

# Research on the Corrective Effect of Arch Trainer Combined with Sports Rehabilitation Technology on Lower Limb Morphological Problems of College Students

Wei Feng Liqiong Shi\* Qiao Zheng Siyu Lu Xinyu Zhang

Kunming Medical University, Kunming, Yunnan, 650500, China

## Abstract

**Objective:** To explore the corrective effect of arch trainer combined with systematic exercise rehabilitation technology on O-shaped legs, X-shaped legs and XO-shaped legs in college students, as well as its improvement effect on the biomechanical function of the lower extremities and gait performance. **Methods:** Forty-five college students aged 18-25 with abnormal lower limb morphology from Kunming Medical University were recruited and randomly divided into group A (arch training device group, n=15), Group B (sports rehabilitation training group, n=15), and Group C (comprehensive intervention group, n=15). All three groups received a 6-week intervention, with training 2 to 3 times a week, each session lasting 40 to 60 minutes. Before and after the intervention, foot print method, vernier caliper, plantar pressure analysis and functional test were used to collect indicators. Paired t-test and one-way ANOVA were performed through SPSS 27.0. **Result:** After the intervention, all the indicators in the three groups improved. Group C was the best: the normalization rate of the arch of the foot was 80.0% (46.7% in group A, 53.3% in group B, P5). The reduction values of the knee and ankle distances were  $2.1\pm 0.3$  cm and  $1.8\pm 0.4$  cm respectively (all P); The symmetry of plantar pressure and motor function were significantly improved ( $P<0.05$ ). **Conclusion:** The corrective effect of the comprehensive intervention program is superior to that of the single intervention. It can optimize the lower limb force line, improve gait biomechanics and movement stability. It is non-invasive, safe and feasible, and suitable for promotion among college students.

## Keywords

Foot arch trainer; Sports rehabilitation; Lower limb morphology correction; Knee joint alignment; Gait analysis; College student health

# 足弓训练器结合运动康复技术对大学生下肢形态问题的矫正效果研究

冯苇 施李琼\* 郑巧 卢丝宇 张鑫羽

昆明医科大学, 中国·云南昆明 650500

## 摘要

**目的:** 探讨足弓训练器联合系统性运动康复技术对大学生 O 型腿、X 型腿及 XO 型腿的矫正效果, 及其对下肢生物力学功能与步态表现的改善作用。**方法:** 招募昆明医科大学 45 名 18-25 岁下肢形态异常大学生, 随机分为 A 组 (足弓训练器组, n=15)、B 组 (运动康复训练组, n=15)、C 组 (综合干预组, n=15)。三组均接受 6 周干预, 每周训练 2-3 次, 每次 40-60 分钟。干预前后采用足印法、游标卡尺、足底压力分析及功能测试采集指标, 通过 SPSS 27.0 行配对 t 检验与单因素方差分析。**结果:** 干预后三组指标均改善, C 组最优: 足弓正常化率 80.0% (A 组 46.7%、B 组 53.3%, P5); 膝、踝间距减少值分别为  $2.1\pm 0.3$  cm、 $1.8\pm 0.4$  cm (均 P); 足底压力对称性及运动功能显著提升 ( $P<0.05$ )。**结论:** 综合干预方案矫正效果优于单一干预, 能优化下肢力线、改善步态生物力学及运动稳定性, 非侵入性且安全可行, 适合大学生群体推广。

## 关键词

足弓训练器; 运动康复; 下肢形态矫正; 膝关节力线; 步态分析; 大学生健康

【基金项目】25 年昆明医科大学校级大学生创新创业训练计划项目。

【作者简介】冯苇 (1979-), 女, 中国云南曲靖人, 硕士, 副教授, 从事体育科学、运动医学及运动康复研究。

【通讯作者】施李琼 (1983-), 女, 中国云南曲靖人, 硕士, 讲师, 从事计算机与康复工程研究。

## 1 引言

膝内翻、膝外翻及 XO 型腿在大学生群体中发生率较高, 不仅影响体态美观, 还可能引发足底筋膜炎、膝关节炎等远期健康问题。现有干预手段多为单一矫形器具或康复训练, 二者结合的针对性研究不足<sup>[1]</sup>。本研究提出“器械+训练”闭环方案, 通过随机对照实验验证其矫正效果, 为

