

文章编号:1004-7220(2018)02-0142-08

不同运动鞋舒适性差异及对篮球典型动作 足部受力特征影响

王 熙, 杨 洋, 张希妮, 傅维杰

(上海体育学院 运动健身科技省部共建教育部重点实验室, 上海 200438)

摘要:目的 探讨穿着不同篮球专项鞋在不同篮球典型步法中足部受力特征和专项鞋舒适性之间的关系。**方法** 利用 Kistler 三维测力台和 Medilogic 鞋垫式足底压力测试系统采集并比较 12 名篮球专项运动员分别穿着两款篮球鞋(L、N 鞋)在完成 3 种篮球典型步法(侧滑步、90°变向跑、3 步上篮)的受力特征,包括冲击力峰值、最大负载率、足底压力峰值等;并采用主观舒适度量表对完成 3 种步法时两款鞋舒适性进行评分。**结果** 3 种典型步法中两款鞋在冲击力方面无显著性差异,L 鞋足部压力在侧滑步和 3 步上篮中比 N 鞋更小;在舒适性方面,N 鞋显著优于 L 鞋,主要表现在鞋舒适性喜好程度(后跟稳定性、后跟响应、前掌缓冲、后跟缓冲和总体印象)和强度(前掌缓冲和后跟缓冲)方面存在显著性差异。**结论** 两款篮球鞋仅在足底压力和舒适性评价上存在较大差异,但并没有一款鞋在两种评价中都表现更优异,提示在全面设计和评价专项鞋时应兼顾鞋本身的生物力学特性和运动员的主观评价。

关键词: 篮球鞋; 舒适性; 冲击力; 足底压力; 步法

中图分类号: R 318.01 文献标志码: A

DOI: 10.16156/j.1004-7220.2018.02.009

Comfort Difference in Sports Shoes and Its Effects on Characteristics of Foot Loading in Typical Basketball Footwork

WANG Xi, YANG Yang, ZHANG Xini, FU Weijie

(Key Laboratory of Exercise and Health Sciences of Ministry of Education, Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China)

Abstract: **Objective** To explore the relationship between shoe comfort and foot loading characteristics in two types of basketball shoe during different basketball footwork. **Methods** Two Kistler 3D force platforms and Medilogic insole plantar pressure system were used to collect the kinetic data of 12 healthy male basketball players wearing two types of basketball shoe (shoe L and shoe N) during three varieties of basketball footwork (side-step cutting, 90° varied-direction running, lay-up), including peak impact force, peak loading rate, and peak plantar pressure. The perception test scale was used to evaluate comfort for two types of basketball shoe during three kinds of basketball footwork. **Results** For the two types of basketball shoes, there was no significantly difference in the impact force during the three kinds of basketball footwork, but the plantar pressure of shoe L was significantly greater than that of shoe N during side-step cutting and lay-up. Shoe N was significantly more comfortable than shoe L, with a significant difference in preference (heel stability, heel responsiveness, forefoot

收稿日期:2017-06-01; 修回日期:2017-08-27

基金项目:国家自然科学基金项目(11772201,11302131),上海市教育委员会科研创新项目(14YZ125)

通信作者:傅维杰,副教授,博士研究生导师,E-mail: fuweijie@sus.edu.cn

cushioning, heel cushioning, and overall liking) and intensity (forefoot and heel cushioning) on a dynamic scale.

Conclusions The plantar pressure and comfort show significant differences in the two types of shoes; however, none of the shoes appeared definitively superior in the two evaluations. It is suggested that the biomechanical characteristics of the shoes and the subjective evaluation of the athletes should be considered in the overall design and evaluation of specialized shoes.

Key words: basketball shoes; comfort; impact force; plantar pressure; footwork

在篮球运动中,运动员的下肢在每次落地过程中均承受着巨大冲击。研究发现,球员在一场比赛中平均要完成 70 次起跳和落地动作,每次会承受最高 9 倍于自身体重的冲击力^[1],进而诱发膝、踝关节损伤^[2]。研究证实,减少着地时所受的重复冲击力可以降低足部损伤发生的风险^[3],而篮球专项鞋作为篮球运动的核心装备,其舒适性和减震功能不仅对赛场上篮球运动员的表现有着重要影响,同时也对其下肢损伤的预防起到关键作用^[4]。通过理解足鞋之间的受力及分布特征可以有效地优化技术动作、降低足部伤害、改善专项鞋设计^[5-6]。然而,现阶段有关足部受力的研究仍主要集中于走、跑等常见步态特征^[7-8],而针对足、篮球等专项运动步法足部受力特征的研究鲜有报道。

