

中长跑运动员胫骨疲劳性损伤的生物力学机制分析及预防

李 锋¹, 冷永强²

(1.曲阜师范大学体育科学学院理论教研室, 山东 曲阜 273165; 2.济宁学院体育系, 山东 济宁 272100)

摘 要:从解剖学和生物力学的角度,对长跑运动员运动中胫骨所受应力进行了动态分析,进而阐述中长跑运动员常发性胫骨疲劳性损伤的生物力学原因,并对此提出针对性的预防措施。

关键词:胫骨;应力;疲劳损伤;运动生物力学;机制;预防

中图分类号: G804.53 G804.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-6204(2009)01-0039-02

A biomechanical analysis and prevention on tibia fatigue injury of the middle-long race athletes

LI Feng¹, LENG Yong-qiang²

(1.Sports Science School of Qufu Normal University, Qufu Shandong 273165;

2. Physical Education Dept. of Jining College, Jining Shandong 272100)

Abstract: This article took a dynamic analysis on the stress of the middle-long race athletes' tibia from anatomy and biomechanics, propounded the reason why they often suffered from the tibia fatigue injury, and put forwards some reasonable preventing measures.

Key words: tibia; stress; fatigue injury; biomechanics; prevent

胫骨疲劳性损伤是在大运动量训练下,疲劳积累而产生的一种常见的运动损伤。其主要临床表现为:小腿或胫前局限性疼痛、肿胀并逐渐加重;不同程度的跛行、皮肤灼热、触痛,而膝关节、踝关节功能正常;X线示骨膜增厚,骨小梁或骨皮质连续性中断,骨折形态有横形、斜形和鸟嘴形,就诊较晚的多有纺锤状骨痂生长或界限模糊的骨硬化。20世纪中期以来,学者们多从运动医学的角度对胫骨疲劳性运动损伤的发病原因进行了研究,而有关其生物力学机制的分析相对较少,且结论不一。本文从解剖学和生物力学方面,对中长跑运动员运动时胫骨所受应力进行理论分析,探讨其运动损伤的力学机制,并提出相应的预防措施。

1 力学模型

对运动时胫骨所受应力可采用简化的隔离体力学模型进行分析。著名的骨科力学专家V.H.Frankel在计算小腿的关节力时,将小腿和足看作一个隔离体,讨论在矢状面内,作用在小腿上的三个主要力:胫股关节力、髌韧带力和地面作用力^[1]为小腿的受力分析奠定了基础。在此基础上,本文为进一步研究在中长跑运动中,踝关节角度、关节力、关节运动形式对胫骨受力的直接影响,在考虑简化的隔离体力学模型时,将小腿和足分开,分别作隔离体,使踝关节暴露,分析胫骨所受应力。

图1是小腿静止时的受力分析。在矢状面内,小腿受到三个主要的共面力: \vec{P} 是髌韧带力,作用点为髌韧带在胫骨粗隆上的附着点,方向为离开膝关节沿髌韧带方向; \vec{J} 是胫股关节力,作用点是胫骨和股骨髁之间关节表面的接触点,大小、方向在求出 \vec{R} 后由力的矢量三角形得出; \vec{R} 是踝关节力,作用点是胫距接触点,其大小可由足的受力分析得出。

图2是小腿在跑动过程中的受力分析。解剖结构上小腿所受的三个力依然存在,但运动时因小腿相对于身体重心位置的前后改变而增加了由体重产生对胫骨的牵张分力或压缩分力 \vec{F} ,在这种情况下小腿骨各质点所受的应力发生了重大变化。