大学生体态健康管理提供科学解决方案。

## 2 材料与方法

### 2.1 研究对象

于 2025 年 8 月,在昆明医科大学公开招募自愿参与者。

纳入标准: (1) 年龄 18-25 岁在校大学生; (2) 经体格检查确诊为 O 型腿、X 型腿或 XO 型腿(膝踝间距 > 1.5cm); (3) 无严重骨骼畸形或足部手术史; (4) 自愿参加并签署知情同意书。

排除标准: (1) 患有严重的全身性疾病、骨骼发育性

疾病或下肢严重外伤史; (2) 近 3 个月内参与其他下肢矫正或系统性康复训练。最终共纳入合格受试者 45 名,采用随机数字表法分为三组,每组 15 人。研究获昆明医科大学伦理委员会批准。

### 2.2 研究设计

A 组(足弓训练器组): 采用弹性硅胶足弓训练器,核心动作及参数见表 1。

B 组(运动康复训练组): 按腿型设计针对性训练,核心动作及参数见表 2。

表 1 A 组训练方案

动作名称	动作要领与目的	训练参数
抓握训练	坐位抓握训练器,感受足弓上提,强化足底内在肌	10-15 次/组 × 3 组,组间休息 60 秒
外旋抗阻	坐位对抗训练器阻力外旋前脚掌,纠正过度旋前	10-12 次/组 × 3 组,组间休息 60 秒
足弓拍打	站立位拍打足弓内侧,激活本体感觉、缓解筋膜紧张	1-2 分钟/脚 × 2 组

表 2 B 组训练方案

目标腿型	动作名称	动作要领与目的	训练参数
X 型腿	坐姿压髌	坐姿双脚相对,下压膝盖拉伸内收肌	15-20 次/组 × 3 组
	动态青蛙趴	四点跪姿滑开双膝,激活臀部肌群	10-12 次/组 × 3 组
	弹力带髋外旋	坐姿对抗弹力带外旋小腿,强化臀中肌	12-15 次/侧 × 3 组
O 型腿	芭蕾式深蹲	脚跟并拢、脚尖外展下蹲,强化股四头肌内侧头	10-12 次/组 × 3 组
	宽距深蹲提踵	宽距深蹲后提踵,强化下肢链式发力	8-10 次/组 × 3 组
	侧卧蚌式开合	侧卧打开膝盖,改善骨盆稳定性	15-20 次/侧 × 3 组
XO 型腿	动态蝴蝶式拉伸	坐姿扇动膝盖,拉伸内收肌群	20-30 次/组 × 2-3 组
	单侧小腿拉伸	弓步拉伸腓肠肌/比目鱼肌	30 秒/侧 × 3 组
	鸭子坐位激活	跪坐进行骨盆倾斜,激活核心与臀部	30 秒/组 × 3 组

C 组(综合干预组): 先完成 B 组训练(35-40 分钟),再进行 A 组训练(15-20 分钟),形成近端到远端闭环矫正。所有训练由专业人员监督,记录依从性。

### 2.3 干预方案

干预周期 6 周,每周集中训练 2-3 次,每次 40-60 分钟,确保动作规范与安全。

### 2.4 评估指标与方法

干预前后由盲法评估人员完成: ①形态学评估: 足印法判定足弓形态,游标卡尺测量膝踝间距; ②生物力学评估: Footscan® 系统采集足底压力参数(COP 轨迹、压力分布等); ③运动功能评估: 单腿站立时间(取均值)、下蹲控制评分(3

级量表)。

### 2.5 统计学分析

采用 SPSS 27.0, 计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示, 组内用配对 t 检验, 组间用单因素方差分析(LSD 法两两比较); 计数资料用卡方检验。P.05 为差异有统计学意义。

