

doi:10.19677/j.issn.1004-7964.2021.05.012

## 足球鞋的核心结构及运动生物力学特征研究进展

苏联鑫<sup>1</sup>,何文革<sup>2</sup>,杨贤罡<sup>3\*</sup>,霍洪峰<sup>1</sup>

(1.河北师范大学体育学院,河北石家庄 050024;2.河北省体育局,河北石家庄 050000;3.河北省体育科学研究所,河北石家庄 050000)

**摘要:**不同类型足球鞋对于足球比赛、训练以及防止运动过程中损伤具有重要作用。通过对比不同类型的足球鞋鞋钉、足球鞋面材质在足球鞋研究进展进行分析,综述近些年来足球鞋在足球运动发展的现状和前沿,为不同类型足球鞋的制定和不同人群选取足球鞋提供参考。研究表明:不同的场地需要使用不同类型足球鞋,鞋钉类型和鞋钉长度是影响球员运动表现和下肢关节损伤主要因素;鞋面材质是影响足舒适度、足背压力、射击精度和球速的主要因素,也是影响下肢损伤的潜在机制;足球鞋的鞋钉及鞋面科技都运用了运动生物力学的原理,测评足球鞋在不同场地的性能也离不开运动生物力学的研究方法,用运动生物力学的方法研究足球鞋对足球鞋的设计具有重要意义。

**关键词:**足球鞋;鞋钉;鞋面材质;生物力学;损伤

**中图分类号:**TS 943.1 **文献标志码:**A

## Research Progress on the Core Ctructure and Sports Biomechanical Characteristics of Football Shoes

SU Zhenxin<sup>1</sup>, HE Wenge<sup>2</sup>, YANG Xiangang<sup>3\*</sup>, HUO Hongfeng<sup>1</sup>

(1. College of Physical Education, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050024, China; 2. Sports Bureau of Hebei Province, Shijiazhuang 050000, China; 3. Hebei Institute of Sports Science, Shijiazhuang 050000, China)

**Abstract:** Different types of football shoes play an important role in football match, training and preventing injury in the process of sports. This paper analyzes the research progress of different types of football shoes by comparing their spikes and vamp materials, summarizes the current situation and frontier of football shoes in recent years, and provides reference for the formulation of different types of football shoes and the selection of football shoes for different groups of people. The results show that different types of football shoes are needed in different venues, and the type and length of the nails are the main factors that affect the sports performance and lower limb joint injury of players. Vamp material is the main factor affecting foot comfort, dorsal pressure, shooting accuracy and ball speed, and is also the potential mechanism affecting lower limb injury. The principle of sports biomechanics is applied in the shoe stud and upper technology of football shoes, and the evaluation of the performance of football shoes in different venues cannot be separated from the research method of sports biomechanics, so it is of great significance to the design of football shoes by using the method of sports biomechanics.

**Key words:** football shoes; spike; shoe material; biomechanics; damage

### 引言

收稿日期:2021-01-16

基金项目:冬季项目运动员髌股关节损伤的风险评估及联合治疗方案的效果(19275711D)

第一作者简介:苏联鑫(1995-),男,河北师范大学2019级运动人体科学硕士,E-mail:suzhenxin1995@163.com。

\*通信联系人:杨贤罡(1984-),男,博士,研究员,硕士研究生导师,研究方向:运动表现的生物学机制,E-mail:yangxiangang9100@163.com。

足球运动在全世界各地是最受欢迎、最具影响力的单项体育活动,参与人数众多,影响非常广泛,激烈的对抗性质要求足球装备和足球场地应具有减少损伤的作用<sup>[1,2]</sup>。足球鞋作为足球运动最重要的运动装备,在不同的场地上就需要使用不同类型的足球运动鞋,以减少运动损伤<sup>[3]</sup>。运动鞋的发展随着现代运动鞋设计理念的侧重把运动控制、防震功能、以及调节足底压力结合在一起,为足球运动的

