

- [5] 罗佩强. 土鳖虫促进骨折愈合的实验研究[J]. 中国骨伤, 1992; 5(6): 6.
- [6] 夏志道, 房世源, 常超英, 等. 壮骨素促进骨折愈合的实验研究[J]. 中国骨伤, 1994, 7(1): 71.
- [7] 林燕萍, 王和鸣, 陈奕权, 等. 煨狗骨对实验性骨折愈合作用的组织学和组织化学研究[J]. 中国中医骨伤科杂志, 1991, 7(6): 4.
- [8] 符诗聪, 杜宁, 史伟镇, 等. 丹参对骨折愈合的生物力学作用[J]. 上海第二医科大学学报, 1996, 16(6): 430-431.
- [9] 柳海峰, 杨佩荪, 陈晋杰, 等. 三花接骨散对骨折鼠垂体生长激素细胞的影响[J]. 中国中医骨伤科杂志, 1998, 6(5): 7.
- [10] 彭六明, 肖放军, 彭伟秋. 中西医结合骨外固定支架治疗骨不连 38 例[J]. 中国医师杂志, 1999, 1(6): 10.
- [11] 蒋顺琬, 杨卓欣, 林志文, 等. 壮筋补骨丸促进骨折愈合的临床研究[J]. 广州中医药大学学报, 2004, 21(5): 373-375.
- [12] 吴有鲁, 谢金山, 张勤中, 等. 中西医结合治疗四肢骨折骨不连 25 例体会[J]. 中医正骨, 2001, 13(2): 27-28.
- [13] 高辉. 骨伤油纱治疗骨折延迟愈合的疗效观察[J]. 中医正骨, 2000, 12(8): 11-12.
- [14] 杨金录. 中药外敷内服治疗陈旧性骨折及骨缺损不连[J]. 现代康复, 2001, 5(3): 124.
- [15] 孙炳烈, 郭建刚, 赵然, 等. 中药电热夹板促进骨折愈合的实验研究[J]. 中国中医骨伤科杂志, 1991, 7(4): 15.
- [16] 孙维琰, 黎君若, 王素芳. 中药电热夹板促进骨折愈合的临床研究(附 100 例分析)[J]. 中国中医骨伤科杂志, 1991, 7(4): 15.
- [17] 于有智, 李郑林, 余传仁, 等. 磁性膏药外敷治疗肱骨干骨折[J]. 中国骨伤, 1993; 6(5): 28.
- [18] 于有智, 李郑林, 瞿晓兵, 等. 磁性接骨膏促进骨折愈合的初步实验研究[J]. 中医正骨, 1990; 2(4): 5.
- [19] 赵凤龙, 张风华. 中药离子导入治疗骨折迟缓愈合[J]. 中国骨伤, 1996; 9(3): 57.
- [20] 李常法, 王军茹, 曾亦, 等. 针刺合电感耦合治疗骨延迟愈合、骨不连疗效观察[J]. 中国针灸, 2008, 28(5): 334-336.
- [21] 黄伯灵. 针刺治疗骨折的临床研究——附 120 例对照分析[J]. 江苏中医, 1991(6): 22.
- [22] 王光禄, 相全民, 高福岭, 等. 日光疗法促进骨折愈合的实验及临床研究[J]. 山东中医杂志, 2000, 19(1): 16.
- [23] 孙材江, 张湘生, 曾文. 从骨不连接的原因考虑其有关的防治问题[J]. 创伤与相关研究, 2008, (2).
- [24] 王文格, 张洪林, 田雨杰, 等. 带血管蒂腓骨转位移植的解剖基础及在下肢骨不连接骨缺损中的应用[J]. 中国基层医药, 2004, 11(10): 1210-1211.
- [25] SHEN H S, ZHANG C C, XU S G, et al. Nichel2 Titanium swan-like memory connector: a new tool to treat humeral shaft nonunion[J]. Journal of medical colleges of PLA (China), 2004, 19(1): 39-44.
- [26] MARTI R K, VERHEYEN C C, BESSELAAR P P. Humeral shaft nonunion: evaluation of uniform surgical repair in fifty-one patients[J]. J Orthop Trauma, 2002, 16(2): 108-115.
- [27] 张湘生, 彭伟秋, 张冬, 等. 单侧双臂外固定器治疗难治性肱骨骨不连(附 30 例临床报告)[J]. 中国医师杂志, 2004, 6(9): 1231-1232.
- [28] 艾合麦提. 王素甫, 陈统一, 王晓峰, 等. 应用 Ilizarov 技术治疗气管状骨缺损性骨不连[J]. 中华骨科杂志, 2006, 26(4): 247-251.
- [29] REDFIGNEZ-MERCHAN E C, FORRIOL F. Nonunion: general principles and experimental data [J]. Clin Orthop Relat Res, 2004, 419: 4-12.
- [30] 刘沐青, 郭霞, 邝适存, 等. 冲击波在骨折不愈合或延迟愈合中的应用[J]. 北京大学学报(医学版), 2004, 36(3): 327-329.
- [31] 寇炳祯, 许效坤, 刘凤迎, 等. 金葡液治疗骨不连 26 例分析[J]. 中国矫形外科杂志, 1999, 11(6): 848.
- [32] LATTERMANN C, BALTZER A W, ZELLE B A, et al. Feasibility of percutaneous gene transfer to an atrophic nonunion in a rabbit[J]. Clin Orthop Relat Res, 2004, 425: 237-243.

