

## 正常足与踇外翻足前足承重比例与跖骨头下压力的研究

温建民 桑志成 钟红刚 徐颖鹏 胡海威 成永忠

(中国中医研究院骨伤科研究所, 北京 100700)

**【摘要】** 目的 从生物力学角度探讨踇外翻足前足承重比例及跖骨头下压力的改变情况。方法 将测试对象分为正常组(160 足)、轻中度踇外翻组(100 足)、重度踇外翻组(56 足)三组,运用我所生物力学室研制的足底压力测试系统,对正常足与踇外翻足足底压力进行测试,并将结果进行统计分析。结果 轻中度踇外翻足前足承重比例较正常足增加,重度踇外翻足前足承重比例介于正常足与轻中度踇外翻足之间。踇外翻足存在着前足压力外移的趋势,这种改变和畸形的程度相关。结论 从生物力学角度证明,踇外翻足前足承重比例及各跖骨头下压力的变化随踇外翻畸形程度增加出现不同程度的变化。

**【关键词】** 踇外翻; 前足; 横弓; 压力

**The study of the changes of bearing ratio and plantar pressure under forefoot of hallux valgus foot** WEN Jianmin, SANG Zhicheng, ZHONG Honggang, et al. Institute of Orthopaedics and Traumatology, China Academy of Traditional Chinese Medicine (Beijing, 100700, China)

**【Abstract】** **Objective** To investigate the changes of bearing ratio and plantar pressure under forefoot of hallux valgus foot in the view of biomechanics **Methods** With the help of the foot pressure measurement system developed by our institute, the plantar pressure of feet (160 normal, 100 mild and moderate hallux valgus, 56 severe hallux valgus) had been measured and acquired data were statistically analyzed. **Results** The bearing ratio of forefoot in mild-middle degree hallux valgus is larger than that in normal. The bearing ratio of forefoot in severe degree hallux valgus is between normal and mild-middle degree hallux valgus. There is a tendency in hallux valgus deformity that the pressure of forefoot moves outwards. This change is related with degree of deformity. **Conclusion** It is proved from biomechanical view that with the increase of deformity, bearing ratio of forefoot and pressure under metatarsals show different changes.

**【Key words】** Hallux valgus; Forefoot; Transverse arch; Pressure

踇外翻是足部常见疾患,可导致足底压力异常,尤其是在五个跖骨头下的压力,造成前足疼痛和胼胝形成。对踇外翻及相关畸形的治疗目前尚无一种满意的治疗方法。以往的研究主要集中在解剖结构和临床治疗上。为了解踇外翻时前足足底压力,尤其是在五个跖骨头下压力的改变情况,更好地指导临床实践,我们自行研制了足底压力测试系统能够对正常足和踇外翻足的足底压力进行测量。以期望找到踇外翻畸形时足底压力变化的规律。

### 1 材料与方法

**1.1 一般资料** 采用足外科常见前足疾病踇外翻病例作为测试对象,共分三组。第一组正常组为 80

名健康受试者 160 只足,年龄 17~40 岁,平均 24.61 岁;其中女 40 例,年龄 17~40 岁,平均 25.7 岁;男 40 例,年龄 18~36 岁,平均 23.53 岁。第二组和第三组分别为轻中度踇外翻组和重度踇外翻组。所有 78 例踇外翻患者病例资料均来源于中国中医研究院望京医院矫形骨科,患者均为双足患病,共 156 足;年龄 15~80 岁,平均 48.96 岁。其中,女 67 例 134 足,年龄 15~79 岁,平均 48.04 岁;男 11 例 22 足,年龄 37~80 岁,平均 54.55 岁。其中轻中度踇外翻足 50 例 100 足,重度踇外翻足 28 例 56 足。

### 1.2 观察方法

**1.2.1 正常测试对象选择标准** 足部无踇趾外翻、平足及高弓足等畸形,无外伤史,无严重脊柱、膝关节、踝关节疾患,无足底胼胝体。

**1.2.2 踮外翻诊断标准** 踮外翻的诊断目前尚无明确的诊断标准<sup>[1-5]</sup>。根据国内外文献资料,制定如下诊断标准:①外观踮趾外展外翻畸形,可有踮囊处红肿、疼痛,穿鞋行走受限。②伴或不伴有胼胝体、锤状趾等相关病症。③X 线示:踮外翻角(HAV 角) $>15^\circ$ ,第一、二跖骨间角(IM 角) $>8^\circ$ 。