人群提供安全、舒适功能齐全的训练装备<sup>[4,5]</sup>。

在运动过程中,足球鞋钉作为与场地直接接触的部分,应当根据不同场地的需要具有不同的生物力学变化<sup>[6,7]</sup>。球鞋的鞋面材质、鞋底设计、重量和设计类型等都会影响运动员运动过程中的表现<sup>[1,2,7]</sup>,这些条件都使足球鞋向着更好功能性方向发展,在满足球员运动的同时减少运动损伤的发生<sup>[2]</sup>。

本文通过查阅国内外文献,从足球鞋钉类型、鞋面材质等足球鞋核心结构进行分类研究,及足球鞋的运动生物力学特征研究进展进行分析,为不同人群选取不同的足球鞋、足球鞋下阶段研发和预防足球运动员损伤提供参考。

### 1 足球鞋核心结构

运动鞋的核心技术主要体现在材质和结构方面,材质决定了性能,结构决定了功能<sup>[4]</sup>。而足球鞋的鞋钉、鞋面和鞋底的材质和结构不同是影响足球运动员运动表现的重要因素(见表 1)<sup>[5,7]</sup>。

#### 1.1 足球鞋钉类型

不同足球鞋鞋钉的种类对于足球场地影响具有十分重要的作用<sup>[8]</sup>。选择不同的足球鞋钉使用主要与选择的目的地有关。业余爱好者选择足球鞋一般会根据场地选择足球鞋,而专业足球运动员选择足球鞋考虑到场地因素外、脚型、舒适度、场上位置等因素<sup>[9]</sup>,一些超级足球运动员在赞助商和个人因素的影响下会单独定制适合自己的足球鞋。

现代足球的特点是快速方向变化、快速冲刺和爆发式起跑<sup>[10,11]</sup>,要求足球鞋比其它类型运动鞋在足球场上拥有更大的抓地力和摩擦力。相关研究发现,鞋钉的螺柱设计也考虑到医学和生物力学知识增加对 ACL 风险的影响,导致了螺柱设计影响 ACL 负荷的结论<sup>[12]</sup>。传统的螺柱鞋钉可以造成一系列的损伤,而新的足球鞋中刀片鞋钉长达 3 cm,提供增强的站立脚稳定性,降低踢球时的损伤风险<sup>[13]</sup>。且刀片足球鞋在使运动员非接触性膝关节损伤时并没有

更高的风险<sup>[14]</sup>。刀刃性鞋钉虽然其形状不对称,但是该鞋钉可以通过增加鞋钉与地面的接触面积提高

表 1 不同足球鞋底类型及适应场地图  
Tab.1 Different types of football soles and field

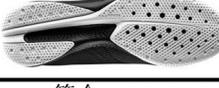
| Firm Ground   | 场地类型  | 适应性    | 场地类型 | 适应性  |
|---|-------|--------|------|------|
|    | 天然草   | 非常合适   | 塑胶地  | 不合适  |
|   | 橡胶颗粒草 | 合适     | 水泥地  | 不合适  |
|   | 石沙底草  | 脚踝保护欠佳 | 木板地  | 不合适  |
| 简介: Firm Ground 通常采用树脂 TPU 材质制造鞋钉,鞋钉长度嘴长,抓地力强启动快                                    |       |        |      |      |
| Artificial Ground   | 场地类型  | 适应性    | 场地类型 | 适应性  |
|    | 天然草   | 合适     | 塑胶地  | 不合适  |
|   | 橡胶颗粒草 | 非常合适   | 水泥地  | 不合适  |
|   | 石沙底草  | 合适     | 木板地  | 不合适  |
| 简介: Artificial Ground 专为人工草开发设计,强调变向灵活启动速度和脚踝保护的平衡性                                 |       |        |      |      |
| Soft Ground   | 场地类型  | 适应性    | 场地类型 | 适应性  |
|   | 天然草   | 合适     | 塑胶地  | 不合适  |
|   | 橡胶颗粒草 | 不合适    | 水泥地  | 不合适  |
|   | 石沙底草  | 不合适    | 木板地  | 不合适  |
| 简介: Soft Ground 通常采用金属材料制造,仅适用于较软天然草场,尤其是雨后或雨天                                      |       |        |      |      |
| Hard Ground   | 场地类型  | 适应性    | 场地类型 | 适应性  |
|  | 天然草   | 合适     | 塑胶地  | 不合适  |
|   | 橡胶颗粒草 | 非常合适   | 水泥地  | 不合适  |
|   | 石沙底草  | 合适     | 木板地  | 不合适  |
| 简介: Hard Ground 通常采用橡胶制造的鞋钉,相比 FG 硬度较短,适合普通消费者                                      |       |        |      |      |
| Turf  | 场地类型  | 适应性    | 场地类型 | 适应性  |
|  | 天然草   | 抓力不足   | 塑胶地  | 非常合适 |
|   | 橡胶颗粒草 | 合适     | 水泥地  | 非常合适 |
|   | 石沙底草  | 合适     | 木板地  | 易打滑  |
| 简介: Turf 最短最密集的橡胶钉球鞋,脚踝保护性适合各类场地的足球训练和比赛  |       |        |      |      |
| INAIC Indoor  | 场地类型  | 适应性    | 场地类型 | 适应性  |
|  | 天然草   | 不合适    | 塑胶地  | 非常合适 |
|   | 橡胶颗粒草 | 易打滑    | 水泥地  | 非常合适 |
|   | 石沙底草  | 合适     | 木板地  | 非常合适 |
| 简介: INAIC Indoor 街头足球室内足球首选,通常采用防滑无痕橡胶鞋底、塑胶、不沾地                                     |       |        |      |      |
| Multi Ground  | 场地类型  | 适应性    | 场地类型 | 适应性  |
|  | 天然草   | 合适     | 塑胶地  | 不合适  |
|   | 橡胶颗粒草 | 合适     | 水泥地  | 不合适  |
|   | 石沙底草  | 合适     | 木板地  | 不合适  |
| 简介: Multi Ground 设计理念是训练和比赛双用途球鞋,鞋钉长度硬度适中排布较为密集                                     |       |        |      |      |