(收稿日期: 2011-08-13)

· 文献综述 ·

“足球踝”发病机制研究进展

刘丽萍¹ 廖钰^{2△} 张建新³ 陈建明⁴

[关键词] 足球踝; 实验研究; 有限元研究

[中图分类号] R684.3 [文献标识码] A [文章编号] 1005-0205(2011)10-0075-03

运动员踝关节骨关节炎在运动员中非常多见, 1943 年

Morris 1943 年称其为“运动员之踝”, McMurray 在 1950 年提出本病应叫“足球踝”。1957 年 O, Dongoghue 提出将本病称为“踝关节撞击性骨疣”(impingement exotosos)。2008 年田佳^[1]将其称为“踝关节创伤性骨关节炎”。

1 流行病学研究

本病的发病率高低及伤情轻重与训练年限有明显联系, 年限越长发病率越高, 病情越重。早在 20 世纪 70 年代, 国外研究者就已经注意到了这个病并展开研究。P. Vincelette^[2]等对

基金来源: 厦门市科技局课题 基金号(3502Z20103015)

¹ 中山大学附属第一医院(广州, 510080)

² 福建省厦门大学医学院中医系

³ 福建省厦门市中医院骨一科

⁴ 福建省集美大学体育学院

△ 通讯作者: E-mail: liaox1965@sina.com

744 名运动员的踝关节 X 线片进行了分析,结果认为年龄为 23 岁左右的足球运动员,90% 都存在骨关节病的 X 线改变。J. G. P. Williams^[3] 在总结运动损伤问题的时候,认为有 7% 的踝关节损伤会出现撞击性骨疣。1991 年 Massada JL^[4] 等对 88 名专业足球运动员的踝关节进行了调查研究,发现右踝和左踝骨疣的发病率分别为 59.1% 和 52.3%,而且病踝都有骨重塑现象。马国川等于 1997 年春训时,对包括国家队在内的 8 支女子足球队进行了“足球踝”流行病学调查,发现踝关节骨关节病发生率为 22%^[5]。张新定于 2004 年对 198 名经常参加足球运动的大学生进行调查,发现踝关节骨关节病发病率占 8.94%^[6]。而踝关节损伤的高发病率及损伤的反复性使运动员更易患此病^[7]。

2 发病机制研究

2.1 理论研究

1943 年 Morri 和 1956 年 Mc Murray 认为足球踝是因为运动员在踢球时,踝关节过度跖屈,牵拉关节囊前侧,导致关节囊及韧带损伤性钙化。1957 年 O. Dongoghue 则认为运动员踝关节过度背伸,使胫骨下唇与距骨颈部重复撞击,形成骨唇或骨疣,并认为骨疣的形成与关节囊和附近的韧带无关。P. Vincelette^[2] 等认为此病与运动中踝关节姿势不正确,致使踢球过程中软骨遭受不断累积的破坏性应力有关。G. P. Williams^[3] 等认为撞击性骨疣形成的主要原因,是过度的跖屈及长期的暴力冲击,损伤了踝关节的软骨和韧带,致使关节活动长期不稳定,最终导致关节退化性病变的产生。曲绵域等^[8] 认为由于不合槽的踝关节活动会撞击踝关节胫骨关节面,造成关节软骨面损伤,损伤的累积会造成关节的退化性改变。