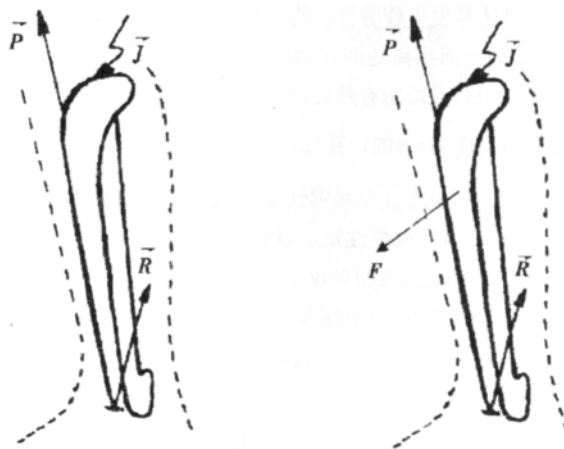


图1 小腿静止时的受力情况 图2 小腿在跑动过程中的受力情况

2 长跑中胫骨所受应力的生物力学分析

2.1 跑步过程是一个动态过程,即从脚掌蹬地、摆动腾空、着地完成一个周期性的运动过程。蹬地时小腿在身体重心的后面,会有身体重力产生的分力对胫骨产生压缩效应。由于胫骨解剖结构的特殊性,即作为管状骨,胫骨并不是笔直的,其中上段凸向内侧,而下段略凸向外侧,外侧有腓骨支撑,小腿肌肉从前外侧、后

收稿日期:2008-06-26;修回日期:2008-12-15

作者简介:李 锋(1978-)男,硕士研究生,研究方向:运动生理学。

侧和外侧附着并包绕胫骨,使其前内侧形成“肌肉空白区”。从动力学的观点看小腿的肌肉客观上起着减速并吸收能量的作用,以缓冲外来动能,使骨骼受到较小的冲击力和张力;同时,肌肉又像一根拉杆天线,可以防止骨骼弯曲。可见,由于小腿肌肉的保护,身体重心分力对胫骨产生的压缩力并不会对胫骨造成伤害。跑的摆动腾空过程没有与地面接触,可以认为胫骨不再受到应力负荷,所以不必做力的分析。

再看跑步动作的第三阶段——着地,最后脚掌着地瞬间,小腿位于身体重心的前面,对胫骨进行受力分析可知,重心分力对胫骨产生了一个向后牵拉的效果。这个牵拉力的大小是身体重力与牵拉分力夹角余弦值的积 $F = \cos \alpha \cdot G$ 。可见,跑的步伐越大,牵拉力也越大。这时重心分力对胫骨的牵拉效果相当于对胫骨的压缩,由于解剖上的肌肉空白区,胫骨失去肌肉的保护作用,应力负荷完全由胫骨体分担,在重力、地面反作用力、跟腱力、踝关节力的共同作用下对胫骨产生很大的压缩力。若该部位反复受到高应力载荷刺激,在疲劳情况下,胫骨内应力最大处或骨质薄弱处就自然发生损伤甚至骨折了。

2.2 据流行病学的临床报道显示,长跑类胫骨疲劳性损伤或骨折以胫骨下部1/3位最多见。^[2-3]从胫骨的解剖结构特点上看,胫骨的上、下端同其他骨关节相连接,连接部分大而鼓起,加大的承载面积减缓了应力集中的现象,但在细的骨体上,由于直径急剧变小,往往可能产生应力集中。据Stephen(1990)报告,胫骨所受最大负荷处于胫骨中间位置。^[3]长跑运动员的胫骨骨折损伤发生在胫骨下1/3部位的力学基础:在途中跑的蹬伸阶段,跟腱力达最大值时,踝关节跖屈约40°左右,相比走路或垂直起跳来说,踝关节角度有很大差别,因而加大了地面水平分力的大小,但是由于疾跑时支撑时间较短,又使得地面垂直冲力很大,以致胫骨所受轴向载荷很大,可达体重的几倍,疾跑时可达十几倍。^[4]以上两点是胫骨体易发生疲劳骨折的解剖学和力学诱因。在蹬伸后期,为使足跖屈而推离地面,跟腱力达到最大值并产生一扭矩T使小腿远端相对近端稍有外旋,胫骨承受扭转载荷,在胫骨横截面上存在剪切应力 τ , τ 的计算公式如下: $\tau = \frac{T \cdot \rho}{I_p}$,式中 ρ 为横截面上一点到轴心的距离, I_p 是极惯性矩,在胫骨近端横截面上,由于骨组织远离中性轴,极惯性矩 I_p 值较大,而远端横截面上,骨组织分布中性轴又较近, I_p 值相对较小。图3是胫骨各截面上 I_p 值沿胫骨长度变化的示意图,图中截面5处 I_p 值最小,此处离上关节面约为3/4胫骨长度。