表 2 足球鞋鞋面材质信息  
Tab.2 Football shoe upper material information

|    | 袋鼠皮   | 牛皮   | 人造纤维   | 织物  |
|----|---|--|--|---|
| 优点 | 材质软、薄、韧、透气、防水性能相对更好。对抗激烈、撕扯强度高、要求更好触感、防水、透气性能的特性。                             | 柔软触感好、透气性好的特性,而且原料成本低,足内侧前部和足背的贴合度较高,舒适感较强                   | 柔软触感好、适合在表面加入太多的图案、颜色、涂层或辅助设计,能模拟出天然皮革的所有优点,更耐用、原料成本更低 | 提供最自然的赤足感                                 |
| 缺点 | 实战后易变形或越穿越大,过于柔软容易变形导致过度延展或坍塌,包裹感大为减低;雨战时,天然皮革泡水后都会出现松散、老化、颜色剥落状况。与胶水不兼容,易开胶; | 牛皮的防水性和韧性始终不及袋鼠皮,实战后更容易出现表层剥落、松垮、变形的状况。在表面不适合加入图案、颜色、涂层或辅助设计 | 发力差、透气性不佳  | 售价高昂、制作成本高、发力感一般、耐用度不足。包裹感、耐用度、支撑性、发力感都较差 |
| 用途 | 广泛用于足球鞋面制作上最具标志性的足球鞋面料  | 一般用于非顶级款足球鞋上   | 使用广泛   |   |

了抓地性能和摩擦力,对不同方向加载负荷的阻力不同,从而导致地面反作用力在某些方向上对踝关节产生的力矩过大,使损伤的风险增大<sup>[15]</sup>。因此,在不降低运动表现的基础上尽可能保护运动员下肢关节是今后足球鞋鞋钉设计的关键。