**1.2.3 踮外翻程度分级标准** 目前,踮外翻程度尚无统一的分度标准<sup>[5-8]</sup>。根据国内外资料与临床实践经验,确定以下分度标准。轻度踮外翻,即 HAV 角 $<25^\circ$ ;中度踮外翻,即  $25^\circ \leq \text{HAV 角} < 35^\circ$ ;重度踮外翻,即 HAV 角 $\geq 35^\circ$ 。

**1.2.4 病例测试对象选择标准** 无足部外伤史,无合并其他严重脊柱、膝关节、踝关节疾患。根据足部承重状态下 X 线片,测量每只足的踮外翻角(HAV 角)和第一、二跖骨间角(IM 角)。HAV 角范围从  $12^\circ \sim 60^\circ$ ,平均  $31.23^\circ$ ;IM 角范围从  $4^\circ \sim 20^\circ$ ,平均  $10.13^\circ$ 。其中轻、中度踮外翻足共 100 足,HAV 角  $12^\circ \sim 34^\circ$ ,平均  $25.98^\circ$ ,IM 角平均  $9.34^\circ$ 。重度踮外翻足共 56 足,HAV 角  $35^\circ \sim 60^\circ$ ,平均  $40.61^\circ$ ,IM 角平均  $11.55^\circ$ 。

**1.3 测试方法** 分别在足底第一至第五跖骨头下、踮趾头下、足跟下放置传感器,每只足足底 8 个传感点,双足共 16 点。根据足底压力量程大致范围,确定三种灵敏度的传感器,第二至第五跖骨头下和踮趾头下量程为 10 kg,传感器体积  $12 \text{ mm} \times 12 \text{ mm} \times 4 \text{ mm}$ ;第一跖骨头下量程为 20 kg,传感器体积  $25 \text{ mm} \times 25 \text{ mm} \times 4 \text{ mm}$ ;足跟下两个传感器量程各为 30 kg,每个传感器体积  $50 \text{ mm} \times 25 \text{ mm} \times 6 \text{ mm}$ 。测试时,受试者自然站立,与肩同宽。穿着带传感器的测力鞋左右晃动,使重心从一足完全移到另一足,交替进行,直至测试程序发出停止信号,全过程约 2 min。屏幕实时显示采集数据示意图样,并将数据实时存入硬盘。测试结束后,屏幕显示计算结果。测试数据由后处理程序随时调用和统计。每个测试对象进行三次测试以减少系统误差。

**1.4 观察指标** 每个观察对象(正常人与踮外翻患者)进行三次测试,每次分别测量出足底每个传感器的压力(包括五个跖骨头下)。(1)由于个人的体重不同,跖骨头下压力无法比较,考虑到每个受检者体重的差异,试验数据的统计处理结果按受检者的百分比规一化计算各跖骨区承受的负荷值,以便观察、分析和比较<sup>[9,10]</sup>。(2)计算正常足与踮外翻足前足(包括踮趾、五个跖骨头)压力的总和与全足压力的比例。得出正常人与踮外翻患者的前足比例,并进行统计对照。(3)计算每次每个跖骨头占五个跖骨头压力总和的百分比。再将三次结果平均后得出一个测试对象的五个跖骨头压力的百分比。然后再将所有的测试对象的五个跖骨头压力的百分比结果进行累计平均并与踮外翻足进行统计对照。

**1.5 统计学处理** 将足部所测的数据输入 SPSS 8.0,进行独立样本 *t* 检验。

**2 结果**

**2.1 正常足与踮外翻足前足压力占全足的压力的比例的比较** 正常足与踮外翻各组前足五个跖骨头的压力变化规律由高到低均依次为第三、四、二、五、一跖骨头。将正常组的第一跖骨头下压力百分比定为 1,正常组比例为  $1:1.31:1.92:1.77:1.07$ ,踮外翻组比例为  $0.85:1.48:1.85:1.73:1.16$ ,轻中度踮外翻组  $0.86:1.46:1.88:1.74:1.12$ ,重度踮外翻组比例为  $0.83:1.50:1.78:1.72:1.24$ 。随着踮外翻畸形程度的增加,前足第一跖骨头下压力降低和跖骨头下压力外移的趋势加大。

