

军鞋运动保护性的生物力学研究 进展及评测方法初探

白啸天¹, 霍洪峰^{1,2*}

(1. 河北师范大学体育学院, 河北 石家庄 050024;

2. 河北省人体运动生物信息测评重点实验室, 河北 石家庄 050024)

摘 要: 通过查阅、分析有关军鞋性能的文献资料, 探究军鞋在站立、行走、跑步和跳跃着陆 4 种运动模式下对保护人体下肢的作用, 总结军鞋下肢保护部位设计方案及生物力学测评方法。结果表明在站立和行走 2 种运动状态下要注重军鞋的足部控制和平衡能力, 减缓疲劳; 在跑步和跳跃状态下, 增加军鞋的抗扭转和缓冲能力, 保护足踝。军鞋的设计要符合士兵作训特点和作战环境, 鞋楦要符合士兵足部模型, 在优化军鞋保护性的基础上, 提高其舒适性。对军鞋的保护性需要在原有鞋靴保护性测试上结合生物力学评测方法, 从人-鞋整合、多角度、多维度全面地发展军鞋性能, 配合不同军种的战术要求, 为实现装备更新换代提供有效的方法和理论。

关键词: 军鞋; 生物力学; 下肢保护性

中图分类号 TS 94 文献标志码 A DOI:10.13536/j.cnki.issn1001-6813.2022-001-022

Biomechanical Research Progress and Preliminary Study on Evaluation Methods of Lower Limbs Protection of Military Shoes

BAI Xiao-tian¹, HUO Hong-feng^{1,2}

(1. College of Physical Education, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050024, China;

2. Hebei Key Laboratory of Human Motion Information Evaluation, Shijiazhuang 050024, China)

Abstract: By consulting and analyzing literature about the performance of military shoes, the effects of military shoes on the protection of human lower limbs in the four sports modes of standing, walking, running, jumping and landing were explored, the design schemes and biomechanical evaluation methods of the protection parts of military shoes were summarized. The results show that in both standing and walking state, attention should be paid to the foot control and balance ability of military shoes to reduce fatigue; in running and jumping state, should increase the anti-torsion and cushioning capabilities of military shoes to protect the ankle. The design of military shoes should conform to the characteristics of soldiers' training and the combat environment, and the lasts of the shoes should be fitted to the

收稿日期:2021-03-30; 修订日期:2021-08-06

基金项目:河北省科技支撑项目(16275709);河北师范大学科研基金重点项目(S2017Z06);河北省教育科学研究“十三五”规划课题(1703154);河北师范大学在读研究生创新能力培养资助项目(CXZZSS2021020)

第一作者简介:白啸天(1997),男,硕士研究生,shanshanfagu@163.com,研究方向为运动生物力学。

*通讯作者:霍洪峰(1981),男,副教授,hhf413@163.com,研究方向为运动生物力学。

model of the soldiers' feet, so as to improve the comfort of military shoes on the basis of optimizing the protection of military shoes. In the protective evaluation of military shoes, should combine with the biomechanical evaluation method in the original protective test of shoes and boots, under the premise of the combination of human and shoes, comprehensively develop the performance of military shoes from multiple angles and dimensions, and cooperate with the tactical requirements of different military types to provide effective methods and theories for realizing equipment upgrades.

Key words: military footwear; biomechanics; lower limb protection

引言

2015年,党中央领导集体将军民融合上升为国家战略。近年来,军民融合全面发展,在2020年北京召开的中国共产党第十九届中央委员会第五次全体会议上,习近平总书记提出要加快国防军队现代化,实现富国与强军的统一,这对军工制造业提出了更高的要求^[1-3]。士兵作为军队的主体,其健康是部队战斗力的保证。军事训练和作战是士兵主要的活动,调查表明,军事活动造成的损伤多集中于下肢^[4-6]。除基本的走、跑、跳运动,士兵的作训还包括结合负重的越野、高空着陆、跨越障碍等较为复杂的动作,这些都加大了下肢损伤的风险。足为人体与外界直接接触的部位,需要得到相应的保护,优化军鞋的设计是保护下肢的有效方法,对鞋靴装备的设计和评测需重点研究。

对军鞋的传统测评方法多集中在其耐磨和耐折性能,缺少结合人体的评价方法。作为保护士兵足部的重要装备,对军鞋的基本要求应在保证耐久度的前提下,预防极端环境、大运动量等因素给士兵带来的运动损伤,提高其舒适度及运动表现,满足士兵训练及作战要求。生物力学测评方法具有有效性、便捷性的特点,弥补了传统鞋靴测评人-鞋结合不足的缺点,全面地反映了人-鞋-地三者之间相互作用的关系。通过参考军鞋在不同运动模式下的测评结果,总结出军鞋重要的保护部位及生物力学测评方法,为我国士兵的运动保护优化和军鞋性能提高提供研究思路及理论参考。