## 1.2 足球鞋鞋面材质类型

对足球鞋不同鞋面材质相关研究发现,拟合感是影响舒适性的中重要因素,拟合感可以理解为足和不同类型足球鞋之间的匹配水平<sup>[16]</sup>。鞋面材质的类型是影响足球运动员的舒适性和运动员正常发挥的重要因素<sup>[17]</sup>。足球鞋鞋面使用的材质影响运动员的适应感,在人工表面比天然草具有更大的旋转牵引特性,足球鞋与踢球表面之间的高度旋转牵引力可能是下肢损伤的潜在机制<sup>[18]</sup>。运动员足背上的压力与射门时的精度有关<sup>[19,20]</sup>,同时足背压力过大也会导致在运动过程中的损伤的发生。足球鞋和足之间的配合程度与鞋的形状和建造材质有关<sup>[21]</sup>,足球鞋使用的鞋绳也是影响足与足球鞋拟合感的重要因素<sup>[22]</sup>。鞋面相互作用,特别是牵引力和顺应性,在不同的场地表现出不同的性能和生物力学特征<sup>[23]</sup>。足球鞋鞋面上部的光滑性影响运动员踢球准确精度<sup>[24]</sup>。足球鞋在圈里踢球时改变足球运动员的球速<sup>[25]</sup>。

通过对袋鼠皮、小牛皮和人造纤维的鞋面材质对试穿感觉的影响发现,袋鼠皮的材质最适合球员的穿着,踢球感觉更舒适<sup>[1]</sup>。选择一款最适合于首选和理想搭配的足球鞋对优秀得足球运动员来说是一件非常重要的事<sup>[26]</sup>。球员们更喜欢更紧的足球靴,具有更好的舒适感知的足球鞋可能导致性能的提高和受伤率的降低<sup>[27,28]</sup>。从这个意义上说,鞋类的舒适性和合身性不仅与受伤有关<sup>[29]</sup>,而且与体育运动的表现有关<sup>[30]</sup>。目前在市场上大多数足球鞋面材质主要以人造纤维为主,主要与人造纤维的优点有关,其次是袋鼠皮和牛皮,见表 2。

## 2 场地草坪因素

现代第三代图尔夫塑胶场地正在世界各地的娱乐设施和专业体育场安装<sup>[23]</sup>。虽然人工场地的使用人群远大于自然草坪,但目前主要的足球赛事仍然采用的自然草坪。随着技术不断更新,人们越来越多使用创新材料、特殊性鞋钉和不同温度或湿度场地<sup>[31]</sup>。场地不同对于足球运动损伤的发生有着密切影响<sup>[32]</sup>。特殊性鞋钉的足球鞋在人工草坪与自然草坪或其他场地运动中,增加不同损伤模式潜在机制,造成各种不同力学与生理反应<sup>[33]</sup>,见表 3。

## 3 足球鞋的运动生物力学特征

从生物力学角度分析主要探索的是身体下肢与足球鞋以及足球鞋与地面之间的力学功能问题,其中足球鞋底技术是运动鞋研发的核心技术<sup>[4]</sup>。在 30°和 60°进行直跑和侧切的试验得出不同类型的足球靴对每次动作的膝关节负荷无影响,但侧开脚法通过显著改变膝关节负荷,在非接触式足球前交会造成叉韧带损伤的高发病率<sup>[34]</sup>