2.2 生物力学机械实验研究

MA Castro^[9] 等于 2008 年分别让 24 位篮球运动员在不稳定的试验平面上跳跃,分析运动员起跳前、起跳瞬间、空中动作、落地四个相位的关节学变化。①发现扭伤的踝关节,在空中停留时间少于正常的踝关节。②未扭伤的踝关节接触地面的角度为 -3.38 ± 10.04 ,已扭伤的则为 -9.75 ± 14.18 。 $P < 0.01$ 。这说明了造成扭伤的原因是在落地时踝关节的空中准备时间不够、落地角度不够,造成姿势不正确。笔者认为,通常反复的扭伤可导致踝关节软骨的损伤,所以本文摘录了这个研究结果。曲绵域等^[8] 用重复踝关节被动伸屈造成软骨磨损实验方法,证实过度的踝关节挤压和撞击可以引起软骨的典型骨关节病改变。刘绍江^[10] 取新鲜成人踝关节标本 18 例,依次分别切断距腓前韧带、跟腓韧带和距腓后韧带,先在做踝关节前抽屉试验的情况下,拍踝关节侧位 X 线片,并在片上测量距骨移位的距离。然后再在踝关节内翻位下拍 X 线片,在片上测量距骨倾斜角。经分析发现,距腓前韧带是防止距骨向前移位的主要结构,若该韧带损伤,则踝关节的运动不合槽,会造成关节面软骨的磨损。吕占辉等^[11] 用人工距骨模型替代距骨,按 Lauge-Hansen 分类方法在秤上模拟足的各种位置及情形,记录距骨各个关节面的生物力学数据,数据包括受力部位、受力面积及压缩程度。最终发现:①外力越大,损伤越重。旋转造成剪切力损伤表现为软骨损伤具有面积大、程度轻的特点,而内外翻暴力造成软骨损伤则表现为面积小、程度重的特征。②距骨关节凹面易受旋转暴力发生损伤,距骨的平面关节易受挤压暴力而发生损伤。③距跟关节、距舟关节在踝关节受到外力

时,其关节面亦受到较大作用力,因此推测,距跟关节、距舟关节软骨损伤也是踝关节骨折并发踝关节炎的原因。④足球运动员踢球过程中,踝关节各个部位在各个方向的运动都有可能受到足球的暴力冲击,从而造成软骨不同程度的损伤。汤荣光等^[12] 收集 7 具成年人尸体小腿标本,在于踝关节上 20cm 处横行截断。模拟行走步态的站立相的中期,1 倍体重压力,每次加载持续 5s,先后完成完整踝关节、胫骨下端和后踝关节面分别切除 1/4、1/3、1/2 的情况下的加载测试,并将实验时放入关节内的压敏片的着色图形载入电脑,观察每次加载时后踝接触面面积的准确数据。发现正常踝关节负重区面积为 $3.93 \pm 0.30 \text{ cm}^2$,后踝切除 1/4 时负重区面积为 $3.42 \pm 0.38 \text{ cm}^2$,两者比较差异有统计学意义 ($P < 0.01$)。实验结果认为:①随着后踝切除骨片的增大,负重区面积亦随之缩小,踝关节完整性逐渐丧失。②同样大小的外力作用在缩小了的负重区上,可使这一区域应力明显增加。③长时间较高应力作用在关节软骨上导致关节早期退行性变。谢新敏等发现有移位的腓骨中上段骨折,畸形愈合后会导致踝穴增宽、外踝上移;足底压力中心轨迹偏移,距下关节角度范围比健足明显增大,存在踝关节不稳^[13]。而踝关节不稳患者更易患骨性关节炎^[14]。

