖屈 35°位下,小力度高频率踢球,对踝关节损伤最大,但在跖屈 45°位踢远时,距骨表面所受最大拉应力也仅为 0.14MPa,远小于其它工况下距骨表面的拉应力值。所以,足球踝患者,在平时训练时,应多采用跖屈 45°位来踢球,同时应尽量避免经常使用小力度高频率的踢球方式,以减少对踝关节的冲击而造成更多的损伤。

因为内踝后部及后踝前部中间受到的拉应力最大,其数值可高达 0.467MPa,远高于其他部位,结合前面的结论可知,理想的足球踝护具应具有以下二个方面的特性:一方面,它能够使运动员在踢球时,踝关节能够很轻易地处于跖屈 45°位,而限制跖屈 35°位;另一方面,可在内踝及后踝部适当加强保护,以减弱足内翻倾向,期望可以减小这些易损部位的损伤。

参考文献

[1] ANDERSON D D, GOLDSWORTHY J K, LIW, et al. Physical validation of a patient-specific contact finite element model of the ankle[J]. J Biomech, 2007, 40(8): 1662-1669.
[2] LEDOUX W R, EVAN DENGLER D W, FASSBIND M J. A finite element foot model for simulating muscle Imbalances[J]. A finite element foot model for simulating muscle Imbalances. Journal of Foot and Ankle Research 2008, 1(Suppl): O45.
[3] 张明,张德文,余嘉,等. 足部三维有限元建模方法及其生物力学应用[J]. 医用生物力学, 2007, 22 (4): 10.
[4] 王以进,王介麟. 骨科生物力学[M]. 北京:人民军医出版社, 1989: 169-217.
[5] E. L. 雷定. 骨科实用生物力学[M]. 赵钟岳,译. 北京:人民卫生出版社, 1983: 124.

(收稿日期:2012-05-14)