表 3 人工草坪与自然草坪相关研究  
Tab.3 Relevant research on artificial turf and natural turf

|     | 人工草皮   | 自然草皮  |
|-----|--|---|
| 不同点 | <p>使用 AG 足球鞋会降低侧切时的速度,鞋钉长度较短、数量更多和分布更密集的 AG 大底足球鞋在人造草坪上动态表现更好,运动伤害风险更低<sup>[2]</sup>。</p> <p>自然草坪相比,人工草皮不同损伤模式的潜在机制增加,鞋面界面的扭矩和旋转刚度特性降低了表面的冲击衰减特性,不同的表面和有害的生理反应可能是足球损伤的前兆<sup>[2]</sup>。</p> <p>在人工草皮上的严重伤害比少,但是轻伤更多<sup>[50]</sup>。</p> <p>人工草坪:(348.1±119.0) kPa, P=0.043)的峰值压力显著高于草地人工表面产生的下肢关节所经历的扭矩和应变可能大于自然草地产生的扭矩和应变<sup>[5]</sup>。</p> <p>在草地表面或者自然草坪上穿钉鞋训练增加了踝关节或膝关节的急性下肢损伤<sup>[7]</sup>。</p> | <p>在自然草坪上进行切球动作时,较高的侧峰压力可能导致某些应力断裂或通过重复的伸展运动导致骨折<sup>[54]</sup>。</p> <p>在草地条件下,内侧前足(草皮:(27.2±5.3)%,草皮:(30.2±6.6)%, P=0.031)和外侧中足(草皮:(3.4±1.8)%,草皮:(4.1±2.3)%, P=0.029)内的相对负荷更高<sup>[51]</sup>。</p> <p>在天然草皮上严重伤害比人工草皮多<sup>[50]</sup>。</p> <p>青少年在草地表面或者自然草坪上穿钉鞋训练增加了踝关节或膝关节的急性下肢损伤<sup>[6]</sup>。</p> <p>在训练过程中,那些受伤的人在草地上比赛的可能性是在人造草坪上的 3 倍(95%可信区间 1.03-5.96),在草地上穿防滑鞋的可能性是其他鞋子和地面组合的 2.4 倍(95%可信区间 1.03-5.96)。在比赛中受伤的的球员后卫的可能性比打前锋的可能性强 89%(95% CI 1.03-4.17)<sup>[7]</sup>。</p> <p>在非接触性运动损伤风险几乎没有影响。通过运动学角度证实,女性足球运动员在人工草坪做切球运动时,不会提升下肢踝关节和膝关节的损伤风险<sup>[30, 52, 54]</sup>。</p> |
| 相同点 | <p>在自然草坪界面运动和在人工草坪界面运动对于足球运动员总体的下肢非接触性运动损伤风险几乎没有影响。通过运动学角度证实,女性足球运动员在人工草坪做切球运动时,不会提升下肢踝关节和膝关节的损伤风险<sup>[30, 52, 54]</sup>。</p>   | <p>在自然草坪上进行 45°变相运动时,(A G)显示出明显小于室内靴子(IN)的膝关节屈曲峰值和更大的外展角度显示出更大的垂直平均加载速率<sup>[35]</sup>(如:图 1B)。准确的踢是通过较慢的踢运动和球速值来实现的,球的质量是决定球的路径、旋转和最终速度的重要因素<sup>[36]</sup>。跑步或突然改变方向会增加和影响作用于下肢的力的方向,导致非接触性相关肌肉骨骼损伤的发生<sup>[37]</sup>。通过摩擦力可以观察到,当一个均匀的障碍物滑过另一个时,尽管在足球中,不规则的表面和扭曲的外底表现出粒子间的摩擦和粘附<sup>[38]</sup>。由解剖结构(骨尖)引起的穿过球到足表面的大压力强度可能进一步降低压力强度<sup>[39]</sup>。双脚监测表明,发生在右脚和左脚的力量与地面之间存在差异,这可能与右脚优势有关<sup>[40]</sup>。足球鞋的一年老化过程不会增加足底负荷在足球特定的运动<sup>[41]</sup>。</p>  |

旋转力矩又称为转矩或扭矩,力矩能够使物体改变其旋转运动,其重要差异可作为下肢扭转损伤的潜在危险因素<sup>[42]</sup>。相互作用与各级运动员大量非接触性膝关节损伤有关,旋转刚度有可能为鞋面界面的评价提供新的判据<sup>[43]</sup>。在切球运动中,鞋类扭转刚度影响踝关节运动学,鞋类扭转刚度增加会导致踝关节外翻力矩增加,从而增加踝关节损伤的风险,膝关节瞬间不受足动的影响扭转刚度,鞋类扭转刚度似乎对前交叉韧带(ACL)损伤的风险没有影响<sup>[42]</sup>。

刚度是指材质或结构在受力时抵抗弹性变形的能力;运动表面的刚度与前脚的弯曲相互作用,鞋类是影响脚踝和膝关节的重要因素<sup>[44]</sup>,弯曲刚度被证明是跑鞋的一个重要性能参数,鞋帮和靴子的弯曲刚度被发现是非直线的上部结构对整体靴结构的弯曲刚度有显著影响,而不同的上部结构对弯曲刚度有影响<sup>[45]</sup>提高跖趾关节的弯曲刚度可以降低能量丢失,并导致相应的性能改善<sup>[46]</sup>。影响球速的鞋子特征包括牵引力、脚保护、脚刚性和脚趾盒身高<sup>[25]</sup>。小腿肌肉长度和力速关系的个体差异可能会影响每个肌肉的适当刚度<sup>[47]</sup>。