表 1 正常组与踮外翻组前足压力比例的比较( $\bar{x} \pm s$ )

组别	前足比例	<i>t</i> 值
正常组	$35.13 \pm 0.36$	
踮外翻组	$38.05 \pm 0.39$	5.458*
轻中度踮外翻组	$38.25 \pm 0.48$	-5.362*
重度踮外翻组	$37.52 \pm 0.68$	-3.277*

注: \* 与正常组比较  $P < 0.05$

**2.2 正常组与踮外翻各组五个跖骨头下的压力百分比及比较(见表 2)**

表 2 正常组与踮外翻组跖骨头下压力的比较( $\bar{x} \pm s$ )

跖骨头	正常组	踮外翻组	<i>t</i> 值	轻中度踮外翻组	<i>t</i> 值	重度踮外翻组	<i>t</i> 值
1	$14.16 \pm 0.40$	$11.98 \pm 0.46$	-3.545*	$12.13 \pm 0.54$	3.022**	$11.71 \pm 0.85$	2.568**
2	$18.51 \pm 0.40$	$20.90 \pm 0.47$	3.870*	$20.67 \pm 0.56$	-3.180**	$21.29 \pm 0.84$	-2.976**
3	$27.20 \pm 0.40$	$26.13 \pm 0.39$	-1.930*	$26.68 \pm 0.49$	0.809	$25.17 \pm 0.62$	2.630**
4	$24.99 \pm 0.36$	$24.54 \pm 0.48$	-0.742	$24.67 \pm 0.56$	0.480	$24.32 \pm 0.89$	0.693
5	$15.13 \pm 0.46$	$16.45 \pm 0.50$	1.959*	$15.85 \pm 0.59$	-0.961	$17.51 \pm 0.99$	-2.522*

注: \*\* 与正常组比较  $P < 0.01$ , \* 与正常组比较  $P < 0.05$

### 3 讨论

**3.1 踇外翻畸形对前足承重比例的影响** 对于正常组与踇外翻组前足承重比例的均数有显著性差异,而患有踇外翻畸形时,前足承重比例增加,约为 38% 左右。我们发现,在轻中度踇外翻畸形时,前足比例增加为 38.27% 左右,分析这主要是因为踇外翻时,第一跖骨内移和旋前畸形导致籽骨向外侧移位,从而使前足横弓高度下降,各个跖骨头承重增加,因此前足的承重比例增加。而在重度踇外翻畸形时,前足比例比轻中度踇外翻下降,为 37.25% 左右。分析这主要是因为重度踇外翻畸形时,患者年龄较大,病史较长,往往伴随有相关畸形,尤其是锤状趾畸形(趾间关节屈曲和跖趾关节的过伸畸形)和跖趾关节的半脱位,这样会导致跖骨头下脂肪垫前移,跖骨头直接与皮下接触,导致足底跖骨头下胼胝体加重而疼痛剧烈,患者可能由于对疼痛的适应,逐渐改良自身承重形式,导致前足承重较轻中度踇外翻组降低。

**3.2 正常足的跖骨头承重分布有很大差异** 正常组与轻中度踇外翻组和重度踇外翻的五个跖骨头压力百分比的样本均数的统计学差异说明正常足的跖骨头承重分布。有证据表明第一、二跖骨的承重量是与它们的骨突和行走方向之间相联系的。另外,测试方法的差异是结果不同主要的原因。此次正常足前足跖骨头下压力的变化规律是由高到低依次为第三、四、二、五、一跖骨头,其比例为 1:1.31:1.92:1.77:1.07(将正常组的第一跖骨头下压力百分比定为 1)。本次研究采用测试方法是双足自然站立,与肩同宽。因此,正常足的前足压力的比例与洪水棕<sup>[9]</sup>报道的 1:0.76:0.44:0.29:0.21 不同。正常组显示足部压力的承重中心在第三跖骨头。这个结果与 Arvikar 和 Seireg<sup>[11]</sup>和汤荣光等<sup>[12]</sup>相同。前足中部较高的负荷表明足弓凸点在这里。这个观点得到了 Leduc 等<sup>[13]</sup>的支持,在他研究中,58% 在前足中部承担较大的负荷。