1 不同运动状态军鞋的保护功能

1.1 站立时军鞋的足部控制功能

站立姿势的控制可通过较小的肌肉活动完成,需要感觉系统(视觉系统、前庭系统和躯体感觉系统)、中枢控制和运动系统(神经肌肉系统)整合完成^[7],当这些系统由于疲劳或外力因素被破坏时,会导致人

体姿势控制能力下降甚至跌倒,足部控制能力下降通常伴随着重心摆动幅度和肌肉活动的增加,这加大了人体对中枢神经和外周肌肉完成姿势控制需求^[8]。士兵长时间的军姿也需要配备合适的军鞋降低足部过高的压力以缓解疲劳。

鞋类对足部稳定的控制起着重要作用,鞋中底硬度、中底厚度、鞋跟高度和鞋帮高度等特征会影响姿势控制^[9]。Sachini等人的研究表明,疲劳后,控制下肢的肌肉活动增加,穿着美军标准版军靴相比于美军极简版军靴在足底屈肌和膝关节屈肌上表现出更多的肌肉活动^[10],这与Hill和DeBusk的研究结果一致^[11-12]。疲劳后,标准版军靴姿势控制性较差。标准版作战靴较高的鞋跟使得足跟被垫高,重心前移,影响人体稳定;较高的质量也加大了人体能量消耗,增加了肌肉做功,加快了疲劳^[13];在本体感觉反馈上, Lord认为本体感觉是维持站立平衡最为重要的信息反馈环节^[14],有着较厚鞋底的军鞋降低了本体感觉对维持重心稳定的作用,导致人体疲劳后姿势控制能力下降。

1.2 行走时军鞋的足平衡控制功能

在行走时防滑能力是军鞋控制足平衡重要的性能,由于摩擦系数降低,在潮湿的地面进行军事活动更易打滑导致滑倒。军鞋与地面摩擦力不足是滑倒的重要原因。在步行足跟着地阶段,足跟由于惯性产生一个向前的加速度,此时地面摩擦力为阻力,足前移速度减小,达到最小速度后进入全足支撑阶段,通过后跟滑动情况,可评价鞋类与地面的相互作用^[15]。

在较为光滑的硬质地面上,相比于标准版作战靴,美军极简版战靴在无负重条件下展现出更低的滑移速度和更短的滑移距离,具有更优越的防滑性能;在负重条件下,2种作战靴的滑动距离都增加^[16]。这可能因为负重影响人体重心位置,下肢需要更多的肌肉激活保持重心稳定,降低了人体对意外滑动的应对

能力,加长其滑移距离。对比两者鞋底防滑块形状及沟槽深度,发现两者鞋底防滑块的几何分布不同(见图1),鞋底防滑块之间距离、防滑块之间沟槽的方向都会影响鞋底的摩擦系数^[17],鞋底防滑块的设计是影响2种作战靴在硬质地面防滑性能的重要原因,但在软质地面,例如泥泞、草地或较深的沙地,标准版军鞋较小的大底纹峰和较尖的防滑块可通过增大压强,更好地插入较软地面^[18],提高抓地力,增加抗滑移能力,军鞋选取应考虑环境因素以实现其防滑性能。



图1 美军 Belleville 310ST 热带标准版战靴(左侧)和 Belleville TR10 极简版战靴(右侧)

尽管行走时的足底压力多用来评价鞋类舒适性^[19-21],有学者认为军鞋防护性比舒适性更为重要^[22-23],但军鞋的舒适性和下肢保护性并不是2个绝对独立的指标,较高的舒适性可以有效缓解疲劳,增加疲劳时人体对外界环境的适应能力,间接提高军鞋的保护性。除此之外,选取军队常用的走姿比仅观察正常的步态对探究军鞋的下肢保护作用更有意义,我军总后勤部军需装备研究所曾对比几种不同款式的07军鞋,采用正常行走、齐步和正步走3种行进间步态评价军鞋的鞋底压力指标^[24],如今我国军鞋已升级到17款,其行进间性能仍需结合士兵作训特点进行评测。

1.3 跑步时军鞋的下肢缓冲功能

跑步着地时,足部承受约4倍的身体质量,膝关节持续承受较高的载荷加大了髌骨与股骨磨损,增高了髌骨疼痛综合症发生的几率^[25];跑步着地使得跟腱反复承受较高强度的冲击,长时间较大负荷的运动也提高了跟腱损伤的风险^[26]。对比英式作战靴和作训鞋跑步时对跟腱的影响,作战靴相比于作训鞋达到力的峰值的时间明显缩短,跟腱负载率明显增高^[27];在膝关节动力学方面,作战靴的髌股载荷明显大于作