### 3.1 旋转力学与刚度

3.2 足底压力与牵引力系数

鞋的不同特性和鞋垫材质的不同,可以改变的足底压力分布<sup>[48]</sup>,压力测量装置可以被认为是评估和设计鞋的最重要工具,以获得更好的舒适性、提高性能和防止过度使用伤害<sup>[49]</sup>。关于足球鞋的研究也已经深入其他领域,足底压力的结果发现 AG 显示出最

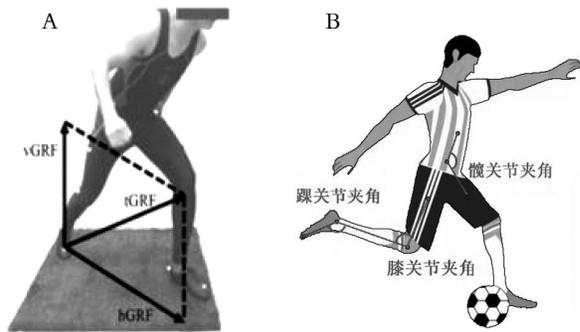


图 1 下肢与足球鞋、足球鞋与地面的力学功能图

Fig. 1 The mechanical function diagram between the lower limbs of the body and the football shoes and between the football shoes and the ground

A: 受试者进行侧切动作与地面反作用力示意图<sup>[9]</sup>。B: 关节和环节角度的示意图<sup>[9]</sup>。

高的峰值压力和足跟(H)和内侧前足(MFF)的力时积分。人工地面设计(A G)和草坪夹板(T F)与 IN 相比,在人工草坪上可能提供性能效益,但也可能承担更高的非接触性损伤风险<sup>[35]</sup>。

在对比人工草皮、牵引力系数和鞋面相互作用之间关系时,发现人工草皮和鞋对牵引力系数没有明显影响<sup>[50]</sup>。牵引力在较长的草皮上较低,与预期相反的是牵引系数在草坪和足球鞋之间几乎保持相同。人造草皮中草皮水分和鞋钉会影响牵引力系数,在潮湿的 AG 和 FG 设计表现均匀,但当穿着 TF 鞋时,鞋表面的性能和牵引力系数降低<sup>[51]</sup>。足球鞋的设计可以影响踢球速度,鞋带对足球踢腿精度有影响<sup>[39]</sup>,鞋的刚度和球速度之间有很强关系,因此,材质刚度的变化应以提高球速为目标<sup>[52]</sup>。

### 2.3 足球鞋与群体的损伤特征

单一年龄因素的影响表现,关于不同种类人群的影响因素的研究较多,对业余足球爱好者来说,主要集中在青少年和青年中。对青年运动员来说,早期较高的侧腓肠活动与横切过程中的损伤危险因素有关,晚期膝关节外翻角度和力矩的增加和腓肠肌外侧活动的增加青年运动员在侧切过程中 ACL 损伤危险因素<sup>[53]</sup>;女青年足球运动员的损伤模式与年龄较大、水平较高的球员相似,脚踝扭伤最为普遍<sup>[6]</sup>;在女孩的运动中,足球的急性接触伤害率最高,只有男孩的足球和摔跤有较高的损伤<sup>[31]</sup>。

足球运动员分为不同的水平等级。在调查专业足球运动员足球鞋的面积、力和压力之间的关系得出,足球鞋的表面积减少,可能是足球鞋内力量和压力增加的原因<sup>[54]</sup>。对职业足球男性运动员来说,不同

种类的鞋钉会造成下肢软组织和疲劳的损伤<sup>[53]</sup>。对业余足球运动员来说,测试的叶片模型比带钉模型更容易使运动员受伤<sup>[57]</sup>;不管穿什么样子的足球运动鞋,对男子野外足球运动员来讲,都有足前侧韧带损伤的风险<sup>[7]</sup>;相比之下,有些报告以从低级运动员收集的数据表明,人造草坪可以防止受伤<sup>[55]</sup>。军事足球运动员不同形状、材质、舒适的鞋面能够减少损伤频率,影响鞋对脚的舒适度<sup>[2,29,55]</sup>。