3 生物力学定量研究方法进展

近来不少研究者用定量方法研究“足球踝”的生物力学特性。有限元模型可以成功地模拟踝关节退化的情形,为我们的研究提供更准确的分析手段。2006 年 Donald D 等^[15] 根据 CT 扫描的数据,使用适当的四维网格,建立了 7 具有限元模型,对胫骨持续进行加压,观察受力胫骨及踝关节的应变,发现已受损的踝关节表面应力是不连续的。2007 年 Donald D 等^[16] 比较了踝关节有限元分析方法与 Tekscan 传感器记录实验方法的差异。他先向 2 具足标本表面加载 600N 的力,并记录置于踝关节内的传感器数据。再以 0.3mm 的间距用 CT 扫描成功模拟了这两个足有限元模型,用同样大小的力向旋转的模型表面加载,直接测量和分析踝关节表面受力的情况,以此比较有限元分析与传感器直接测量的结果差异。肯定了有限元分析的有效性,并且讨论了现今踝关节有限元技术的优点及不足。2008 年 William R Ledoux 等^[17] 综合 MRI 皮肤扫描的数据,及以 0.6mm 间距由 CT 扫描方法获得的骨骼和其它组织的数据,采用 ANSYS IGE CFD v 10.0.1 的自动网格软件,建立了一个包含全部足部关节的足有限元模型。此模型可向模型距骨和跟骨加载,结果发现该模型能够较正确地模拟足底压力,并提出建议,认为未来的模拟应加入更多的肌肉和韧带,使模型更加精确和真实。张明等^[18] 以 2mm 的间距对 1 名男子的右足横断面进行 MRI 扫描,用 Mimics 软件进行骨骼和表面的三维几何重建,三维 CAD 软件形成实体模型,模拟双足站立时的平衡相和中间相踝关节受力的情况,并加以分析。认为所建模型能预测足底压力分布和足内部骨骼软组织应力与应变情况。

秦淑珍,陈新华等^[19] 采用光弹性应力分析方法,分析踝关节在背伸 5°,跖屈 7°、9°、31°、43° 五种位置时,关节面接触区的应力分布规律。发现踝关节在跖屈 0°~19° 时,踝关节处于最佳负重状态。踝关节如果长期处于过度跖屈状态,则应力加大,踝关节易疲劳和发生慢性劳损。

近来,已出现软组织在细胞层次上的生物力学研究技术,这是一种全新的技术研究方法,它的出现,为今后的研究开

辟了一个广阔的领域。刘广源^[20]利用原子力显微术(Atomic Force Microscopy, AFM)与新近发展的磁驱动轻敲模式技术(Magnetic AC mode, MAC mode)对活体培养状态下的活细胞表面超微形态结构,进行更清晰的成像并对细胞不同部位进行力学测定,观察到软骨细胞的细胞质区和细胞核区,对于外界微应力表现出不同的弹性的生物力学特性。骨性关节炎的软骨细胞在体积调控能力上发生了变化^[21],且弹性^[22]和粘滞度^[23]也增加,这些都反映了软骨细胞骨架结构和功能的改变。胫骨骨折易导致软骨细胞的损伤,使软骨发生退变。Tochigi Y 等向正常踝关节加以经胫骨内压力冲击模拟损伤机制的典型 plafond 胫骨骨折的效果,通过激光扫描显微镜用 live-dead 序列方法在骨折的胫骨表面不同时间点的软骨细胞的活力进行了测量。测量位点为离骨折线 1mm 内的软骨和远离骨折线 3mm 外的软骨,发现骨折区的软骨细胞损伤更为严重^[24]。

4 总结

足球踝是足球、排球、体操运动员的易患疾病,对其机制主要是进行生物力学研究,通过生物力学的变化来指导临床预防及治疗。而在临床上,生物力学研究未必能取得较满意的效果,随着有限元技术及细胞生物学等技术的发展,踝关节的解剖结构和力学特性能更好地被构建及模拟^[25],为临床提供诊疗依据。