训鞋,作训鞋膝关节的峰值外展力矩显著性高于作战靴^[28]。在矢状面上,作训鞋更好地保护了跟腱和膝关节;作战靴则在水平方向对膝关节保护性更为突出。

作训鞋的设计更多的参考跑鞋,选用低帮设计和更软的鞋底以提高缓冲性能,鞋底缓冲设计减小了足落地时地面反作用力产生的背屈力矩,小腿后部肌肉牵拉跟腱不需要产生较大的跖屈,降低了跟腱牵拉负荷,减小了跟腱损伤的风险;在冠状面上,较软的鞋底增加了足外翻^[29],且作训鞋低鞋帮的设计护踝效果较差,这都增加了在水平方向上膝关节的外展力矩。作战靴的高帮设计虽然减小了水平方向的受力,但加大了跖屈受到鞋帮的阻力,提高了小腿-跟腱对抗背屈的难度,增加了跑步时跟腱的负荷。为提高防穿刺性,作战靴鞋底选取较硬的材质增加了鞋底厚度。Sinclair认为,膝关节进行更大的屈曲,缩短髌骨关节力矩,增加髌骨和股骨之间的作用力是由于作战靴较弱的中底缓冲能力导致^[28]。对跑鞋的研究中,穿着极简版跑鞋的受试者采用更低膝关节活动范围的下肢策略在跑步支撑期缓冲地面的作用力^[30],这与极简版作战靴和标准版作战靴研究结果类似,鞋底的差异都影响了下肢动力学参数,Muniz等人对不同中底材质军鞋的研究结果与Sinclair的推测不同,其研究表明更厚的鞋底相比于较软的鞋底材质体现出更好的缓冲能力^[30],这说明鞋底厚度是影响作战靴跑步缓冲的重要参数。

1.4 跳跃着陆时军鞋的抗扭转功能

跳跃着陆时,需要人体踝关节和膝关节缓冲地面给人的冲量,落地时对下肢保护不足会导致距下关节被迫过度内翻或膝外展力矩过大,损伤踝关节韧带复合体和膝前交叉韧带^[31-32]。选取合适的军鞋可以有效保护士兵的足踝,预防意外发生。在无干扰落地时,相比于标准版作战靴,美军极简版作战靴在踝关节水平方向受到的翻转力更低,落地时受到的地面反作用力更大^[33],穿着不同鞋落地膝外翻角度没有明显差异^[34];在加入干扰落地的情况下,2种作战靴达到地面反作用力峰值的时间无显著性差异,极简版作战靴受到的地面反作用力相对值较大^[33]。标准版作战靴在矢状面有更好的缓冲能力,极简版作战靴较灵活的靴轴使得踝关节有更大的活动度。

对比2种军鞋在落地时的表现,可知鞋底的缓冲能力是保护下肢的重要参数,尽管极简版作战靴在无干扰落地时表现出更好的抗翻转能力,但地面不平时,缓冲较差的缺点导致极简版作战靴在矢状面产生更大的冲量,造成了更大的旋后力矩,加大了下肢损伤风险;在对膝关节的影响上,2种作战靴外展力矩无差异, Timothy 等人认为着陆技术对保护下肢更为重要^[35],因此2种作战靴对膝关节的影响仍需进一步探究。从目前的研究结果看,无论是意外着陆还是有意识控制落地,标准版军鞋较好的鞋底设计都使其有更优秀的表现。

2 军鞋下肢保护部位设计

2.1 鞋帮设计

军鞋鞋帮主要起支撑和保护作用,鞋帮高度对踝关节活动度有一定影响, Lord 的研究表明高鞋帮有利于人体的静态稳定性^[36],高帮的设计支撑了足踝,降低了胫骨前肌发力,辅助人体维持平衡;但高筒靴在支撑踝关节的同时限制了踝关节的活动度,影响了踝关节屈伸,降低了足刚性杠杆蹬伸时的动力学效率;虽然低帮设计使踝关节有了更大的灵活度,在保护性上,低鞋帮对踝关节外翻的抵抗力更弱,保护性较差,在军鞋选取上,日常训练多采用低帮的作训鞋以提高士兵的练习效果,在大型军事行动中,多采用高帮的作战靴以在复杂环境保护士兵的足踝。

在帮面的包裹性上,良好的包裹性可以减小脚在鞋内的移动,增加人体对鞋的控制,降低意外发生。帮面的绑带式设计可以将鞋舌紧贴人的脚面具有易调节、易弯折的优点,足背屈时,帮面产生较大的变形需要该位置有较好的弯折能力以降低对足的限制,因此军鞋帮面普遍采用绑带式设计以适应士兵足型的个体差异。