## 3 结果

### 3.1 受试者基线资料比较

三组受试者在年龄、性别、身高、体重及干预前各项评估指标上差异均无统计学意义(P>0.05), 具有可比性。详见表 3。

表 3 三组受试者基线资料比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

项目	A 组 (n=15)	B 组 (n=15)	C 组 (n=15)	F/ $\chi^2$ 值	P 值
年龄(岁)	20.5 ± 1.2	20.8 ± 1.4	20.3 ± 1.1	0.532	0.591
性别(男/女)	7/8	6/9	8/7	0.667	0.717
身高(cm)	168.3 ± 6.5	166.9 ± 7.1	169.1 ± 5.8	0.421	0.659
体重(kg)	60.2 ± 8.1	58.7 ± 7.5	61.5 ± 6.9	0.678	0.513
干预前膝间距(cm)	4.2 ± 0.8	4.5 ± 0.9	4.3 ± 0.7	0.615	0.546
干预前踝间距(cm)	3.8 ± 0.6	4.0 ± 0.7	3.9 ± 0.5	0.489	0.617

### 3.2 下肢形态学指标变化

干预后三组膝踝间距均显著减小 (P.05), C 组减少值显著大于 A、B 组 (P<0.01); C 组足弓正常化率 80.0%, 显著高于 A 组 (46.7%)、B 组 (53.3%) ( $\chi^2=6.32$ , P=0.042)。见表 4。

表 4 三组膝踝间距变化比较 (x±s, cm)

组别	膝间距减少值	踝间距减少值
A 组	1.1±0.3	0.9±0.2
B 组	1.5±0.4	1.2±0.3
C 组	2.1±0.3# Δ	1.8±0.4# Δ

### 3.3 步态与生物力学指标变化

C 组 COP 轨迹对称性显著提升, 足底最大压力点趋向第二、三跖骨区, 内侧纵弓接触面积百分比从 15.3±4.1% 增至 22.8±3.7% (P1), 增幅大于 A、B 组 (P<0.05)。

表 5 三组受试者干预前后步态生物力学指标变化比较

指标	组别	干预前	干预后	变化值
COP 轨迹对称性评分 (分)	A 组	2.3±0.5	3.1±0.6*	0.8±0.3
	B 组	2.2±0.4	3.3±0.5*	1.1±0.4
	C 组	2.4±0.5	4.2±0.4*# Δ	1.8±0.3# Δ
内侧纵弓接触面积百分比 (%)	A 组	14.8±3.9	18.5±3.2*	3.7±1.1
	B 组	15.1±4.2	19.7±3.5*	4.6±1.3
	C 组	15.3±4.1	22.8±3.7*# Δ	7.5±1.5# Δ
最大压力分布于第二、三跖骨区 (n, %)	A 组	5 (33.3%)	9 (60.0%)*	-
	B 组	6 (40.0%)	10 (66.7%)*	-
	C 组	5 (33.3%)	13 (86.7%)*# Δ	-

注: \* 表示与同组干预前比较, P05; # 表示与 A 组比较, P<0.05; Δ 表示与 B 组比较, P05; COP = 足底压力中心。

表 6 三组受试者干预前后运动功能指标变化比较 (x±s)

组别	单腿站立时间 (s)			下蹲控制评分 (分)		
	干预前	干预后	增加值	干预前	干预后	增加值
A 组	17.8±4.9	25.6±5.7*	7.8±2.1	1.5±0.6	2.2±0.5*	0.7±0.3
B 组	19.1±5.5	28.3±6.1*	9.2±2.4	1.6±0.5	2.4±0.6*	0.8±0.3
C 组	18.5±5.2	32.4±6.8*# Δ	13.9±3.2# Δ	1.5±0.5	2.8±0.4*# Δ	1.3±0.4# Δ

注: \* 表示与同组干预前比较, P05; # 表示与 A 组比较, P; Δ 表示与 B 组比较, P05。

## 4 讨论

本研究通过为期 6 周的随机对照实验, 系统比较了单纯足弓训练器、单纯运动康复训练及二者结合的综合方案对大学生下肢形态问题的矫正效果<sup>[2]</sup>。结果显示, 三种干预方式均能在一定程度上改善下肢对线、步态及运动功能, 但综合干预组 (C 组) 在所有评估维度上均展现出显著优势。

首先, 在下肢形态学矫正方面, C 组膝踝间距的减小幅度最大, 且足弓形态改善最为明显。这提示, 足弓训练器提供的结构性支撑可能为异常下肢力线的调整创造了一个更有利的“力学环境”, 而针对性的运动康复训练则通过增强髌关节外旋肌群、足部内在肌等关键肌群的力量与激活