另一方面,专项运动鞋除了要满足特定运动项目的功能要求、强化对足部的保护功能外^[9],最重要的是需要具备舒适和稳定的感觉^[10],而这一点恰恰容易被忽视。研究表明,篮球专项鞋的舒适性与篮球运动员的运动表现以及踝关节损伤及预防息息相关^[11]。其中,主观感知量表被证实是一种有效可信的评估手段^[12-13]。Hennig 等^[14]研究发现,跑者对运动鞋缓冲性能的主观感受和跑者所受冲击力和足底压力之间有密切关系,而人体足部对舒适性与下肢着地时所受冲击负荷等的感知亦密切相关^[15]。由此可见,运动鞋的主观感知测试并结合针对篮球运动中典型步法足部受力的生物力学测试,对于研究篮球专项鞋的功能性和舒适度十分必要^[16-17]。

本文对穿着不同篮球鞋运动员的典型步法进行地面反作用力(ground reaction force, GRF)和足底压力的定量分析,并结合运动鞋的主观感知量表评价,进一步理解篮球运动的足部受力特征及其与鞋舒适性的关系,为改善专项鞋设计提供参考。

1 方法

1.1 研究对象

选取 12 名上海体育学院篮球专项男性运动员,年龄(23.1 ± 2.0)岁,身高(176.3 ± 4.5)cm,体重(70.5 ± 7.5)kg,鞋码 42 码,平均运动年限为 8.4 年。所有受试者确认 24 h 内未从事剧烈运动,确定其下肢和足部半年内无明显损伤,理解本实验意图并签署知情同意书。

1.2 实验仪器

1.2.1 测力台 瑞士 Kistler 公司生产的三维测力台两块($90 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$),型号 9287B,采样频率为 1.2 kHz。

1.2.2 足底压力系统 鞋垫式足底压力测试系统(Medilogic 公司,德国)。压力鞋垫根据受试者鞋码选择 41/42 码,由 225 个 $0.6 \text{ cm} \times 0.4 \text{ cm}$ 压力传感器组成(见图 1),压力范围为 $0 \sim 640 \text{ kPa}$ ($0 \sim 64 \text{ N/cm}^2$),最高采样率为 0.3 kHz。



图 1 鞋垫压力传感器组成和足底区域划分

Fig. 1 Composition of insole pressure sensors and division of plantar region

1.3 测试方法

1.3.1 实验用鞋 篮球专项鞋 L(L 鞋):国内某运动科学实验室提供的新款篮球鞋样品鞋,鞋码为 42。篮球专项鞋 N(N 鞋):某国际知名品牌市售篮球鞋,鞋码为 42(见图 2)。两款鞋在外观设计、颜

色、重量等方面近似,但中底结构材料不同,N鞋使用特殊专利技术的缓冲材料。



图2 国际某知名品牌篮球鞋

Fig. 2 Basketball shoes of a famous international brand

1.3.2 篮球步法生物力学测试 根据录像观察^[20]和教练访谈最终选择篮球运动中使用最频繁的3种典型步法——侧滑步(side-step cutting, SS)、90°变向跑(90° varied-direction running, VR)、3步上篮起跳(lay-up toe-off, LU_{TO})和落地(lay-up touch-down, LU_{TD})作为测试动作。实验前,将压力鞋垫平整地置于鞋内,采集的数据通过无线接受器实时传送到计算机中。选用篮球运动中最常见的木地板作为运动表面。受试者自己根据个人动作习惯测量步点,并尽最大努力完成各动作,其中3步上篮起跳和落地时均要求落在前后两块测力台上。每位受试者随机穿着不同篮球鞋完成包括3种典型步法在内的共计6组(2×3)测试^[18],每组完成5次动作。在正式测试前要求受试者充分熟悉落地动作,并在每次动作完成后安排1~2 min休息,尽量避免体力状态和动作熟悉程度等因素对结果的影响^[19]。

1.3.3 感知舒适度测试 使用改编自美国某公司鞋研究中心提供的感知舒适度量表,本课题组前期研究已证实其可信度高^[20]。该量表包括整体感知舒适度和动态舒适度测试两部分。其中,整体感知舒适度测试指标包括两款不同篮球鞋的鞋尖内部高度、鞋尖内部宽度、鞋最宽处周长、脚腰/脚背、脚后跟处松紧以及鞋的长度等,进行分级评分(1~9分),1分别代表太低(鞋尖高度)、太窄(鞋尖宽度)、太紧(鞋最宽处周长、脚腰/脚背、脚后跟处)、太短(鞋长度),9为太高、太宽、太松、太长,5为合适[见图3(a)]。动态舒适度测试指标包括运动员穿着两款篮球鞋进行篮球运动过程中对鞋的总

