

现代跑鞋对足部形态及功能影响的研究进展

前言

现代跑鞋科技发展迅速，缓震回弹、足弓支撑等功能给人们带来的舒适性使其成为出行运动的必需品。然而现代跑鞋的问世并没有减少相关足部疾病的发生率。通过对往年的文献进行收集与检索，发现长期穿着现代跑鞋会对足部的形态及功能产生一些影响，主要表现为足部纤细，前足各跖趾关节之间的间隔变小，周围肌横截面积变小，且额外的应力集中会导致相关足部疾病的发生，如拇外翻等；中足的足弓高度下降，相关肌肉功能减弱，削弱足弓的弹性功能，影响足弓的正常发育及增大扁平足等相关疾病发生的概率；后足及踝关节由于后跟着地导致其周边集中应力变大，从而增加足部及以上部位的相关性疾病的发生率，如髌、膝、踝关节损伤、足底筋膜炎等。需辩证去看现代跑鞋对足部的影响，其功能性与其致病性似乎是密切相关，相辅相成。未来跑鞋的设计应在现代跑鞋功能性和足部机能之间寻找一个平衡点，力求在保护足部的同时维持或增强其机能。

关键词

现代跑鞋；裸足；跖趾关节；足底筋膜炎；落地模式

大约在5万年前人类就已经发明了类似凉鞋或拖鞋的简易鞋具，经历了漫长的发展逐渐从简易的分趾鞋发展为基于美学和缓冲功能的复杂鞋具。自20世纪70年代开始，第一双具有缓冲功能的运动鞋问世，应用于运动鞋的各种科技层出不穷，如缓震回弹、足弓支撑，脚踝保护等等。随着人们对跑步运动的广泛参与，现代跑鞋逐步进入普通大众的视野，成为出行运动必需品。现代跑鞋具有两个鲜明的特征，一是较厚的粘弹性材料制成的中底，二是对足弓提供支撑的结构。现代跑鞋较厚的粘弹性材料中底，可以对跑步的负载和非负载期间产生的能量进行压缩和回弹^[1]，这种特点，常被称为缓震回弹功能。在足部着地期间，鞋子可以像弹簧一样被压缩起来，吸收瞬时能量冲击，并将一部分能量储存起来，而在足部离地时释放能量，有助于推进身体，减少跑步的能量消耗。1987年CONVERSE公司推出的能量波中底材料，可以帮助马拉松运动员减少1~3分钟的时间，或帮助球类

运动员增加5%的垂直跳跃高度。现代跑鞋的足弓支撑功能，可减少足弓肌肉和韧带的过度紧张现象。从理论上说，现代跑鞋可以提高人们跑步的运动表现和预防运动损伤。但流行病学表明现代运动鞋并没有降低下肢及足部运动损伤。这就出现了一个引人深思的问题，即现代跑鞋对于足部来说究竟是有利还是有弊的？本文打算围绕现代跑鞋对足部的形态及功能影响进行综述。

1 文献检索及梳理方法

本综述检索了知网、百度学术、超星、Google Scholar等数据库，时间为1990-2020年，中文关键词含“裸足跑”或含“跑鞋”或含“跑步”或含“足部形态”或含“足弓支撑”或含“跖趾关节”或含“内侧弓”；英文关键词为“barefoot” OR “running shoes” OR “metatarsophalangeal joint” OR “foot arch”；检索设定在主题、题目及关键

词,共获得文献641篇。根据文献的标题和摘要与综述题目的相关性,剔除不相干的文献,剩下29篇文献。

2 现代跑鞋对跖趾关节形态及功能影响

将足部与地面隔离开来,对足底表面进行保护是自鞋具出现之时就已经存在的基本功能,而后来鞋具从仅仅保护脚底板发展到对整个足部进行保护,鞋子便由简易的分趾鞋发展为全包裹性的鞋具,现代跑鞋也不例外。然而,跑鞋在对足部进行包裹保护的同时,也会限制足部各部位之间的相对运动,首当其冲就是位于前足、活动性较大的跖趾关节。

