

· 临床研究 ·

肌内效贴联合踝足肌群肌力训练对柔韧性扁平足患儿步态的疗效

李阳 俞艳 李一瀛 鲁潇莹 姜淑云

上海中医药大学附属岳阳中西医结合医院步态与运动分析中心, 上海 200437

通信作者: 姜淑云, Email: yadancoo@126.com

【摘要】 目的 观察肌内效贴联合踝足肌群肌力训练对柔韧性扁平足患儿步态的临床疗效。**方法** 选取符合入选和排除标准的柔韧性扁平足患儿 44 例, 按随机数字表法将其分为治疗组 (22 例, 40 足) 和对照组 (22 例, 41 足)。治疗组患儿采用肌内效贴贴扎联合踝足肌群肌力训练, 对照组患儿仅采取踝足肌群肌力训练。贴扎主要采用足底感觉输入贴扎、足弓感觉输入贴扎和足跟力学矫正贴扎, 频率为每周 1 次, 贴布每次于体表保持 3 d 后由患者自行移除, 连续贴扎 12 周。治疗前和治疗 12 周后 (治疗后), 由相同治疗师和数据分析人员于双盲状态下对 2 组患者进行足底压力 [足弓指数 (AI)] 和步态评估 [包括踝关节最大背屈角度、最大跖屈角度、支撑相 (STP) 踝关节平均外翻角度、膝关节最大屈曲角度、承重反应期垂直方向地反力 (GRF1)、踝关节最大功率、步长、步速、步宽和步态偏差指数 GDI]。**结果** 治疗后, 治疗组患者的 AI、踝关节最大背屈角度、踝关节最大跖屈角度、STP 平均外翻角度、GDI、踝关节最大功率、承重反应期垂直方向 GRF1、步速和步宽较组内治疗前均显著改善, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$), 对照组仅 AI、GDI 和步长与组内治疗前比较, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。治疗后, 治疗组患者的 STP 踝关节平均外翻角度、膝关节最大屈曲角度、承重反应期垂直方向 GRF1 和步宽分别为 $(-0.29 \pm 0.23)^\circ$ 、 $(63.83 \pm 4.82)^\circ$ 、 $(1.14 \pm 0.09) \text{ N/kg} \cdot \text{G}$ 和 $(9.80 \pm 1.47) \text{ cm}$, 与对照组治疗后比较, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。**结论** 肌内效贴贴扎结合踝足肌群肌力训练能够改善柔韧性扁平足患儿踝关节屈伸运动范围, 调整足触地时的姿势准备, 增加踝关节稳定性控制, 提高垂直方向地反力及踝关节做功能力, 达到改善足部形态及步行功能的作用。

【关键词】 柔韧性扁平足; 儿童; 肌内效贴; 三维步态分析; 肌力训练**基金项目:** 上海市卫生健康委员会卫生行业临床研究专项 (20194Y0024); 上海市科技创新行动计划软科学重点项目 (青年) (20692193800)**Funding:** Shanghai Municipal Health Commission's Special Clinical Research Projects in the Health Industry (20194Y0024); Shanghai Science and Technology Innovation Action Plan Soft Science Key Project (Youth) (20692193800)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2023.01.012

扁平足患者站立时足大趾被动抬起出现足内侧纵弓高度随之增加的表现即为柔韧性扁平足 (Flexible Flatfoot)^[1]。柔韧性扁平足在婴幼儿早期属于生理状态, 大部分儿童的足弓会在 3 岁左右发育成熟^[2-3], 但受年龄、体重、韧带松弛度^[4]、肌肉力量不平衡、养育方式不当^[5]等因素的影响, 儿童柔韧性扁平足发病率不断升高。有研究指出, 目前约超过 24% 的儿童无法于学龄期前自主发育正常的足弓^[6]。足弓在非负重状态下形态特性的长期改变会导致神经肌肉病变, 进而造成永久性的结构畸形^[7]。研究表明, 平足畸形对足踝关节运动功能的影响与畸形程度呈正比^[8]。柔韧性扁平足的进行性发展, 除了影响足部形态和儿童的运动功能, 还可能导致足底筋膜炎和膝骨关节炎等的提前发生^[9]。

肌内效贴是一种可贴于体表的弹性贴布, 目前已被广泛应用于脑卒中患者足部形态矫正和步行功能的改善^[10-11], 同时在改善成人踝关节不稳^[12]和调整发育性协调障碍儿童步态^[13]等方面亦有应用。本研究旨在通过观察肌内效贴联合踝足肌群肌力训练对儿童柔韧性扁平足的临床疗效, 以期儿童柔韧性扁平足的治疗提供新的思路。