体偏好印象、脚后跟缓冲、脚后跟响应、脚后跟稳定性、后跟-脚趾过渡和前脚缓冲等,进行1~9分的等级评分,所有的指标分由1为极其不喜欢、5为无所谓、9为极其喜欢依次过渡[见图3(b)]。除了总体印象这一指标外,其他指标又包含1~9分的强度等级评分,1为软(脚后跟缓冲和前脚缓冲)、无反应(脚后跟响应)、很不稳定(脚后跟稳定性)和不平滑(后跟-脚趾过渡)等,9为硬、反应大、很稳定、很平滑等。测试过程为10 min常规强度的篮球步法练习(包括SS、VR和3步上篮等),为避免篮球鞋的品牌效应及其他认为因素对评分结果的干扰,均在测试前用深色鞋套以完全掩盖鞋舌及商标标识。

1.4 评价参数

1.4.1 GRF特征 ①经体重标准化后的垂直GRF峰值(F_z)及出现时间(t_F);②经体重标准化后的最大负载率(G_z)及出现时间(t_G)。

1.4.2 足底压力特征 根据Bontrager等^[21]有关鞋垫区域的设置,针对动作特点和压力鞋垫的构造,将足底分为足前区、足中区、足跟区以及内、外两侧5个区域(见图1)。参数为最大压力和最大压力分布,并经体重标准化。

1.4.3 鞋舒适性特征 ①整体舒适度:鞋尖高度、鞋尖宽度、鞋最宽处周长、脚腰/脚背、鞋后跟和鞋长度;②动态舒适度:鞋总体印象、鞋后跟缓冲、鞋后跟响应、鞋后跟稳定、后跟-脚趾过渡和鞋前掌缓冲,各指标包括喜好和强度。

1.5 数据统计

所得数据用均值±标准差表示,并用SPSS 19.0软件进行统计,采用配对样本 t 检验比较不同篮球鞋对GRF、足底压力等参数的影响,采用Wilcoxon秩和检验对鞋舒适性参数进行分析,显著性水平 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 地面反作用力

图4所示为穿着L鞋做侧滑步(SS)、90°变相跑(VR)、3步上篮起跳(LU_{TO})和落地(LU_{TD})过程中垂直地面反作用力(vertical ground reaction force, vGRF)与时间曲线图。SS和VR时,被动冲击阶段发生在足与地面碰撞后约100 ms范围内,冲击力峰值约为体重(body weight, BW)的2倍;LU_{TO}和LU_{TD}

	调整			正好				调整		
鞋尖内部高度	1 太低	2	3	4	5 正好	6	7	8	9 太高	
鞋尖内部宽度	1 太窄	2	3	4	5 正好	6	7	8	9 太宽	
脚最宽处周长	1 太紧	2	3	4	5 正好	6	7	8	9 太松	
脚腰 / 脚背	1 太紧	2	3	4	5 正好	6	7	8	9 太松	
脚后跟	1 太紧	2	3	4	5 正好	6	7	8	9 太松	
长	1 太短	2	3	4	5 正好	6	7	8	9 太长	

(a) 整体感知舒适度

总体印象	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>									
	非常不喜欢	很不喜欢	中等不喜欢	稍微不喜欢	无所谓	稍微喜欢	中等喜欢	很喜欢	非常喜欢										
特性	喜好									强度									
脚后跟缓冲	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	非常不喜欢	很不喜欢	中等不喜欢	稍微不喜欢	无所谓	稍微喜欢	中等喜欢	很喜欢	非常喜欢	软									硬
脚后跟响应	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	非常不喜欢	很不喜欢	中等不喜欢	稍微不喜欢	无所谓	稍微喜欢	中等喜欢	很喜欢	非常喜欢	无反应									反映大
脚后跟稳定性	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	非常不喜欢	很不喜欢	中等不喜欢	稍微不喜欢	无所谓	稍微喜欢	中等喜欢	很喜欢	非常喜欢	很不稳定									很稳定
后跟-脚趾过度	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	非常不喜欢	很不喜欢	中等不喜欢	稍微不喜欢	无所谓	稍微喜欢	中等喜欢	很喜欢	非常喜欢	不平滑									很平滑
前脚缓冲	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	非常不喜欢	很不喜欢	中等不喜欢	稍微不喜欢	无所谓	稍微喜欢	中等喜欢	很喜欢	非常喜欢	软									硬