在对老年人群足部疾病发生率的统计发现,患一种足部畸形的老年人比例达87%,其中有45.5%为拇外翻畸形^[2]。拇外翻畸形是由于运动时鞋具对足部的包裹作用,导致了第一跖趾关节囊内侧承受较大的集中应力,进而使第一跖趾关节囊发生囊肿而形成。通过对现代人类与Homo naledi第一跖趾关节进行有限的分析,进一步验证了运动时不合适的鞋具对足部的包裹作用是导致拇外翻的成因之一^[3]。然而,现代跑鞋对于其他跖趾关节的影响尚未有明确研究定论,如第五跖趾关节为承重弓的组成之一,第二、三跖趾关节部分为足部蹬伸阶段的足底压力的集中点,下一步的研究可以围绕其他跖趾关节的功能而展开。

在同样穿着现代跑鞋的情况下,相比于无跑步习惯者,习惯跑步者的跖趾关节相对力量具有下降趋势^[4],猜想过多地使用跑鞋会减小跖趾关节的相对力量。而习惯裸足及着简易系带鞋跑步的墨西哥塔拉乌马拉成年男性足部踇展肌、趾短屈肌以及小趾展肌的横截面积显著大于穿着现代跑鞋的正常成年男性跑者^[5]。习惯着鞋跑步者的足底负荷集中于后跟及前足跖骨区,习惯裸足跑步者足底的负荷更为分散,这是因为在自然裸足奔跑状态下,大脚趾的外展可以增加足部与地面的接触面积,使作用于前足内侧的冲量降低。推测是因为在裸足奔跑状态下,脚趾的抓地功能可以激活足部踇展肌、趾短屈肌以及小趾展肌,维持或增强其功能性,并降低前足内侧的冲量,减少因不合理的集中应力而产生的前足疾病。长期穿着包裹性鞋具则会限制前足跖趾关节的活动性,削弱跖趾关节周围肌肉的功能,导致不合理的应力集中和产生前足相关畸形疾病。然而,关于现代跑鞋的包裹的松紧程度与足底压力之间的具体关系还需要进一步的研究。

3 现代跑鞋对足弓形态及功能影响

研究表明,习惯裸足和穿着简易系带鞋的墨西哥塔拉

乌马拉成年男性和习惯穿着现代具有缓冲功能跑鞋美国人相比,前者的足弓相对来说更高,足底肌肉功能也更为强大,而后者患有脂肪足,扁平足的几率也大大增加。在探讨耐力过程中极简跑鞋和现代跑鞋对足部浅层内在肌肉和足弓功能的影响时,发现穿着极简鞋者经过12周的耐力跑训练后,趾外展肌的体积增加,内侧弓的刚度也显著增加^[6]。此外,由于运动鞋限制了跖趾关节的活动,在一定程度上也削弱足底绞盘功能。可以发现,现代跑鞋在一定程度上会影响足弓的正常发育,导致足底肌肉功能减弱,足弓高度下降。然而,运动鞋对于足弓相关肌肉的影响,我们只是停留在表面的实验操作与推断阶段,对于足弓内具体肌肉激活状态及压力分布的内在机制,并没有明确的定论,所以下一步的研究,我们可以围绕足弓相关肌肉肌电与有限元仿真进行。

此外,不同于人体生物材料的适应性和可恢复性,跑鞋的性能会随使用时间而出现下降。跑步者在着新旧程度不同的鞋子时,会改变自己的姿势以维持重心的高度稳定,且地面反作用力和冲击力并没有很大的差异性。初步猜想人体对于着地时的地面冲击力具有一定的适应能力,而如果跑鞋性能下降较快,足部功能调整的过程相对来说较慢,就会导致足部肌肉做了更多的功,出现足部不适应的损伤。然而,我们无法确定跑鞋对足部的保护程度,所以也无法确定现代跑鞋对于足弓及足底肌肉影响到到底是积极还是消极,以及肌肉本身对于跑鞋性能下降的适应能力,我们还需要更多的研究去验证现代跑鞋对于足弓及足底肌肉的影响。

4 现代跑鞋与着地方式对足后跟功能影响

习惯赤足者或着极简鞋者大部分为前足和中足着地,而习惯穿现代跑鞋者大多是后足着地^[7]。猜想认为,前足和中足着地模式的调整可能是对地面冲击力的一种适应行为,而现代跑鞋具有粘弹性的中底缓冲与足弓支撑,在一定程度上促进了足后跟着地的形成。比如对936位长跑运动员在马拉松比赛10公里处的左、右脚触地方式进行分析时,发现跑步者有88.9%为后足落地,3.4%为中足落地,1.8%为前足落地以及5.9%跑步者表现出不连续的非对称落地^[8]。通过分析某高校田径队36名后跟着地运动员和16名前掌着地运动员的损伤记录,发现后跟着地运动员轻中度损伤的发生率是前掌跑运动员的2.5倍,且后跟着地运动员发生膝关节疼痛、髌关节疼痛、下背痛、胫骨应力性损伤和足底筋膜炎的概率是前掌着地运动员的2.7倍^[9]。对于采取后足触地跑法的跑者,身体必须重复承受地面反作用力的瞬时冲击,