资料与方法

一、一般资料

纳入标准: ①符合人民卫生出版社第七版《外科学》和国内外研究中的柔韧性扁平足诊断标准^[2]; ②年龄 3~12 岁, 性别不限; 非早产儿, 无手术史/外伤史; ③无明显认知功能障碍, 能够配合测试; ④患儿家属签署知情同意书。

排除标准: ①患有引起扁平足的其他疾病如脑瘫、佝偻病等; ②有导致运动和身体结构异常的神经肌肉系统疾病; ③无法配合完成运动解析评估者。

本研究由上海中医药大学附属岳阳中西医结合医院伦理委员会批准 (No.2020-010)。选取 2018 年 10 月至 2020 年 1 月上海岳阳医院儿童步态异常门诊就诊, 且符合上述标准的柔韧性扁平足患儿 44 例, 按随机数字表法将其分为治疗组 (22 例, 40 足) 和对照组 (22 例, 41 足)。2 组患儿的例数、平足数、性别、平均年龄、平均体重指数 (body mass index, BMI) 等一般资料组间比较, 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$), 详见表 1。

表 1 2 组患者一般资料

组别	例数	平足数(足)	性别(例)		平均年龄(岁, $\bar{x}\pm s$)	平均 BMI(kg/m^2 , $\bar{x}\pm s$)
			男	女		
治疗组	22	40	12	10	5.26 $\pm$ 2.12	15.81 $\pm$ 1.79
对照组	22	41	11	11	4.76 $\pm$ 1.45	15.56 $\pm$ 1.12

二、治疗方法

治疗组患儿采用肌内效贴贴扎联合踝足肌群肌力训练,对照组患儿仅采取踝足肌群肌力训练。

(一)肌内效贴贴扎方法

贴扎主要采用 3 种策略^[14],贴扎由物理治疗师在门诊完成,频率为每周 1 次,贴布每次于体表保持 3 d 后由患者自行移除,连续贴扎 12 周。

1.足底感觉输入贴扎:患者仰卧位,剪取“爪”形贴布,于足底以足跟处为锚,在患者足趾被动背屈至最大角度状态下,将贴布以中度拉力向远端足趾方向延展(图 1)。

2.足弓感觉输入贴扎:患者仰卧位,剪取“I”形贴布,以中足外侧为锚,在足部放松状态下,使患者前足及踝关节保持不动,将贴布经足底以中度拉力向中足内侧延展(图 2)。

3.足跟力学矫正贴扎:患者仰卧位,贴扎前治疗师手掌托住患者足跟,以拇指触摸内踝下距突位置,其余四指带动跟骨向内运动 3~5 次,后剪取“I”形贴布,于足跟外侧以外踝尖下处皮肤为锚,再次以四指带动跟骨向内侧运动的同时,以大拉力将贴布经足底足跟向内踝上方延展,维持足跟处跟骨与距骨的相对位置稳定,纠正足跟外翻(图 3)。

(二)踝足肌群肌力训练

1.踝背屈及踝跖屈肌训练:足尖步行(足跟抬离地面)、足跟步行(足尖抬离地面)交替练习,单次交替步行距离不短于 5 m,3 次为一组,每次训练不少于 3 组。

2.胫骨后肌训练:足跟先缓慢抬离地面(足尖着地)后缓慢放下,5 次为一组,每次训练不少于 3 组。

3.趾屈肌训练:足趾夹笔写字或定向足趾夹物训练,每次夹笔/物时间不少于 3 min。

踝足肌群肌力训练均居家进行,每日 1 次,每次 15 min,训练频率为每周 5~7 d,连续训练 12 周,每次完成后于微信群内视频打卡,由治疗师对视频进行评评估和指导。

三、疗效评定

治疗前和治疗 12 周后(治疗后),由相同治疗师和数据分析人员对双盲状态下对 2 组患者进行足底压力和步态评估。

1.足底压力:采用比利时爱思康公司研发的 Footscan7 版足底压力采集系统采集足底压力数据,患者自然站立于压力测试板上,将收集到的足底压力图像分为足趾、前足、中足、后足四部分,计算中足面积占去除足趾部分的足部总面积比,得出足弓指数(arch index, AI),平足患儿 $\text{AI}\geq 28\%$ ^[15]。