2.2 鞋底设计

对于军鞋来说,保护性是最为重要的性能,鞋底是军鞋重要的功能性结构。鞋底分为内底、中底和外底3个部分。外底是鞋与地面直接接触的部位,在保证其耐磨的基础上,应注重其防滑及抓地性,外底滑块的设计决定了其防滑和抓地能力^[18, 37],军鞋鞋底防滑块的设计应参考其具体的用途以适应不同的作战环境。在对综合性能要求较高的作战靴中通常采

用无规则防滑块以适应高低不平的路面、崎岖的山路及草地、雪地等较为恶劣的路面,减少恶劣环境对鞋底的磨损^[37-39];在光滑及硬质地面应用较多的礼仪鞋多采用波浪形花纹以增加军鞋的防滑和吸附性^[18, 37];在平时训练应用较多的作训鞋鞋底设计应参考运动鞋鞋底无规则特殊花纹的设计,在保证防滑及抓地力的同时,增强转向、制动等运动能力^[18]。

军鞋中底的设计应注重其缓冲性能,较硬的中底会减少能量损失,但也会降低跖趾关节的活动度,跖趾关节活动受限后,踝关节和膝关节会代偿完成运动,加大意外损伤的发生^[40-41]。在运动鞋的中底设计中,后跟两侧采用较硬的EVA材料,后跟中部采用稍硬的硬质材料控制足部翻转^[18],中底的缓冲性也可通过增加其厚度实现^[30],材料力学性能测试发现,采用玄武岩基机织物增强和热压加固工艺的中底具有较好的防穿刺性,将先进的材质和制鞋工艺运用到军鞋中可有效增强其抗穿刺性;军鞋的中底设计可参考运动鞋的设计,结合足不同位置的功能,合理安排中底硬度分布,通过优化材料,适当加大厚度最大程度优化中底性能,增加运动经济性,减少运动损伤。

内底为足与鞋直接接触的部位,这要求内底需要同时具备舒适性和保护性。鞋垫作为鞋内底的重要组成部分,可通过个性化定制弥补军鞋鞋型过于统一化的缺点。在Marian等人的研究中,将矫形鞋垫加入军鞋中进行干预,发现新西兰士兵下背部和腰部的损伤率显著降低^[42]。军鞋鞋垫的设计可通过足底压力分区优化,在后跟区域采用缓冲较好的材料降低高压;在跖骨区域将第二、三跖骨位置进行凹面设计以便将压力分散;在足弓区域垫高,使得鞋垫贴合足弓,分担足底高压区的压力,降低踝关节扭伤的风险^[43-45]。合脚的鞋垫可减少肌肉由于踝关节不稳定做的额外功,增加舒适性缓解肌肉疲劳^[46]。对鞋垫的优化在我军07式作训鞋就有所研究,配备前5 mm、后7 mm的厚度和Shore-C 40°硬度的鞋垫可最大提高我军07作训鞋的舒适度,降低大强度行军足部的疼痛感^[19]。如今我军军鞋换代到17式,对鞋垫的优化仍需结合17军鞋的特点进行探究。

2.3 鞋楦设计

鞋楦是鞋设计的模具,决定一双鞋的基本结构,是鞋的“骨架”。鞋楦的造型主要分为3种,标准楦、

弯楦和直楦,3种鞋楦的设计是为了防止足翻转以适用不同足型^[18, 47],军鞋需要有较强的综合性能和统一化的设计,因此通常应采用标准楦。足跟位置、中部足弓和前掌位置为鞋楦主要的部位,不合理的鞋楦设计会降低鞋靴的合脚性,降低人体对足部的控制,增大意外损伤的风险。

在运动中后跟通常为最先与地面接触的部位,具有缓冲地面反作用力的功能,研究表明,后跟高度大于30 mm其缓冲性能反而降低^[48],因此鞋楦要具有合适的后跟高度保证跖腱膜仍具有一定的伸展性,同时支撑后足辅助足底缓冲功能的实现;后部鞋楦的形状要根据士兵的脚型和后翘高度设计,后跟位置通常采用略大于后跟凸起的坚硬保护套,以便在给予后跟支撑的同时,防止落地时由于鞋楦后侧过窄对足跟造成过大的压强。在鞋楦中部足弓位置的设计也要贴合足型,在足蹬伸时提供好的发力点,在足弓受力下降时能够提供支撑,防止足下降过度产生疲劳甚至拉伤相应肌肉及筋膜。由于军鞋需要具有普适性,因此足部支撑高度需要结合士兵足部模型进行精确设计。在鞋楦前部的设计上,需注意最大跖围,前足设计过窄会导致足横弓受限,磨损皮肤甚至产生拇外翻趋势;前足设计过宽则会降低足部与鞋的贴合度,加大足滑移翻转的风险,由于士兵行军环境较为复杂,鞋头护墙应采用较厚的材质以增强其耐磨性。鞋楦的整体设计需要结合鞋帮及鞋底的设计,在符合士兵足部模型的前提下,给予鞋底缓冲材料的填充空间,提高鞋帮绑带式设计的适应性,探寻舒适性和下肢保护性的最大化。