(b) 动态舒适度

图 3 舒适度量表

Fig. 3 Perception test scale (a) General fit, (b) Dynamic scales

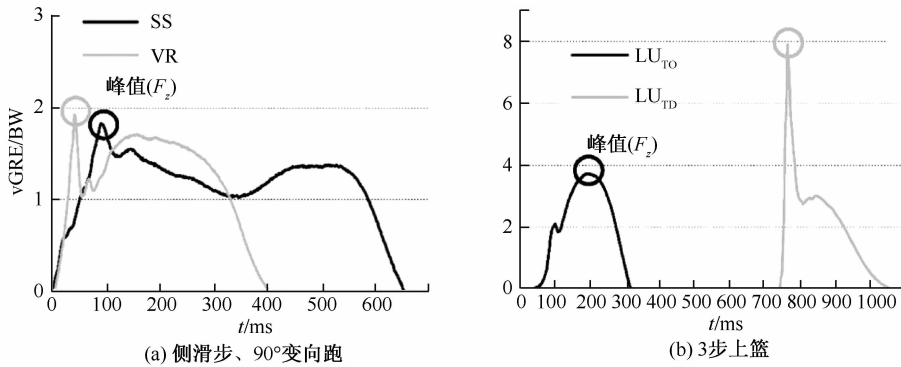


图 4 不同篮球典型步法时 vGRF-时间曲线对照图

Fig. 4 Vertical ground reaction forces-time curves in different basketball footwork (a) During side-step cutting (SS) and varied-direction running (VR), (b) During lay-up toe-off (LU_{TO}) and touch-down (LU_{TD})

时,当足与地面接触时 GRF 迅速增加,其最大蹬地力和落地后冲击力峰值可分别高达 4 和 8 倍体重以上。

如表 1 所示,在 SS、VR 和 3 步上篮起跳和着地时两款篮球鞋在 GRF、负载率以及到达 GRF 和负载率峰值的时间上均未表现出明显差异。

表1 不同篮球步法中穿不同鞋 GRF 参数

Tab.1 GRF parameters of different shoes during different basketball footwork

步法	鞋种	$F_z/(BW)$	t_F/ms	$\frac{G_z}{BW}/ms$	t_G/ms
SS	L鞋	1.92 ± 0.32	74.4 ± 30.2	0.26 ± 0.18	27.2 ± 21.8
	N鞋	2.02 ± 0.43	63.3 ± 28.1	0.17 ± 0.06	19.7 ± 11.4
VR	L鞋	2.47 ± 0.61	55.4 ± 25.6	0.35 ± 0.08	13.4 ± 12.6
	N鞋	2.25 ± 0.71	54.8 ± 26.4	0.21 ± 0.07	13.2 ± 9.7
LU _{TO}	L鞋	3.53 ± 0.43	130.7 ± 47.6	—	—
	N鞋	3.55 ± 0.67	124.8 ± 42.1	—	—
LU _{TD}	L鞋	6.33 ± 3.10	26.4 ± 9.7	1.13 ± 0.87	10.3 ± 4.2
	N鞋	9.72 ± 3.42	28.6 ± 13.8	0.93 ± 0.32	11.9 ± 4.8

注: F_z 为 vGRF 峰值, G_z 为峰值负载率, t_F 、 t_G 分别为到达 vGRF 峰值和峰值负载率的时间

2.2 足底压力分布特征

2.2.1 最大压力 SS 时, 与 N 鞋相比, L 鞋的全脚掌和足中部呈现更低的压力(见表2)。VR 时,

表2 足底各部位平均最大压力比较(* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$)

Tab.2 Comparison of the maximum pressure in each plantar region

步法	鞋种	全脚掌	足前部	足中部	足后部	足外侧	足内侧
SS	L鞋	0.28 ± 0.08 *	0.37 ± 0.18	0.11 ± 0.12 **	0.24 ± 0.14	0.26 ± 0.13	0.33 ± 0.05
	N鞋	0.32 ± 0.06	0.43 ± 0.22	0.23 ± 0.16	0.29 ± 0.14	0.31 ± 0.15	0.35 ± 0.08
VR	L鞋	0.28 ± 0.18	0.48 ± 0.31	0.20 ± 0.15	0.26 ± 0.18	0.26 ± 0.18	0.33 ± 0.23
	N鞋	0.30 ± 0.19	0.51 ± 0.34	0.23 ± 0.21	0.25 ± 0.17	0.27 ± 0.19	0.35 ± 0.24
LU _{TO}	L鞋	0.61 ± 0.08	0.98 ± 0.14	0.48 ± 0.09 **	0.80 ± 0.18	0.72 ± 0.09	0.54 ± 0.10
	N鞋	0.63 ± 0.12	0.93 ± 0.18	0.61 ± 0.14	0.82 ± 0.20	0.75 ± 0.14	0.53 ± 0.12
LU _{TD}	L鞋	0.64 ± 0.11	0.81 ± 0.19	0.50 ± 0.17 **	0.93 ± 0.38	0.63 ± 0.11 **	0.67 ± 0.19
	N鞋	0.71 ± 0.12	0.82 ± 0.22	0.64 ± 0.17	0.99 ± 0.38	0.70 ± 0.11	0.76 ± 0.23