**3.3 踇外翻畸形存在着前足压力外移趋势** 这种异常是和畸形的程度相关的。踇外翻畸形角度达到一定程度,前足压力的变化愈明显。国内外也有学者认为,踇外翻足第一、二跖骨头下压力明显增加<sup>[12]</sup>。但此测量方法没有将五个跖骨头下压力分开测量<sup>[14]</sup>。从临床上发现,第二、三跖骨头下胼胝较多,为了解五个跖骨头下压力之间的关系,我们在设计系统的时候,将五个跖骨头分别进行测试,发现踇

外翻足五个跖骨头下压力的变化,有重要的临床意义。第一跖骨头的压力明显减少和第三跖骨头下的压力增高,证实了踇外翻前足第二跖骨头下胼胝体的形成有其生物力学的变化基础。这一结果与国内外一些学者的报道相近<sup>[9]</sup>。踇外翻常有大拇趾的外侧移位伴有第一跖骨的旋前、内翻,籽骨向外侧移位,另外,跖骨间的肌肉如踇内收肌、骨间肌等与韧带张力增大,日久易发生劳损而松弛,加上存在跖浅横韧带发育薄弱等因素,使前足宽度增加,第二、三跖骨头向跖侧塌陷,弧度下陷,足横弓高度下降。因此,承重时第一跖骨不能通过其籽骨承重,从而造成承重向外侧跖骨头移位,减少了第一跖骨承受的负荷值。

**3.4 踇外翻足第五跖骨头下压力较正常有增高的趋势** 我们认为,轻中度踇外翻与重度踇外翻组与正常组相对比有显著性差异,这可能是由于踇外翻前足的保护性应力转移,以减轻踇趾内侧压力所致的疼痛。重度踇外翻组与轻中度踇外翻组相比有增加的趋势,这说明随着踇外翻程度增加,保护性压力转移程度增加。

#### 参考文献

- 1 谭瑞诚,张正之,韩西斌,等. 踇外翻的生物力学分析. 中国生物医学工程学报,1990,6(2):86-90.
- 2 蒋知节,顾湘杰,李鸿儒. 踇外翻的病因、病理和治疗. 国外医学·外科学分册,1983,1:27-30.
- 3 顾湘杰,桂鉴超,马昕,等. 跖趾关系. 中国矫形外科杂志,1999,6(5):325-327.
- 4 加藤哲也,关宏. 外翻跖趾. 临床外科,1993,48(11):252.
- 5 毛宾尧. 足外科学. 北京:人民卫生出版社,1992. 487.
- 6 孔祥海,刘春香,李景安,等. 跖趾外翻畸形的 X 线测量及指导手术的价值. 临床放射学杂志,2000,19(11):732-733.
- 7 Mann RA. Surgery of the foot. St Louis:CV Mosby,1986. 65.
- 8 刘忠歧,韩长春. 踇外翻的 X 线研究. 临床放射学杂志,1995,14(3):170-172.
- 9 洪水棕. 踇外翻病理足及其手术方案的生物力学探讨. 中国生物医学工程学报,1988,7(2):86-92.
- 10 温建民,钟红刚,蒋科卫,等. 正常足与踇外翻足的足底压力研究. 中华骨科杂志,1999,19(6):348.
- 11 Arvikar R,Seireg A. Pressure distribution under the foot during static activities. Eng In Med,1980,9:99-103.
- 12 汤荣光,WA Wallace. 踇外翻患者前足足底压力分布的研究. 中华外科杂志,1993,31(11):669-670.
- 13 Leduc A,Reyns I,Liegeois E,et al. Load sharing within the forefoot. In:Ed. RM Kenedi, et al. Disability. London, UK: MacMillan, 182-184.
- 14 张伟,黄耀添,王军,等. 踇外翻病人的静、动态前足底压力测定. 武警医学院学报,2001,10(2):128-130.

(收稿:2002-10-16 修回:2003-03-05 编辑:李为农)