2.4 其他保护性设计

除以上整体设计之外,军鞋一些部件可以有效提高其保护性,如后跟套和鞋前套可以提供对足跟和脚趾的支持和保护作用,外包跟可以增加后跟的稳定性。鞋底设计上,军鞋应采用较粗的鞋跟分散跟骨压强,保护足跟。合理的后跟高度可以有效保护跟腱,后跟高度每增加1 mm,跟腱可松弛8%^[49],但需注意,过高的后跟会增加前足的压力,使得足横弓过载,影响足部结构及人体稳定^[24]。

军鞋总体的质量也会影响下肢的表现,较重的军鞋会增加步长,加快肌肉疲劳^[46]。目前英军和美军配备的作战靴都有极简款式以最小的功耗实现下肢

保护和运动表现最大化,军鞋轻量化的设计成为军工制造业的发展趋势,在保证军鞋原有功能的前提下,通过优化制鞋材料,实现军鞋质量的优化。

3 军鞋运动保护性的人-鞋整合评测方法

3.1 形态学评测

形态学参数的采集主要依据士兵的足部特点构建模型,通过三维足型扫描仪测试士兵足部形态学指标,设计军鞋的鞋楦,在后跟、足弓和前足满足士兵足部特征,在楦体重要部位的长度、高度、宽度、维度、跷度等指标贴合士兵脚型。Mundermann团队通过主观视觉量表(Visual analogue scales, VAS)量化了舒适度感知,具有较高的信度^[50]。军鞋鞋靴合脚性的评测要结合士兵穿着主观舒适的反馈,优化鞋楦设计,防止因鞋楦设计不当造成的后跟磨损、足弓支撑不足及前足跖趾关节过度挤压,在保证合脚性及舒适性的前提下实现对士兵足部的保护。形态学的评测还要考虑到运动时足部高负载导致的足弓下降及足长、足宽等部位的变化^[51],尽可能使鞋运动时的形变量符合足部形变量,防止足-鞋在运动时匹配程度较差造成足部翻转,扭伤足踝。

3.2 运动学评测

通过改变军鞋鞋底不同参数,在平衡台主要观察不同鞋底参数对重心的移动速度、单位时间压力中心轨迹的长度和压力中心包络面积等指标,通过傅里叶变换红外光谱,观察不同增幅对应的频率,评价踝关节和足部在不同军鞋鞋底参数下的姿势控制能力,可评测鞋前后高度差异、鞋底硬度、鞋底厚度等指标对站立时人体静态平衡的影响。

采用动作捕捉系统,观察后跟在地面介质的滑移速度和滑移距离^[46],评价军鞋在不同介质地面的防滑性,对军鞋的适用环境进行分类评价。参考士兵作训的运动模式,评价运动时不同军鞋的步频、步速、左右支撑相对称度等指标,判断其平衡能力^[52]。在跳跃着陆时,观察膝关节和踝关节落地时矢状面屈伸角度、冠状面的外展和内收,制定军鞋保护性标准,评价军鞋鞋底缓冲和抗翻转性能,捕捉膝关节内外翻角度及后足角度可判断军鞋鞋帮、后跟套对足部控制的影响^[28, 33-35]。

3.3 动力学评测

动力学参数通常用于评价穿着军鞋进行不同运动时,外界对人体下肢各部位的作用力。以往动力学参数通常评价人体与外界作用力,对静态站立和步行足底压力的评价可分析足底在这2种运动模式下的压力分布特点,针对高压区、低压区及适中压力区域进行内底设计^[43, 46]。负荷率为压力-时间曲线的斜率,它用来表示到达压力峰值的时间,在行走时,载荷率与鞋底的硬度成反比^[30, 53],该指标可用于进行鞋底硬度的设计。对于跑步和跳跃落地,动力学指标需要结合运动学指标进行更客观的评价,结合动作捕捉系统及测力台分析关节受力。对于踝关节和膝关节,根据其屈曲角度和内外展角度,结合地面反作用力,计算出落地时的内翻及外翻力矩^[22, 28, 33-34],设计军鞋鞋帮刚度及鞋底缓冲结构加强足部控制并缓和冲击力。跟腱受力情况可通过踝关节跖屈力矩与跟腱力臂之比得出,增加鞋底缓冲能力可以减少跟腱受力。

随着模拟仿真技术的发展,有限元模型技术已能够实现骨、肌肉、韧带等结构在不同状态下的量化分析^[54],通过对人体下肢的三维扫描或CT拍摄,构建人体下肢模型,随后根据鞋靴特性建立足-鞋-地有限元仿真模型,根据士兵作训常见动作的模拟,输入动力学参数,保证误差可控的前提下得出下肢应力情况,分析易受伤的部位,指导军鞋的保护性部位设计。