在支撑相的前50ms内,瞬时冲击力约等于体重的1.5~3倍;Lieberman等人通过建立足部—腿部的L型双摆模型来比较足部初始接触地面的位置和踝关节刚度与有效质量之间的关系,并解释前足着地如何减小冲击瞬态^[7]。前足或中足着地时会拉长足弓与足底筋膜,激活足底肌肉,并将足部的转动动能转换为踝关节的平动动能,以降低冲击的有效质量;而在后足着地模式中,着地冲击阶段足后跟几乎没有缓冲作用,冲击力直接作用于足后跟与踝关节周围,当周边肌肉缓冲保护功能不足时,应力可能会进一步向上扩散,可能会引起足部及以上部位发生运动损伤。同时,也会使得后跟着地跑者更依赖跑鞋的缓冲性能和后跟保护,从而进一步减弱了人体肌肉和肌腱的功能性。

此外还发现,无论是穿极简鞋还是现代跑鞋,前足和后足的触地经济性都没有显著差异,而穿极简鞋短跑选手的经济性比穿现代跑鞋短跑选手要高得多。也有研究表明,优秀的长跑运动员更倾向采用前足着地或中足着地方式^[10]。造成这种差异的原因可能是在前足或中足着地时的能量缓冲和回弹更多依赖于肌肉和肌腱,在一定程度上加强了肌肉机能,相比于现代跑鞋的缓冲回弹更为高效。但是,关于前足着地方式对于肌肉的有益性增强,我们必须认识到,相比于

后跟着地方式,前足着地方式时肌肉所做的功相应更多,也更容易疲劳。因此,我们需要确定肌肉所能做功的范围,以及肌肉的恢复与疲劳曲线之间的关系,这是我们下一步所需要研究的方向。

5 结语

综上,我们可以发现,长期穿着现代跑鞋对足部的形态及功能产生了一些不良影响,比如限制前足各跖趾关节的活动性,导致其应力集中异常、降低足弓高度并削弱其缓冲机能,后跟着地模式导致了后足应力增大并升高踝关节及以上部位疾病的发生率。当然,我们更需要辩证去看待现代跑鞋对足部的影响。一方面现代跑鞋的粘弹性中底可以减小瞬时冲击力对足部的伤害,并增加穿着舒适感;足弓支撑可以在一定程度上缓解足弓肌肉的紧张;而另一方面,现代跑鞋也增加了一些足部畸形疾病的发生率。可以发现,现代跑鞋的功能性与其致病性似乎是相辅相成且密切相关,比如包裹性在保护足部的同时也导致其应力异常,缓冲回弹性和足弓支撑在缓冲瞬时冲击力和缓解肌肉紧张时,也会导致足部肌肉受力减少而削弱其本来机能。

文/黄国豪(福建师范大学,福建福州 350117)

作者简介:黄国豪,男,广东湛江人,福建师范大学在读硕士研究生,研究方向:运动康复工程。

参考文献:

- [1]Nigg BM, Stefanyshyn DJ, Cole G, etc. The effect of material characteristics of shoe soles on muscle activation and energy aspects during running[J]. J. Biomech., 2003, 36(4):569-575.
- [2]Chaiwanichsiri D, Janchai S, Tantisiriwat N. Foot disorders and falls in older persons[J]. Gerontology, 2009, 55(3):296-302.
- [3]Yu G, Fan Y, Fan Y, etc. The Role of Footwear in the Pathogenesis of Hallux Valgus[J]. Front. Bioeng. Biotechnol., 2020, 8:648.
- [4]张燊, 崔科东, 张希妮, 等. 后跟着地跑步技术对足弓肌肉力量的影响[J]. 中国运动医学杂志, 2019, 38(11):955-959.
- [5]Holowka NB, Wallace IJ, Lieberman DE. Foot strength and stiffness are related to footwear use in a comparison of minimally- vs. conventionally-shod populations[J]. Sci. Rep., 2018, 8(1):3679.