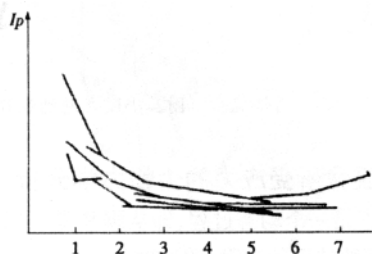


图3 胫骨截面 I_p 值沿长度变化

注:引自日本村赞《关于人胫骨的弯曲强度》1974

在T与 ρ 的乘积为一定值的情况下,由于 $I_{p远} < I_{p近}$,由此就有 $\tau_{远} > \tau_{近}$,即在胫骨远端截面上要承受大得多的剪应力,约为近端截面的两倍。因此,胫骨受扭转载荷时,骨折一般发生在远端,临

床上常以螺旋型骨折线为其特征。^[5]

另外,地面水平分力的增大,还使胫骨处于压、弯组合的受力状态,胫骨前缘受到拉应力,在长期的大运动量训练中,可能导致胫骨前缘疲劳性骨膜炎的发生,在训练中需引起重视。

3 结论与建议

3.1 结论

胫骨疲劳损伤的原因很多,在众多因素中,人体胫骨解剖学基础和运动时胫骨应力载荷重新分布的力学机制是胫骨疲劳损伤的两个重要内因。胫骨的解剖结构本身是人体正常活动与生物力学的需要,也正是这种结构决定了胫骨中上段前侧或前内侧存在着较大的应力。不同的运动形式、机体疲劳时胫骨体应力分布的变化,导致不同运动形式胫骨损伤或骨折的位置不同。长跑运动员胫骨疲劳性损伤的原因首先是基于其解剖学和材料力学的特点;另外跑的技术问题和长时间反复高应力载荷刺激是引起胫骨疲劳骨折的关键。所以,胫骨疲劳损伤的预防应以改变训练的技战术为重点。

3.2 建议

3.2.1 在长跑训练中应穿有弹性鞋底的跑鞋、球鞋垫,这样有助于缓冲地面的反冲力,减低应力的作用,还应注意选择较好的训练场地,避免长期在坚硬的地板上跑步和石头台阶上的跳跃练习。

3.2.2 在跑的技术上,建议长时间大运动量训练时,减小跑动的步幅,增加跑步的频率,降低胫骨体的应力集中,减少最大应力负荷。

3.2.3 变更应力集中区。交替使用坡跟鞋与平底鞋可有效改变胫骨的应力集中区,^[7]从根本上改变局部应力所造成的积累性损伤,有效预防胫骨疲劳性骨折的发生。

3.2.4 采取科学训练方法,因材施教是关键。可根据负荷大→小→大循序渐近进行统筹安排,并进行控制干预,每周长跑不超过3次,训练量可以通过变化其他的训练方式代替。

3.2.5 加强体育保健,学会自我身体检查,一旦发现小腿胫骨前缘有酸疼感,应注意减少活动量,同时进行治疗,做到早发现、早诊治,将运动损伤控制到最低限度。

参考文献:

- [1] 维克托.骨骼系统的生物力学基础[M].戴尅戎译.北京:学林出版社,1985.
- [2] 权毅,胡修德,陈乾一,等.胫骨疲劳骨折的力学临床研究[J].西南国防医药,1998,8(1):10-11.
- [3] 赵芳.胫骨疲劳性骨折的生物力学分析[J].北京体育大学学报,1996,19(1):33-36.
- [4] 张连生,刘大雄,张世民,等.中长跑和芭蕾舞运动中胫骨应力骨折的比较[J].中国运动医学杂志,1997,16(5):104-106.
- [5] 郭志祥.运动员疲劳性骨折的发生机理浅析[J].天津体育学院学报,1992(4).
- [6] Maquet PG. Biomechanics of the knee [J]. New York: Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1976(9):7-12.
- [7] 陈宏贤,姜世平,徐谦,等.胫骨疲劳性骨折的早期诊治及预防[J].中华创伤骨科杂志,2003,12(5):376-37.
- [8] 权毅,潘显明,廖冬发,等.胫骨疲劳骨折的力学基础与预防[J].骨与关节损伤杂志,2002,17(3):213-214.