3.4 肌电学评测

肌电参数对军鞋的评测通常用来分析肌肉疲劳。在站立平衡时,疲劳后腿部远侧肌肉放电增加,近侧端肌肉放电减少^[9],这说明人体在疲劳后足部控制更多地采用踝关节策略,可通过合理的军鞋设计减小肌肉活动。在负重条件下,对比美军极简版和标准版军鞋,极简版军鞋表现出更低的肌肉激活^[9, 11],这说明较轻的质量和更好的本体感觉能有效减小肌肉做功。在鞋帮面的设计上,较硬的鞋帮会使胫骨前肌过多地发力^[27, 55]。肌肉放电幅度减小且放电频率增加,说明肌肉疲劳,而疲劳会增加肌肉损伤的风险,可通过设定同等强度的运动观察控制军鞋参数,观察不同军鞋参数对肌肉疲劳的影响;共收缩指数(Co-contraction Index, CI)通过拮抗肌和主动肌的积分肌电值观察肌肉协调性,其值可用于评价军鞋不同参数设计的合理程度^[56]。

目前军鞋对下肢肌肉影响的研究仍然较少,军鞋不同参数对人体疲劳的影响仍需进一步研究。

4 总结

士兵由于军事活动造成的损伤既有主观原因也有客观原因,这需要军队鞋靴的设计要具有针对性,应综合考虑其舒适性和运动保护性。鞋楦设计要参考广大士兵的足部模型,军鞋在注重合脚性及耐磨耐折性的前提下,加强鞋跟支持足踝、防止足部翻转的能力;鞋底的设计应在不损失本体感觉的条件下增加缓冲性能,鞋垫可以经过个性化定制满足士兵不同的足型要求;鞋帮的设计要注重舒适性,符合足踝运动特点,达到足踝控制和肌肉能耗经济型的平衡;在材料设计上,坚持轻量、高效的原则,在保证舒适性的前提下,提高军鞋的下肢保护性。

军鞋的选取要参考士兵的应用环境,目前我国军鞋主要分为作战靴、作训鞋和礼仪鞋3种。在平时训练时,应选取偏向于运动鞋设计的较为轻量的作训鞋提高训练效果,降低慢性损伤风险;在较为恶劣的环境下行军时应选取保护性较强的作战靴保护下肢,预防急性损伤和突发情况;在重要的庆典活动时,军鞋的外观要能展现良好的军容军貌,同时鞋的内部也要有良好的舒适性。鞋靴可针对不同环境、男兵女兵差异、鞋靴美观性等因素进一步增加其种类,实现对军鞋多层次、多元化的发展。

对于鞋靴的保护性评价,应在原有的耐磨、耐折和防穿刺等保护性能测试的基础上,结合主观感知和运动生物力学参数进行评价,在人-鞋整合的前提下,从运动学、动力学及肌电参数全面分析军鞋各部件的性能。评测角度应纵向对比和横向对比结合,在参照以往版本进行纵向对比的同时,结合国外优秀设计和本版本不同款式进行横向对比,从多角度、多维度全面地发展军鞋性能,配合不同军种的战术要求,为实现装备更新换代提供有效的方法和理论。

参考文献:

- [1] 游光荣, 闫宏, 赵旭. 军民融合发展政策制度体系建设: 现状、问题及对策[J]. 中国科技论坛, 2017(1): 150-156.
- [2] 杨祖荣. 坚持富国和强军相统一[N]. 解放军报, 2012-11-14.
- [3] 胡杨, 祁一平. 提高国防和军队现代化质量效益[N]. 解放军报, 2020-11-23.