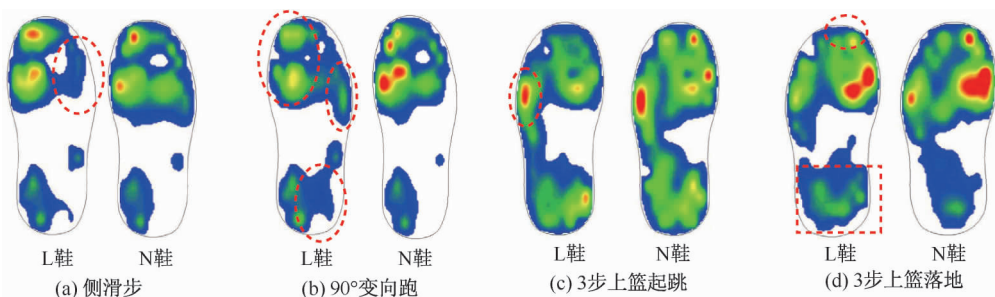


图5 不同篮球步法足底压力分布情况

Fig.5 Plantar pressure distributions during different basketball footwork (a) Side-step cutting, (b) Varied-direction running, (c) Lay-up toe-off, (d) Lay-up touch-down

2.3 感知测试

就整体舒适性而言, 两款鞋都较合适, 且 L 鞋

虽然 L 鞋的全脚掌、前中后部和内外侧普遍比 N 鞋显示更低的足底压力, 但两者并不存在显著性差异。

值得注意的是, 在 3 步上篮起跳和落地的过程中, 与 N 鞋相比, L 鞋的足中部均出现较低压力, 同时其余各足底部位的压力虽然没有统计学上的差异, 但也呈现出普遍低于 N 鞋的趋势。

2.2.2 足底压力分布 从整体上看, 两鞋足底压力分布趋势相近, 但 L 鞋的足底压力范围分布更广, 各部分压力相比 N 鞋更小。具体表现为: SS 时, L 鞋足前外部的压力分布较少; 在 VR 过程中, L 鞋足后跟压力分布更广, 第 1 跖骨头、第 1 趾骨和第 5 跖骨头压力更大; 3 步上篮起跳时, L 鞋各部分足底压力相比 N 鞋更小; 落地时, 第 1 趾骨压力较 L 鞋亦更小, 且足后跟的压力分布则更广(见图 5)。

与 N 鞋间并不存在显著性的差异(见图 6)。从动态舒适性喜好程度看, N 鞋总体印象要显著好于 L

鞋($P < 0.01$),同时 N 鞋在前脚缓冲和后脚缓冲方面更受试者的喜欢($P < 0.01$),并且其后跟响应更大、后跟稳定性也显著更强($P < 0.05$),但是两种鞋在后跟脚趾过渡性上并没有很大的差异。在动态强度方面,在前脚和后脚部位 N 鞋明显要比 L 鞋更软,这导致前脚缓冲和后脚缓冲上 L 鞋明显要比 N 鞋强($P < 0.05$),而在后跟脚趾过渡性、后跟响应、后跟稳定性方面,两种鞋并不存在显著的差异。

而在 100 ms 内产生了约为 2 倍体重的峰值(见图 4),故 SS 和 VR 过程中的冲击力峰值主要是下肢刚着地时所受到的被动冲击。结果表明,SS 和 VR 过程中两款篮球鞋之间无论是冲击力峰值或是最大负载率以及到达峰值的时间,均没有显著性差异。

在诸多篮球步法中,3 步上篮是其中一个最具代表性且相对复杂的动作,它包括加速、起跳和落地 3 个阶段。在之前的研究中,仅仅将落地阶段作为重点研究对象,而忽视了加速起跳阶段。本文结果表明,3 步上篮起跳过程的 GRF 曲线与后跟触地跑的 GRF 曲线十分相似^[22-23],在蹬离地面时产生将近 4 倍体重的蹬地力量。虽然这种主动蹬地不会对人体造成冲击性的损伤,但是如此大的蹬地力量会使运动员跳得更高,从而在落地触地时产生高达 8 倍体重的冲击力(见图 4)。研究认为,下肢所承受的这种反复冲击力极易导致损伤的发生,尤其是当人体承受极高的冲击负荷而无法降低这种负荷时,更容易产生运动损伤^[24]。因此,3 步上篮落地阶段所受到的高冲击是过度使用性损伤的重要诱因。同时,两款篮球鞋在 3 步上篮起跳、落地过程中 GRF、负载率以及到达 GRF 和负载率峰值的时间上均无显著性差异,提示虽然两款鞋的中底材料不同,但在人体主动运动中,其对人体所受冲击力的影响相差并不大。