## 4 小结

在足球鞋的选取方面,首先要考虑到要选择的场地,其次考虑鞋钉类型和鞋面材质等。鞋钉的选取方面要根据场地不同和个人技术特点进行选取。鞋面材质的选取方面,对于职业足球运动员,建议使用袋鼠鞋面材质的足球鞋,建议普通人群选择人造纤维鞋面的足球鞋;在足球鞋的设计制造方面,不同的场地需要使用不同类型足球鞋,鞋钉的设计要考虑到鞋钉的数量、长短、几何形状、分布位置的生物力学特征和运动表现等因素,足球鞋的设计还应当考虑到鞋面材质和场地因素。

足球鞋在生物生物力学方面的研究扩展到了摩擦力、关节扭矩、制动牵引力、旋转力矩、刚度和足底压力等方面,研究主要集中在身体下肢与足球鞋以及足球鞋与地面之间的力学功能问题,鞋面材质也是影响足舒适度、足背压力、射击精度和球速的主要因素,草坪场地因素也是影响下肢损伤的潜在机制。利用运动生物力学的研究手段增加运动表现和舒适度,保护运动员下肢仍是足球鞋发展的大方向。

### 参考文献:

- [1] Olaso Melis J C, Priego Quesada J I, Lucas-Cuevas A G, et al. Soccer players' fitting perception of different upper boot materials[J]. Appl Ergon, 2016, 55: 27-32.
- [2] 孙冬, Fekete G, 顾耀东, 等. 鞋钉构造对专业足球运动员在不同草坪条件下的生物力学表现分析[J]. 中国体育科技, 2018, 054(001): 71-79.
- [3] 彭博, 秦义, 王定宣, 等. 不同类型的足球鞋大底在人造草坪上的动态表现 [J]. 中国体育科技, 2016, 52(04): 103-112+145.
- [4] 李建设, 顾耀东, 陆毅琛, 等. 运动鞋核心技术的生物力学研究[J]. 体育科学, 2009, 29(05), 40-49+75.
- [5] 孙冬, 顾耀东, 李建设. 足球鞋核心技术的生物力学研究