- [4] Sormaala M J, Niva M H, Kiuru M J, et al. Bone Stress Injuries of the Talus in Military Recruits [J]. *Bone*, 2006, 39(1):199-204.
- [5] 周奕帆, 范泉水, 杨显君, 等. 西藏全训部队 2014 年度军事训练伤流行病学调查 [J]. *西南国防医药*, 2015, 25(12):1430-1433.
- [6] 叶超群, 杨洁, 于欣, 等. 驻华北陆军某部 2014 年度军事训练伤调查与分析 [J]. *人民军医*, 2016, 59(5):444-446.
- [7] Fay B H. Postural Orientation and Equilibrium: What Do We Need to Know about Neural Control of Balance to Prevent Falls? [J]. *Age and Ageing*, 2006, 35(2):7-11.
- [8] Philippe C, Jean-Sébastien B, François B, et al. Perturbation of the Postural Control System Induced by Muscular Fatigue [J]. *Gait & Posture*, 2003, 18(2):92-100.
- [9] 陈国学. 关于鞋的舒适性与鞋楦设计的研究 [J]. *中国皮革*, 2006, 35(2):118-120.
- [10] Kodithuwakku A S N K, Chander H, Turner A J, et al. Muscle Activity during Postural Stability Tasks: Role of Military Footwear and Load Carriage [J]. *Safety*, 2020, 6(3):1-10.
- [11] Christopher M H, Hunter D, Adam C K, et al. Influence of Military-Type Workload and Footwear on Muscle Exertion during Static Standing [J]. *Taylor & Francis*, 2017, 9(3):169-180.
- [12] Hunter D, Christopher M H, Harish C, et al. Influence of Military Workload and Footwear on Static and Dynamic Balance Performance [J]. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2018, 64(6):51-58.
- [13] Ben M K, Brandon L M, Harish C, et al. Impact of Occupational Footwear during Simulated Workloads on Energy Expenditure [J]. *Footwear Science*, 2018, 10(3):157-165.
- [14] Lord S R, Clark R D, Webster I W. Postural Stability and Associated Physiological Factors in a Population of Aged Persons. [J]. *Journal of gerontology*, 1991, 46(3):69-76.
- [15] Harish C, John C G, Chip W. Heel Contact Dynamics in Alternative Footwear during Slip Events [J]. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2015, 48(4):158-166.
- [16] Harish C, Adam C K, John C G, et al. Impact of Military Type Footwear and Workload on Heel Contact Dynamics during Slip Events [J]. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2018, 66(4):18-25.
- [17] Kai W L, Chin J C. Effects of Tread Groove Orientation and Width of the Footwear Pads on Measured Friction Coefficients [J]. *Elsevier*, 2005, 43(7):391-405.
- [18] 林少勋. 运动鞋设计 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007.
- [19] 徐玲玲. 改善 07 式作训鞋足底压力舒适性的鞋垫研究 [D]. 西安: 陕西科技大学, 2014.
- [20] 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(4):44-51.
- [21] 霍洪峰, 赵焕彬, 陈志国, 等. 运动鞋生物力学性能评价指标体系的构建 [J]. *中国体育科技*, 2007(5):108-111.
- [22] Muniz A, Bini R R. Shock Attenuation Characteristics of Three Different Military Boots during Gait [J]. *Gait & Posture*, 2017, 58(7):59-65.
- [23] Pasis P, Hanley B, Havenetidis K, et al. Cypriot and Greek Army Military Boot Cushioning: Ground Reaction Forces and Subjective Responses [J]. *Military Medicine*, 2013, 178(4):493-497.
- [24] 秦蕾, 梁高勇, 王修行, 等. 军鞋鞋底压力舒适性能的研究 [J]. *中国皮革*, 2012, 41(12):110-113.
- [25] Chand T J, Ajay S, Michael H S, et al. Contributions of Muscles to Mediolateral Ground Reaction Force over a Range of Walking Speeds [J]. *Journal of Biomechanics*, 2012, 45(14):2438-2443.
- [26] Mahieu N N, Witvrouw E, Stevens V, et al. Intrinsic Risk Factors for the Development of Achilles Tendon Overuse Injury: A Prospective Study [J]. *The American Journal of Sports Medicine*, 2006, 34(2):226-235.
- [27] Jonathan S, P J T, S A. Influence of Running Shoes and Cross-Trainers on Achilles Tendon Forces during Running Compared with Military Boots [J]. *Journal of the Royal Army Medical Corps*, 2015, 161(2):140-143.
- [28] Jonathan S, Paul J T, Stephen A. Effects of New Military Footwear on Knee Loading during Running [J]. *Footwear Science*, 2015, 7(3):165-171.
- [29] 于建成, 洪友廉, 王琳, 等. 不同硬度鞋底跑鞋对足部运动、足底压力分布及感知舒适度影响的研究 [J]. *天津体育学院学报*, 2017, 32(3):252-255.
- [30] 杨宸灏, 杨洋, 张希妮, 等. 不同极筒指数跑鞋对髌股关节受力特征的影响 [J]. *体育学刊*, 2020, 27(1):132-138.
- [31] Cameron K L, Owens B D, DeBerardino T M. Incidence of Ankle Sprains among Active-Duty Members of the United States Armed Services from 1998 through 2006 [J]. *Journal of Athletic Training*, 2010, 45(1):29-38.
- [32] Timothy E H, Gregory D M, Kevin R F, et al. Biomechanical Measures of Neuromuscular Control and Valgus Loading of the Knee Predict Anterior Cruciate Ligament Injury Risk in Female Athletes: A Prospective Study [J]. *The American Journal of Sports Medicine*, 2005, 33(4):492-501.
- [33] Jeffrey D S, Hunter D, Christopher H, et al. The Role of Military Footwear and Workload on Ground Reaction Forces during a Simulated Lateral Ankle Sprain Mechanism [J]. *The Foot*, 2018, 34(3):53-57.
- [34] Gretchen D O, AJ S, JM B, et al. A Kinematic and Kinetic Analysis of Drop Landings in Military Boots [J]. *Journal of the Royal Army Medical Corps*, 2011, 157(3):218-221.