3.2 足底压力分布特征

SS 时,L 鞋全脚掌和足中部呈现更低的压力,并与 N 鞋相比具有显著性差异。VR 时,虽然 L 鞋全脚掌、前中后部和内外侧普遍比 N 鞋显示更低的压力,但两者并不存在显著性差异。值得注意的是,在 3 步上篮起跳和落地的过程中,L 鞋足中部均出现较低的压力,同时其余各足底部位的压力也普遍低于 N 鞋。

从足底压力的分布结果可以看出,两款篮球鞋各部位压力分布在整体上表现出相近的趋势,但 L 鞋的足底压力范围分布更广,各部分压力相比 N 鞋更小。SS 时,L 鞋足前外部的压力分布较少;在 VR 过程中,L 鞋足后跟压力分布更广,第 1 跖骨头、第 1 趾骨和第 5 跖骨头压力更大。3 步上篮起跳时,L 鞋各部分足底压力相比 N 鞋明显更小;落地时,第 1 趾骨压力较 N 鞋更小,同时足后跟的压力分布则更广。目前足底压力分布的测量方法已应用于

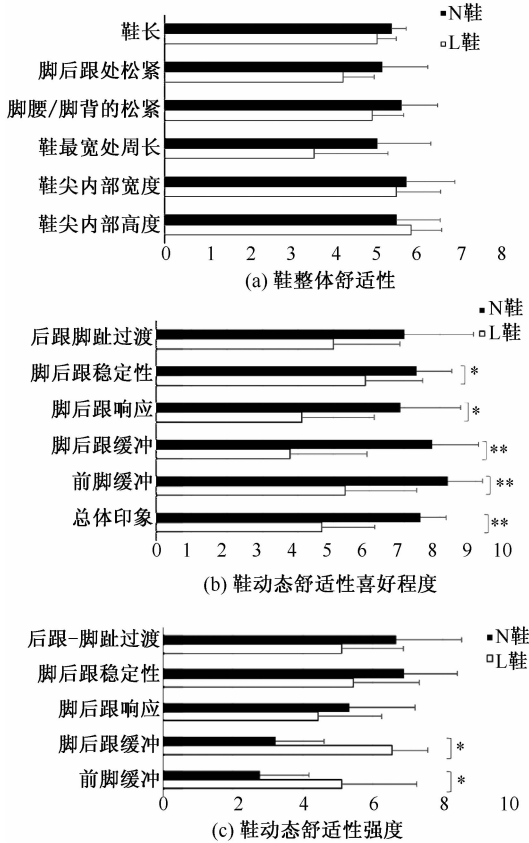


图 6 运动鞋主观感知测试结果
 Fig.6 Results of shoe perception test (a) Bar graph of general fit, (b) Bar graph of preference in dynamic scale, (c) Bar graph of intensity in dynamic scale

3 讨论

3.1 地面反作用力

在跑跳类运动中,人体下肢所受 vGRF 可分为两类:被动冲击和主动蹬地,而前者极易造成运动损伤^[1,21]。本文针对 SS、VR 和 3 步上篮 3 种篮球步法的 GRF 结果特点进行分析。需要注意的是,在完成 SS 和 VR 动作时,虽然上述动作整体为主动蹬地,但是由于动作初期足与地面接触发生碰撞,进

各个项目运动员足底压力特点和规律的研究,为不同项目的运动鞋,尤其是为个性化设计和制造提供了关键技术。而不同运动鞋的鞋底材料及其结构对能量吸收和释放产生的影响,是缓冲足底所受冲击力和保护足部健康的重要因素^[18]。

在不同步法中,两款篮球鞋的足底压力存在显著性的差异,然而在 GRF 之间则无显著性的改变,提示穿鞋运动时,由于鞋的缘故,足与地面间的力学关系变为了一种间接关系,而造成这种改变的主要原因是由于鞋中底这一特殊的介质。L 鞋中底使用的是一种不同于 N 鞋的特殊专利技术的缓冲材料,正是由于中底材料的不同和结构的差异,使得两款鞋在 3 种步法中虽然在冲击力方面没有太大不同,而在足底压力方面却产生了较大差异。该结果提示在研究运动鞋功能时,不仅要针对鞋与足作为整体时的力学表现,更应该结合足底压力分析不同中底材料运动鞋所造成的足与鞋相互作用的关系,以期更加全面地设计和改善运动鞋。