- 进展[J].浙江体育科学,2015,37(04):109-113.
- [6] O'kane JW,Gray KE,Levy MR,et al.Shoe and Field Surface Risk Factors for Acute Lower Extremity Injuries Among Female Youth Soccer Players [J].Clinical Journal of Sport Medicine,2016,26(3):245-250.
- [7] 孙冬.不同鞋钉构造足球鞋对足球运动员下肢生物力学影响的研究[D].宁波大学,2017.
- [8] Driscoll H,Kirk B,Koerger H,et al.Influence of outsole design on centre of rotation during turning movements[J].Procedia Engineering,2012,34:301-306.
- [9] 葛爽.关于足球鞋选用的分析 [J].体育科技文献通报,2020,28(05):159-161.
- [10] Kulesa DJ,Gollhofer A,Gehring D The influence of football shoe characteristics on athletic performance and injury risk—a review[J].Footwear Science,2017,9(1):49-63.
- [11] Hilgers MP,Walther M Evolution of Soccer Shoe Design[J].Athletic Therapy Today,2011,16(3):1-4.
- [12] Hennig EM,Sterzing T Special Issue:Soccer shoes:enhancing fit and performance[J].Footwear Science,2014,6(2):67-68.
- [13] Hall JM.Football blades:a cause for concern [J].Br J Sports Med,2004,38(5):642.
- [14] Gehring D,Rott F,Stapelfeldt B,et al.Effect of soccer shoe cleats on knee joint loads [J].Int J Sports Med,2007,28(12):1030-1034.
- [15] Grund T,Senner V.Traction behavior of soccer shoe stud designs under different game-relevant loading conditions [J].Procedia Engineering,2010,2(2):2783-2788.
- [16] Lam WK,Sterzing T,Cheung T.Reliability of a basketball specific testing protocol for footwear fit and comfort perception.Footwear Science[J],2011,3(3):151-158.
- [17] 刘卉,刘静民,郑秀媛,等.鞋的触觉舒适性研究进展[J].皮革科学与工程,2012,22(04):45-52.
- [18] Villwock MR,Meyer EG,Powell JW,et al.Football playing surface and shoe design affect rotational traction[J].American Journal of Sports Medicine,2009,37(3):518.
- [19] Hennig EM,Sterzing T.The influence of soccer shoe design on playing performance:a series of biomechanical studies[J].Footwear Science,2010,2(1):3-11.
- [20] Sterzing T,Mueller C,Wachtler T,et al.Shoe influence on actual and perceived ball handling performance in soccer[J].Footwear Science,2011,3(2):97-105.
- [21] Janisse,D.J The art and science of fitting shoes[J].Foot Ankle,1992,13(5):257.
- [22] Werd M B,Knight E L.Athletic Footwear and Orthoses in Sports Medicine[C]//:Springer New York,2010,01,01
- [23] Schrier N M,Wannop J W,Lewinson R T,et al.Shoe traction and surface compliance affect performance of soccer-related movements[J].Footwear Science,2014,6(2):69-80.
- [24] Kuo XL,Shiang TY.The instep kicking accuracy analysis using different soccer shoes [J].Journal of Biomechanics,2007,40:S629.
- [25] Sterzing T,Hennig EM.The Influence of Soccer Shoes on Kicking Velocity in Full-Instep Kicks [J].Exercise Sport Sciences Reviews,2008,36(2):91-97.
- [26] Sterzing T,Wulf M,Qin TY,et al.Effect of soccer shoe ball girth differences on fit perception,agility running and running speed perception [J].Footwear Science,2014,6(2):97-103.
- [27] Michael K,Kevin B,Geraldine N.Monitoring of lower limb comfort and injury in elite football [J].Journal of sports science&medicine,2010,9(4):652-663.
- [28] Sterzing T,Muller C,Hennig EM,et al.Actual and perceived running performance in soccer shoes:A series of eight studies [J].Footwear Science,2009,1(1):5-17.
- [29] M ü ndermann A,Stefanyshyn D J,Nigg BM.Relationship between footwear comfort of shoe inserts and anthropometric and sensory factors [J].Medicine and Science in Sports and Exercise,2001,33(11):1939-1945.
- [30] Nigg BM,Nurse MA,Stefanyshyn DJ.Shoe inserts and orthotics for sport and physical activities[J].Medicine&Science in Sports&Exercise,1999,31(7):S421-S428.
- [31] Kerr ZY,Collins CL,Fields SK,et al.Epidemiology of Player—Player Contact Injuries Among US High School Athletes, 2005-2009[J].Clinical Pediatrics,2011,50(7):594-603.
- [32] Stiles VH,Guisasola IN,James IT,et al.Biomechanical Response to Changes in Natural Turf during Running and Turning[J].Journal of Applied Biomechanics,2011,27(1):54.
- [33] Williams S,Hume PA,Kara SA.Review of Football Injuries on Third and Fourth Generation Artificial Turfs Compared with Natural Turf[J].Sports Medicine,2011,41(11):903-923.
- [34] Kaila,R.Influence of modern studded and bladed soccer boots and sidestep cutting on knee loading during match play conditions [J].American Journal of Sports Medicine,2007,35(9):1528.
- [35] Sun D,Gu Y D,Fekete G,et al.Effects of Different Soccer Boots on Biomechanical Characteristics of Cutting Movement on Artificial Turf [J].Journal of Biomimetics Biomaterials Biomedical Engineering,2016,27:24-35.
- [36] Eleftherios K,Athanasios K.Biomechanical characteristics and determinants of instep soccer kick [J].Journal of sports science&medicine,2007,6(2):154-165.
- [37] ABJ,KRA,PAG,et al.Harmful cleats of football boots:a biomechanical evaluation [J].Foot Ankle Surg,2011,17(3):140-144.
- [38] Barry B,Milburn P.Tribology,friction and traction:understanding shoe—surface interaction [J].Footwear Science,2013,5(3):137-145
- [39] Hennig EM,Althoff K,Hoemme AK.Soccer footwear and ball kicking accuracy[J].Footwear Science,2009,1(1):85-87.
- [40] Smith N,Dyson R,Janaway L.Ground reaction force measures when running in soccer boots and soccer training shoes on a natural turf surface[J].Sports Engineer— (下转第81页)