参考文献

- [1] 田佳. 运动创伤学[M]. 北京:北京体育大学出版社,2008.
- [2] VINCELETTE P, LAURIN C A, LEVESQUE H P, et al. The footballer's ankle and foot[J]. Can Med Assoc J, 1972, 107(9): 874-877.
- [3] WILLIAMS J G. Wear and tear injuries in athletes-an overview [J]. Br J Sports Med, 1978, 12(4): 211-214.
- [4] MASSADA J L. Serviço de Ortopedia, Hospital Geral de Santo António. Ankle overuse injuries in soccer players. Morphological adaptation of the talus in the anterior impingement[J]. J Sports Med Phys Fitness, 1991, 31(3): 447-51, 11(4): 871-874.
- [5] 马国川, 欧阳孝. 中国女子足球运动员运动损伤规律及防治的初步研究[J]. 中国运动医学杂志, 2001, 20(1): 61-63.
- [6] 张新定. 对大学生足球运动中踝关节损伤及预防的调查研究[J]. 海南广播电视大学学报, 2004, (2): 85-86.
- [7] OZTEKINA H H, BOYAB H O, OZCAN O. Foot and ankle injuries and time lost from play in professional soccer players[J]. Foot (Edinb), 2009, 19(1): 22-28.
- [8] 曲绵域, 于长隆. 实用运动医学[M]. 北京:北京大学医学出版社, 2003.
- [9] M A CASTRO, M A JANEIRA, O FERNANDES and L M CUNHA. Biomechanical analysis of an inciting event of ankle sprain on basketball players[J]. Journal of Foot and Ankle Research, 2008, 1(1): 017.
- [10] 刘绍江. 踝关节外侧韧带维持踝关节稳定性的生物力学研究[D]. 四川大学, 2007.
- [11] 吕占辉, 王树锋, 孔令贵, 等. 踝关节骨折伴距骨软骨损伤的实验及临床研究[J]. 骨与关节损伤杂志, 2002, 17(5): 321-323.
- [12] 汤荣光, 盛为, 戴克戎等. 后踝骨折以关节负重区影响的实验研究[J]. 中华创伤杂志, 1999, 15(3): 203-205.
- [13] 谢新敏, 李来峰, 赵学春, 等. 腓骨中上段骨折对踝关节生物力学影响的临床研究[J]. 中国矫形外科杂志, 2009, 17(14): 1081-1083.
- [14] FARHADI J, VALDERRABANO V, KUNZ C. Free fibula donor-site morbidity: clinical and biomechanical analysis [J]. Ann Plast Surg, 2007, 58: 405-410.
- [15] ANDERSON D D, GOLDSWORTHY J K, SHIVANNA K, et al. Intra-articular Contact Stress Distributions at the Ankle throughout Stance Phase-Patient-Specific Finite Element Analysis as a Metric of Degeneration Propensity[J]. Biomech Model Mechanobiol, 2006, 5(2-3): 82-89.
- [16] DONALD D, GOLDSWORTHY J K, LI W, et al. Physical Validation of a Patient-Specific Contact Finite Element Model of the Ankle[J]. J Biomech, 2007, 40(8): 1662-1669.
- [17] WILLIAM R LEDOUX, EVAN D W DENGLER, MICHAEL J FASSBIND. 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 (Suppl1): 045.
- [18] 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): 339-344.
- [19] 杨传铎, 秦淑珍, 陈新华, 等. 人体踝关节趾屈时光弹性应力实验分析[J]. 医用生物力学, 1998, 4(13): 200-203.
- [20] 刘广源. 运用原子力显微术磁驱动模式研究骨关节炎软骨细胞生物力学特性的改变[D]. 中国协和医科大学, 2007.
- [21] JONESA W R, TINGBEALL C H P, LEE G M, et al. Alterations in the Young's modulus and volumetric properties of chondrocytes isolated from normal and osteoarthritic human cartilage[J]. Biomech, 1999, 32(2): 119-127.
- [22] TRICKEY W T, LEE G M, GUILAK F, et al. Viscoelastic properties of chondrocytes from normal and osteoarthritic human cartilage[J]. J Orthop Res, 2000, 18(6): 891-898.
- [23] TRICKEY W R, VAIL T P, GUILAK F. The role of the cytoskeleton in the viscoelastic properties of human articular chondrocytes[J]. J Orthop Res, 2004, 22(1): 131-139.
- [24] TOCHIGI Y, BUCKWALTER J A, MARTIN J A, et al. Distribution and progression of chondrocyte damage in a whole-organ model of human ankle intra-articular fracture. [J]. J Bone Joint Surg Am, 2011, 93(6): 533-599.
- [25] 刘清华, 余斌, 金丹. 解剖结构完整的踝关节有限元模型构建及意义[J]. 山东医药, 2010, 50(14): 1-3.

(收稿日期: 2011-08-14)