2.步态分析(运动学参数、动力学参数、时-空参数):应用三维步态分析技术采集关节运动学、动力学及时空参数数据。本次使用的三维步态分析系统由 19 个红外线摄像头和 4 个平面测力台构成。红外线镜头采样频率为 100 Hz,记录下髋、膝、踝关节及骨盆的运动学数据;平面测力台采样频率为 1000 Hz,记录地反力、关节做功、力矩等动力学数据。三维模型采用 Helen Hayes 模型^[16](26 个荧光标记点)。每名受试者采取自然步速步行,每人记录不少于 15 个步态周期,单侧有效力学数据不少于 5 个。运动学参数选取踝关节最大背屈角度、最大跖屈角度、支撑相(stance phase, STP)踝关节平均外翻角度、膝关节最大屈曲角度;动力学参数选取承重反应期垂直方向地反力(ground reaction force 1, GRF1)、踝关节最大功率;时-空参数选取步长、步速、步宽^[17-18]。

3.步态偏差指数(gait deviation index, GDI):由膝、踝关节矢状面运动学角度、足偏角及髋关节、骨盆在三个平面的运动学数据计得出,可用于反映受试者整体步行功能情况,得分越高步行功能越好^[19]。

四、统计学分析

应用 SPSS 22.0 版统计学软件进行数据统计分析。数据服从正态分布或近似正态分布,组内比较采用配对样本 t 检验,组间比较采用两独立样本 t 检验;数据不服从正态性,则采用非参数检验,计量资料用($\bar{x}\pm s$)表示。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。



图 1 足底感觉输入贴扎



图 2 足弓感觉输入贴扎



图 3 足跟力学矫正贴扎

结 果

治疗后,治疗组患者的 AI、踝关节最大背屈角度、踝关节最大跖屈角度、支撑相平均外翻角度、GDI、踝关节最大功率、承重反应期垂直方向 GRF1、步速和步宽较组内治疗前均显著改善,差异均有统计学意义($P<0.05$),对照组仅 AI、GDI 和步长与组内治疗前比较,差异有统计学意义($P<0.05$)。治疗后,治疗组患者的 STP 踝关节平均外翻角度、膝关节最大屈曲角度、承重反应期垂直方向 GRF1 和步宽与对照组治疗后比较,差异均有统计学意义($P<0.05$),2 组患者治疗后剩余指标组间比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),详见表 2。

讨 论

柔韧性扁平足最常见的症状为足部疼痛、疲劳和步行功能下降^[20]。扁平足状态下,内侧纵弓塌陷会导致足内侧长期受压增加,引发后足外翻、距下关节背屈和外旋、中足外展等改变^[21],骨与关节间出现异常应力。本研究中所采用的足弓感觉输入贴扎,可通过肌内效贴发挥牵拉激活皮肤机械感受器,增强本体感觉,纠正由肌肉长度或力量关系异常造成的异常功能姿势^[22],以达到改善足弓高度,维持足内侧纵弓形态的治疗目的。

Siu 等^[23]将肌内效贴运用于成人柔韧性扁平足患者,结果发现,横弓加强贴扎可显著减少运动状态下足舟骨的下落距离,并增加胫骨前肌的肌肉活动。本研究结果显示,柔韧性扁平足患儿通过肌内效贴贴扎治疗后,其步行过程中踝关节最大背屈角度明显改善,这与足弓贴扎可增强胫骨前肌的肌肉活动有关^[24]。结合肌内效贴具有的通过增加皮下血流,改善肌肉能量代谢和收缩能力,进而控制关节的主动活动范围的作用^[24],

本研究还选择了足跟形态矫正贴扎和足底感觉输入的贴扎方案。本课题组认为,足跟形态矫正贴扎结合踝背屈联合跖屈肌群功能训练,在矫正足部力线排列的同时,还可增加踝关节的稳定性控制能力。Lin 等^[25]的研究发现,足踝的稳定性贴扎能够改善踝关节不稳者足触地时的震荡吸收能力,增加垂直方向地反力和足触地时的姿势控制。本研究结果显示,治疗组患者在治疗 12 周后,其承重反应期垂直方向 GRF1、支撑相踝关节外翻角度和踝关节最大功率较对照组均明显改善,说明踝足力线排列和踝关节的稳定性均改善。

研究证明,踝足肌群肌力训练可通过增强和调节肌肉功能来改善足部运动学功能^[26]。足底感觉输入贴扎结合足底跖屈肌群的功能训练可通过改善足底肌群的收缩能力,代偿因韧带松弛等原因导致的足弓塌陷问题,同时改善扁平足导致的疼痛等问题。Chen 等^[29]的研究也证明,足底筋膜贴扎可有效地缓解足部疼痛,降低运动状态下的损伤风险。