- [35] Myer G D, Ford K R, Hewett T E. Rationale and Clinical Techniques for Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention among Female Athletes.[J].Journal of Athletic Training, 2004, 39(4):352-364.
- [36] Lord S R, Bashford G M, Howland A, et al. Effects of Shoe Collar Height and Sole Hardness on Balance in Older Women [J].Journal of the American Geriatrics Society, 1999,47(6):681-684.
- [37] 罗向东,刘呈宁,张秋萍.不同花纹鞋底的止滑性能的研究[J].中国皮革,2016,45(5):49-51.
- [38] 李静,蒋科焯,江一洋.鞋底磨损特征连续性研究[J].鞋类工艺与设计,2021(6):14-17.
- [39] 饶国城.温度老化试验对防滑性能的影响[J].西部皮革,2021,43(7):29-31.
- [40] 武明,季林红,金德闻,等.人体跖趾关节弯曲对行走步态特征的影响[J].清华大学学报(自然科学版),2002(8):1053-1056.
- [41] 李路,傅维杰,王熙,等.鞋中底屈曲刚度对跳跃动作下肢和跖趾关节生物力学及关节能量特征的影响[J].中国运动医学杂志,2016,35(6):527-534.
- [42] Baxter M L, Baycroft C, Baxter G D. Lower Limb Injuries in Soldiers: Feasibility of Reduction through Implementation of a Novel Orthotic Screening Protocol[J].Namia, 2011,176(3):291-296.
- [43] 谢雅婷,唐虹,王芳芳,等.基于足底压力分区优化的鞋垫功能区域设计[J].中国皮革,2020,49(2):41-46.
- [44] Zhang X, Bo L, Hu K, et al. Adding an Arch Support to a Heel Lift Improves Stability and Comfort during Gait[J].Gait & Posture, 2017,58(6):94-97.
- [45] 弓太生,高倩,周素静,等.鞋靴抗扭转技术的研究进展[J].皮革科学与工程,2020,30(2):25-29.
- [46] 霍洪峰,孟欢欢,朱瑶佳,等.鞋垫类型对行走相关肌群肌电活动及足底压力的影响[J].中国康复医学杂志,2019,34(4):440-446.
- [47] 程鹏.高低帮篮球鞋对下肢生物力学特征的影响[D].北京:北京体育大学,2010.
- [48] 赵碎浪,杨峰,曹中华,等.不同鞋跟高正常足与扁平足纵弓角比较研究[J].北京服装学院学报(自然科学版),2021,41(1):43-47.
- [49] 郑秀媛,刘静民.运动鞋研究概况和发展趋势[J].体育科研,2009,30(2):56-60.
- [50] Anne M, Benno M N, Darren J S, et al. Development of a Reliable Method to Assess Footwear Comfort during Running[J].Gait & Posture, 2002,16(1):38-45.
- [51] Maurice M, Christian M, Sandro N, et al. The Relationship Between Footwear Comfort and Variability of Running Kinematics [J].Taylor & Francis, 2017,9(sup1):45-47.
- [52] 贾桂锋.人体平衡能力定量评估方法研究[D].杭州:浙江大学,2015.
- [53] Dinato R C, Ribeiro A P, Butugan M K, et al. Biomechanical Variables and Perception of Comfort in Running Shoes with Different Cushioning Technologies[J].Journal of Science and Medicine in Sport, 2015,18(1):93-97.
- [54] 柯思成,谢红,李杰聪.有限元建模技术在预测鞋底减震性能中的应用研究[J].皮革科学与工程,2020,30(1):68-73.
- [55] 傅维杰,何俊良,王熙,等.鞋帮高度对跳跃动作踝关节矢状面运动学及动力学特征的影响[J].医用生物力学,2015,30(6):528-534.
- [56] 贾谊,李智,曹电康.运动鞋不同鞋底厚度对人体下肢相关生物力学参数的影响[J].西安体育学院学报,2018,35(6):731-741.

《中国皮革》官方微信

《中国皮革》杂志社利用遍及全国及海外的信息网络,已经成为中国皮革和制鞋业界能为国内外皮革和制鞋工商企业在信息、咨询、广告、技术、人才、培训、购销等方面,提供全方位服务的信息机构。日前旗下推出的《中国皮革》官方微信平台为行业内人士提供行业资讯,数据分析,深度报道,打造您的每期行业必读。



扫一扫, 即刻关注!