足底压力分析结果显示, 干预后三组的 COP 轨迹对称性评分、内侧纵弓接触面积百分比及最大压力分布于第二、三跖骨区的受试者占比均较干预前显著改善 (P), 且 C 组改善幅度显著优于 A 组和 B 组 (P.05)。具体数据见表 5。

具体表现为: C 组 COP 轨迹在支撑中后期趋于直线, 对称性评分从干预前的 2.4±0.5 分提升至 4.2±0.4 分, 显著高于 A 组 (3.1±0.6 分) 和 B 组 (3.3±0.5 分); 内侧纵弓接触面积百分比从 15.3±4.1% 增至 22.8±3.7%, 增幅显著大于 A、B 两组; 最大压力分布于第二、三跖骨区的受试者占比达 86.7%, 显著高于 A 组 (60.0%) 和 B 组 (66.7%)。

### 3.4 运动功能指标变化

干预后三组单腿站立时间延长、下蹲控制评分提高 (P05), C 组单腿站立时间增加值 (13.9±3.2 s) 及下蹲评分改善程度显著优于 A、B 组 (P<0.05)。见表 6。

模式, 主动“拉动”关节回到更佳对位<sup>[3]</sup>。二者结合实现了“被动调整”与“主动纠正”的协同, 从而在结构层面获得更佳的矫正效果。

其次, 在生物力学功能层面, C 组受试者足底压力分布的优化, 特别是内侧纵弓负荷能力的提升, 具有重要意义。内侧纵弓是足部主要的弹簧与减震结构, 其功能不足常与扁平足及继发的下肢代偿性力线异常相关<sup>[4]</sup>。综合干预可能通过足弓训练器直接刺激支撑足弓, 同时通过运动训练强化胫骨后肌等维持足弓的肌肉, 双管齐下有效改善了足弓的功能状态, 进而优化了整个下肢的动力链传递效率, 这从 COP 轨迹的改善中可得到印证。

最后,在运动功能表现上,C组在单腿站立稳定性和下蹲动作控制上的显著提升,反映了其神经肌肉控制能力的增强。良好的下肢对线与足弓功能是动态稳定性的基础<sup>[5]</sup>。综合干预不仅改善了静态形态,更通过一系列功能导向的训练,提升了受试者在单腿支撑、闭链运动等挑战性姿势下的关节协调与肌肉协同能力,这对于预防运动损伤、提升日常活动质量具有积极意义。

本研究的局限性在于样本量相对较小,干预周期仅为6周,未能评估长期效果的维持情况。未来研究可扩大样本量,延长随访时间,并进一步利用三维运动分析、表面肌电等更精密的设备,深入探讨综合干预对下肢各关节运动学与动力学的具体影响机制。

## 5 结语

足弓训练器结合系统性运动康复技术的综合干预方案,能有效矫正大学生常见的O型腿、X型腿及XO型腿等下肢形态异常,显著改善足弓功能、优化步态生物力学并提升下肢运动控制能力,其效果优于单一的器械使用或运动训

练。该方案充分利用了器械的力学支撑与训练的功能重塑优势,具有科学、安全、实用且兼顾功能康复与体态美化的特点,为大学生群体的下肢健康管理及体态矫正提供了一套行之有效的非侵入性解决方案,具备较高的校园推广价值。

## 参考文献

- [1] 刘喜,张慧,陈永红,等。大学生下肢不等长的现状分析[J]. 医学美学美容(中旬刊),2014,(3):38-39.
- [2] 司宇凡,巩七。大学生身材满意度调查[N]. 中国青年报,2021-05-08(08).
- [3] Chang H, Song Y, Cen X. Effectiveness of Augmented Reality for Lower Limb Rehabilitation [J]. Appl Bionics Biomech, 2022, 2022: 4047845.
- [4] Butler R J, Hamill J, Davis I. Effect of footwear on high and low arched runners' mechanics [J]. Gait Posture, 2007, 26 (2): 219-225.
- [5] Yildiz S, Sumer E, Zengin H Y, et al. Intensive physiotherapy vs home-based exercise and orthotic insoles in plantar fasciitis [J]. Foot, 2022, 51: 101906.