本研究结果还显示,肌内效贴贴扎结合踝足肌群肌力训练治疗 12 周后,治疗组患儿的步长、步速明显增加,提示其步行效率的改善;步宽明显减小,则表明步行的平衡稳定性提高。研究表明,扁平足早期对步态的影响主要体现在踝关节方面,对踝关节的运动功能和关节做功均有影响^[22]。本课题组认为,本研究所采用的综合治疗方案在改善柔韧性扁平足儿童踝关节运动范围的同时,可帮助下肢在足初始着地前完成更好的姿势准备,而良好的姿势准备有利于提高足触地时踝关节震荡吸收能力,减少能量消耗,改善步行功能。

综上所述,肌内效贴贴扎结合踝足肌群肌力训练,可改善柔韧性扁平足患儿踝关节的屈伸运动范围,纠正其关节异常的运动角度,提高踝关节做功能力,增加步长、步速,提高步行效率。本研究存在样本量较少,随访周期较短的问题,有待今后的工作中进一步完善。

表 2 2 组患者治疗前、后足底压力和步态参数比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	AI	踝关节最大背屈 角度(°)	踝关节最大跖屈 角度(°)	STP 踝关节平均外翻 角度(°)	膝关节最大屈曲 角度(°)
治疗组						
治疗前	22	29.96±1.76	6.88±4.14	20.16±6.58	0.19±0.36	64.48±4.97
治疗后	22	29.05±1.92 ^a	8.51±3.82 ^a	17.59±6.32 ^a	-0.29±0.23 ^{ab}	63.83±4.82 ^b
对照组						
治疗前	22	29.66±2.06	8.04±3.12	16.73±7.42	0.32±0.61	65.11±6.01
治疗后	22	28.71±2.04 ^a	8.63±4.29	16.48±4.68	0.16±0.52	64.43±5.64

组别	例数	GDI	踝关节最大功率 (W/kg·m)	承重反应期 垂直方向 GRF1 (N/kg·G)	步长(cm)	步速(cm/s)	步宽(cm)
治疗组							
治疗前	22	81.81±9.63	1.59±0.51	1.12±0.15	41.68±6.71	94.30±14.40	10.23±1.37
治疗后	22	84.17±7.52 ^a	1.90±0.48 ^a	1.14±0.09 ^{ab}	43.27±7.39 ^a	99.94±14.51 ^a	9.80±1.47 ^{ab}
对照组							
治疗前	22	77.69±11.40	1.36±0.59	1.13±0.09	38.16±7.83	86.70±18.01	11.23±2.77
治疗后	22	80.95±9.40 ^a	1.45±0.48	1.10±0.06	40.73±5.81 ^a	89.83±11.19	10.71±2.11