3.3 舒适性

对于专项运动鞋而言,除了要满足特定运动项目的功能要求、强化对足部的保护功能外,其中最重要的一点即是舒适性^[10,25]。目前主观评分法仍是国际上舒适性测试使用的最主要方法,但各个研究采用的量表和问卷都有所不同。本实验采用的感知测试主要包括整体感知舒适度和动态舒适度两部分,由美国某知名品牌公司鞋研究中心提供,具有一定的权威性和可靠性,并在本团队之前的研究中得到应用^[20],具有良好的信效度。

从舒适性情况来看,两款篮球鞋表现出的舒适性都较好,不存在显著性差异。然而,从喜好程度来看,各个指标上 N 鞋全面超过 L 鞋,其中在脚后跟稳定性、后跟响应、脚后跟缓冲、前脚缓冲和总体印象方面 N 鞋评分显著高于 L 鞋。另外,N 鞋所有的评分都超过了 5 分。从受试者反馈的其他信息可知,L 鞋样式不够美观大气,穿着后整体感觉一般,整体设计欠缺人性化,鞋后帮海绵太厚,鞋子细节的处理和重视程度应该加强。从动态舒适度情况来看,L 鞋在脚后跟处不够稳定,N 鞋不仅后跟稳定,响应也更强。虽然 N 鞋前足更柔软,但 L 鞋前掌缓冲和后跟缓冲能力却更强。从受试者反馈的其他信息来看,L 鞋的前脚掌部位缓冲避震效果

较好,推测 N 鞋由于过分柔软而导致缓冲能力不足。感知测试中的整体舒适度量表侧重于鞋的合脚性问题,而动态量表则是从功能性方面来评价受试者对于两款鞋的喜好程度和性能感受。L 鞋存在的不足主要是合脚性设计不够人性化,也可能是与鞋本身制作的材料和结构设计有关。

值得注意的是,上述足底压力测试与主观舒适度量表测试结果显示,L 鞋和 N 鞋在足底压力和主观舒适性的部分表现上出现了相反的结论。尽管 L 鞋的前脚掌足底压力更小,但是在舒适性方面的表现却不如 N 鞋。L 鞋的前脚掌缓冲性能较 N 鞋更具优势,但是从压力分布来看,L 鞋的中底结构需要进一步改进,避免强冲击时受力过于集中。因此,本文推测足底压力分布从一定程度上与主观舒适度具有一定联系。Nigg 等^[26]研究结果显示,足底压力指标会影响舒适性的评判;而最新的研究也表明,鞋中底材料和结构会对个体舒适性评判造成影响^[27],上述研究结论支持本文推断。因为人体作为活性机体会对运动鞋的感知信息做出自我评价,单纯通过机械检测或生物力学测试得到的中底缓冲性能结果和人所感知到的缓冲性能会存在一定差异,这种差异将直接影响人们对于运动鞋的选择;如果忽略这种差异,必然会对运动鞋功能的评价造成影响。然而目前鲜有相关的研究进一步揭示造成这种差异的原因,后续值得进一步探讨。

4 结论

穿着两款篮球专项鞋对不同篮球步法着地时下肢所受冲击力的影响并不明显。同时,两款篮球鞋的平均最大压力差异不大,但 L 鞋的压力范围分布更广,其中足中部和足外侧相比 N 鞋压力更小。而感知测试结果表明,虽然两款篮球鞋整体舒适性相当,但 L 鞋在总体印象、前足柔韧性、脚后跟缓冲、脚后跟稳定性、后跟响应 5 个方面的感知评价相比 N 鞋却存在明显不足。此外,篮球专项鞋的舒适度评价与生物力学测试结果存在不一致,提示在全面设计和评价专项鞋时应兼顾鞋本身的生物力学特性和运动员的主观评价。

参考文献:

- [1] MCCLAY IS, ROBINSON JR, ANDRIACCHI TP, *et al.* A

- profile of ground reaction forces in professional basketball [J]. *J Appl Biomech*, 2010, 10(3): 222-236.
- [2] MEEUWISSE WH, SELLMER R, HAGEL BE. Rates and risks of injury during intercollegiate basketball [J]. *Am J Sports Med*, 2003, 31(3): 379-385.
- [3] IRMISCHER BS, HARRIS C, PFEIFFER RP *et al.* Effects of a knee ligament injury prevention exercise program on impact forces in women [J]. *J Strength Cond Res*, 2004, 18(4): 703-707.
- [4] 崔丽娜, 张欣, 石俊. 功能性鞋底研究[C]//第六届功能性纺织品及纳米技术应用研讨会. 北京: [s. n.], 2006.
- [5] 张勤良, 倪朝民. 鞋靴对足底压力分布影响及其舒适度研究进展[J]. *中国康复医学杂志*, 2012, 27(2): 180-183.
- [6] MORLOCK M, NIGG BM. Theoretical considerations and practical results on the influence of the representation of the foot for the estimation of internal forces with models [J]. *Clin Biomech*, 1991, 6(1): 3-13.
- [7] 洪友廉, 王琳, 李静先. 健康成年女性穿倒跟鞋和普通运动鞋行走时的运动学参数及下肢肌电比较[J]. *中国运动医学杂志*, 2011, 30(10): 905-910.
- [8] 齐春燕, 王来东, 李成梁. 篮球运动员跳投肌电及足底压力的同步研究[J]. *天津体育学院学报*, 2010, 25(5): 422-424.
- [9] 石立江. 对国内运动鞋品牌营销策略的研究[J]. *体育科技文献通报*, 2005, 13(2): 20.
- [10] NIGG BM, BAHLSEN HA, LUETHI SM, *et al.* The influence of running velocity and midsole hardness on external impact forces in heel-toe running [J]. *J Biomech*, 1987, 20(10): 951-959.
- [11] NIN DZ, LAM WK, KONG PW. Effect of body mass and midsole hardness on kinetic and perceptual variables during basketball landing manoeuvres [J]. *J Sports Sci*, 2016, 34(8): 756-765.
- [12] JORDAN C, PAYTON C, BARTLETT R. Perceived comfort and pressure distribution in casual footwear [J]. *Clin Biomech*, 1997, 12(3): S5.
- [13] STEVEN R, EDWARD W, NICHOLAS K. Improving balance [J]. *J Am Geriatr Soc*, 1998, 46(11): 1363-1370.
- [14] HENNIG EM, VALIANT GA, LIU Q. Biomechanical variables and the perception of cushioning for running in various types of footwear [J]. *J Appl Biomech*, 1996, 12(2): 143-150.
- [15] DINATO RC, RIBEIRO AP, BUTUGAN MK, *et al.* Biomechanical variables and perception of comfort in running shoes with different cushioning technologies [J]. *J Sci Med Sport*, 2015, 18(1): 93-97.
- [16] LAM WK, STERZING T, CHEUNG JT-M. Reliability of a basketball specific testing protocol for footwear fit and comfort perception [J]. *Footwear Sci*, 2011, 3(3): 151-158.
- [17] ORLOFF H, FUJINO A. Impulse and profile of ground reaction forces in basketball maneuvers in new and structurally damaged shoes[C]// *Proceedings of 24 International Symposium on Biomechanics in Sports*. Salzburg: [s. n.], 2006.
- [18] 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(5): 40-49.
- [19] NIGG BM, ANTON M. Energy aspects for elastic and viscous shoe soles and playing surfaces [J]. *Med Sci Sports Exerc*, 1995, 27(1): 92-97.
- [20] 魏勇, 刘宇. 不同羽毛球专用鞋穿着感知测试比较研究[J]. *体育科学*, 2011, 31(7): 43-48.
- [21] PATREK MF, KERNOZEK TW, WILLSON JD, *et al.* Hip-abductor fatigue and single-leg landing mechanics in women athletes [J]. *J Athl Train*, 2011, 46(1): 31-42.
- [22] 杨洋, 王熙, 傅维杰. 着鞋和触地方式对慢跑时足部受力特征的影响[J]. *医用生物力学*, 2017, 32(2): 154-160.
- YANG Y, WANG X, FU WJ. The influence of shod conditions and foot-strike patterns on foot force characteristics during jogging [J]. *J Med Biomech*, 2017, 32(2): 154-160.
- [23] LIEBERMAN DE, VENKADESAN M, WERBEL WA, *et al.* Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners [J]. *Nature*, 2010, 463(7280): 531-535.
- [24] 傅维杰, 刘宇, 魏书涛. 篮球鞋对主动与被动落地时冲击力特征和肌肉活化的影响[J]. *医用生物力学*, 2012, 27(3): 317-323.
- FU WJ, LIU Y, WEI ST. Influence of basketball shoes on impact force and muscle activation during active and passive landing [J]. *J Med Biomech*, 2012, 27(3): 317-323.
- [25] NIGG BM, STEFANYSHYN DJ. Shoe inserts and orthotics for sport and physical activities [J]. *Med Sci Sports Exerc*, 1999, 31(7 Suppl): S421-S428.
- [26] CHE H, NIGG BM, KONING JD. Relationship between plantar pressure distribution under the foot and insole comfort [J]. *Clin Biomech*, 1994, 9(6): 335-341.
- [27] PARK SK, LAM WK, YOON S, *et al.* Effects of forefoot bending stiffness of badminton shoes on agility, comfort perception and lower leg kinematics during typical badminton movements [J]. *Sports Biomech*, 2017, 16(3): 374-386.