注:与组内治疗前比较,^a $P<0.05$;与对照组治疗后比较,^b $P<0.05$

参 考 文 献

- [1] Kanath U, Aktas E, Yetkin H. Do corrective shoes improve the development of the medial longitudinal arch in children with flexible flat feet[J]? J Orthop Sci, 2016, 21(5):662-666. DOI: 10.1016/j.jos.2016.04.014.
- [2] Hell AK, Döderlein L, Eberhardt O. S2-Guideline pediatric flat foot [J]. Z Orthop Unfall, 2018, 156(3):306-315. DOI: 10.1055/s-0044-101066.
- [3] Lepow GM, Valenza PL. Flatfoot overview[J]. Clin Podiatr Med Surg, 1989, 6(3):477-489.
- [4] Carr JB 2nd, Yang S, Lather LA. Pediatric pes planus: a state-of-the-art review[J]. Pediatrics, 2016, 137(3):1-10. DOI:10.1542/peds.2015-1230.
- [5] Chen KC, Yeh CJ, Tung LC, et al. Relevant factors influencing flat-foot in preschool-aged children[J]. Eur J Pediatr, 2011, 170(7):931-936. DOI:10.1007/s00431-010-1380-7.
- [6] Pfeiffer M, Kotz R, Ledl T, et al. Prevalence of flat foot in preschool-aged children [J]. Pediatrics, 2006, 118(2):634-639. DOI: 10.1542/peds.2005-2126.
- [7] Needleman RL. Current topic review: subtalar arthroereisis for the correction of flexible flatfoot[J]. Foot Ankle Int, 2005, 26(4):336-346. DOI:10.1007/s00586-005-0917-3.
- [8] Shin HS, Lee JH, Kim EJ, et al. Flatfoot deformity affected the kinematics of the foot and ankle in proportion to the severity of deformity [J]. Gait Posture, 2019, 72:123-128. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2019.06.002.
- [9] Smyth NA, Aiyer AA, Kaplan JR, et al. Adult-acquired flatfoot deformity[J]. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2017, 27(4):433-439. DOI: 10.1007/s00590-017-1945-5.
- [10] Sheng Y, Kan S, Wen Z, et al. Effect of Kinesio Taping on the walking ability of patients with foot drop after stroke[J]. Evid Based Complement Alternat Med, 2019, 2019:2459852. DOI: 10.1155/2019/2459852.
- [11] Yang SR, Heo SY, Lee HJ. Immediate effects of kinesio taping on fixed postural alignment and foot balance in stroke patients[J]. J Phys Ther Sci, 2015, 27(11):3537-3540. DOI: 10.1589/jpts.27.3537.
- [12] Fereyounnia S, Shadmehr A, Moghadam BA, et al. Improvements in strength and functional performance after kinesio taping in semi-professional male soccer players with and without functional ankle instability [J]. Foot, 2019, 41:12-18. DOI: 10.1016/j.foot.2019.06.006.
- [13] Yam TTT, Wong MS, Fong SSM. Effect of kinesio taping on electromyographic activity of leg muscles during gait in children with developmental coordination disorder: a randomized controlled trial[J]. Medicine, 2019, 98(6):e14423. DOI: 10.1097/MD.00000000000014423.
- [14] 陈文华, 余波. 软组织贴扎技术基础与实践[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2017:95-103.
- [15] Yan SH, Zhang K, Tan GQ, et al. Effects of obesity on dynamic plantar pressure distribution in Chinese prepubescent children during walking [J]. Gait Posture, 2013, 37(1):37-42. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2012.05.018.
- [16] Kadaba MP, Ramakrishnan HK, Wootten ME. Measurement of lower extremity kinematics during level walking[J]. J Orthop Res, 1990, 8(3):383-392. DOI: 10.1002/jor.1100080310.
- [17] Kim HY, Shin HS, Ko JH, et al. Gait analysis of symptomatic flatfoot in children: an observational study [J]. Clin Orthop Surg, 2017, 9(3):363-373. DOI: 10.4055/cios.2017.9.3.363.
- [18] Hosl M, Bohm H, Multerer C, et al. Does excessive flatfoot deformity affect function? A comparison between symptomatic and asymptomatic flatfeet using the Oxford Foot Model [J]. Gait Posture, 2014, 39(1):23-28. DOI:10.1016/j.gaitpost.2013.05.017.
- [19] Schwartz MH, Rozumalski A. The gait deviation index: a new comprehensive index of gait pathology[J]. Gait Posture, 2008, 28(3):351-357. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2008.05.001.
- [20] Labovitz JM. The algorithmic approach to pediatric flexible pes planovalgus [J]. Clin Podiatr Med Surg, 2006, 23(1):57-76. DOI: 10.1016/j.cpm.2005.10.001.
- [21] Zhai J, Qiu Y, Wang J. Does flexible flatfoot require treatment? Plantar pressure effects of wearing over-the-counter insoles when walking on a level surface and up and down stairs in adults with flexible flatfoot [J]. J Am Podiatr Med Assoc, 2019, 109(4):299-304. doi: 10.7547/16-103.
- [22] Tsai FH, Chu IH, Huang CH, et al. Effects of taping on achilles tendon protection and kendo performance[J]. J Sport Rehabil, 2018, 27(2):157-164. DOI: 10.1123/jsr.2016-0108.
- [23] Siu WS, Shih YF, Lin HC. Effects of Kinesio tape on supporting medial foot arch in runners with functional flatfoot: a preliminary study [J]. Res Sports Med, 2020, 28(2):168-180. DOI: 10.1080/15438627.2019.1638258.
- [24] Mak DN, Au IP, Chan M, et al. Placebo effect of facilitatory kinesio tape on muscle activity and muscle strength [J]. Physiother Theory Pract, 2019, 35(2):157-162. DOI: 10.1080/09593985.2018.1441936.
- [25] Lin CC, Chen SJ, Lee WC, et al. Effects of different ankle supports on the single-leg lateral drop landing following muscle fatigue in athletes with functional ankle instability [J]. Int J Environ Res Public Health, 2020, 17(10):34-38. DOI: 10.3390/ijerph17103438.
- [26] Okamura K, Fukuda K, Oki S, et al. Effects of plantar intrinsic foot muscle strengthening exercise on static and dynamic foot kinematics: a pilot randomized controlled single-blind trial in individuals with pes planus [J]. Gait Posture, 2020, 75:40-45. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2019.09.030.

(修回日期:2023-01-02)

(本文编辑:阮仕衡)