

儿童足弓发育与扁平足的研究进展



陈善本¹ 综述 鲍琨² 陈博昌² 审校

足是人体重要的负重器官和运动器官,参与人体运动和支撑等重要功能。行走时,足起着杠杆作用,以增加小腿向前的推力,足弓像弹簧一样传递运动中的作用力,使人行走时耗能最少而效率最高。足弓的发育异常会导致扁平足和其他畸形,扁平足可继发于其他系统病变,严重影响生活质量。目前关于足弓发育的研究逐渐增多,集中在探索足弓发育的影响因素上,通过研究足弓发育的影响因素以明确疾病过程和提出解决方案。现就儿童足弓发育与扁平足的研究进展综述如下。

一、足弓的定义及解剖结构

足弓是由跗骨与跖骨借助韧带、肌肉和关节连结而成的拱形结构,可分为内侧纵弓(MLA)、外侧纵弓(LLA)及横弓(TA)(见图1)。足弓是人体直立、行走及负重的触地装置,其增加了足的弹性,使足成为具有弹性的“三脚架”,其弹性能缓冲地面对身体产生的震荡,保护足底血管和神经免受压迫。

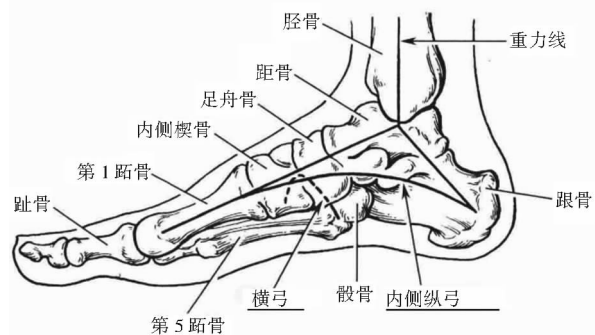


图1 足弓

Fig. 1 Foot arch

二、足的发育过程

胚胎第3~5周胎儿下肢开始发育,第3周器官开始生成,体节形成;第4周可辨出肢芽,体节的生骨层经过多重分化形成了婴儿的软骨组织、骨性组织、血管和神经组织;第7周桨形足板(Paddle-shaped foot plate)形成,密集细胞形成可辨认的趾

列,趾列之间疏松的间质细胞在经历细胞凋亡后形成分开的足趾,如细胞凋亡过程障碍可形成并趾;胚胎期末骨组织开始生发,并在出生之前,跟骨、距骨、舟骨的骨化中心出现^[1]。出生时正常足有轻度背伸和外翻,1岁时足底跖面因脂肪较多,足纵弓不明显,2岁时足底跖面脂肪渐消失,外翻减轻,足纵弓和横弓开始显著,Gould^[2]用X线研究了11个月至5岁儿童,并随访4年,发现足MLA在前5年发育迅速,之后足的骨骼逐渐趋于成熟。男孩平均在16岁时足部骨骼发育成熟,女孩平均在14岁时发育成熟^[3]。从出生到8岁,因为骨的生长和塑形,足部骨骼在关节力线和活动度上可以发生许多变化。此外神经肌肉运动的正常发育对婴儿足部骨骼从可塑形态转变为稳定形态的动态变化非常重要^[4]。

三、足弓及发育不良

足由7块跗骨、5块跖骨及14块趾骨和超过30个关节组成,又可分为前足、中足和后足。前足和中足包括舟骨、楔骨、骰骨和跖骨,其形成纵弓的前半部;后足包括距骨和跟骨,形成纵弓的后半部。正常MLA的最高点为距骨头,前端的承重点在第1跖骨头,后端的承重点为跟骨结节,在行走时MLA可传递向前的推力并缓冲震荡;LLA的最高点在骰骨,在行走时可使足稳固着地;MLA较LLA高,活动性大,更具有弹性;TA的最高点在中间楔骨,呈半穹窿形,其可通过跖骨头传递力。

足有三大基本功能:支撑、吸收震荡和负重^[5]。其结构和功能受许多因素影响,足弓的发育不良将导致扁平足。

(一) 扁平足概述

扁平足是被用来描述任何导致足MLA异常低下或缺失的一个通用术语^[6]。长期以来儿童和青少年扁平足被认为是由于足MLA低下或完全塌陷而引起^[7]。至今尚无准确地临床或放射学标准来定义何为扁平足。扁平足不同于平足症,扁平足并不都是病,应理解为是人类足型的一种存在。只有扁平足伴发站立或行走疼痛等症状时,才被称为平足症。30年前Tachdjian和Rose都意识到平足症明确的定义和分类的重要性,对儿童平足症的评估有

必要制定一个标准的框架。

扁平足的解剖结构表现为 MLA 发育异常或消失,距下关节旋前,跟骨外翻;功能上距下关节和距舟关节因压力异常而早发退变,踝关节也可退变。虽然扁平足不会导致残疾,但平足症患者常表现为行走速度下降,足底高压分布。因扁平足导致小儿耐力下降以及主动退出体育活动也引起扁平足儿童家长的普遍关心,此外扁平足还可继发一系列畸形,如脊柱侧凸和姿势性问题。

(二) 扁平足的分型

1947 年 Harris 和 Beath^[8] 在研究中提出扁平足的大致分型,包括:柔韧性平足,又称弹性平足。绝大多数扁平足都是柔韧性平足,非负重状态下存在正常足弓,负重后足弓消失。这一类扁平足很少引起症状;另一类是僵硬性平足,这类扁平足在非负重状态下足弓表现低平,多由舟骨、跟骨、距骨等跗骨联合畸形而引起,症状可较严重。多数儿童的扁平足并无疼痛^[9,10]。但僵硬性平足是进展性的,中、晚期可出现疼痛,需要详细检查和仔细诊断。

(三) 扁平足的易感因素

扁平足可分为生理性和非生理性两类,生理性扁平足的易感因素主要包括:年龄,性别,体重,关节过度活动,鞋类使用等;非生理性儿童扁平足主要包括四类人群:神经性(如脑瘫,肌张力减退),肌肉性(如肌营养不良,肌萎缩),遗传性(如成骨不全,马凡综合征),胶原性(如韧带松弛)。其他易感因素包括创伤,矫形(如跗骨融合,马蹄足,跟骨外翻,胫骨外翻、副舟骨)或家族易感性^[11,12]。

1. 年龄:有学者认为柔韧性平足是一种发育性缺陷,并不属于矫形外科范畴,这种缺陷会随着年龄增加而逐渐消失^[10]。MLA 会随着年龄而自然发育^[5]。Pfeiffer^[13] 调查了 835 名 3~6 岁儿童,认为 2~6 岁儿童这种发育最明显。Lin^[14] 等使用步态分析系统研究了 377 名 2~6 岁儿童,观察到扁平足的流行与年龄显著相关。在 2~6 岁年龄组中,中度扁平足的检出率依次为 43%、31%、24%、19%;重度扁平足的检出率依次为 14%、9%、4%、2%。Rao 和 Joseph 调查 2 300 名 4~13 岁儿童后,发现平足的发生率随着年龄增加而逐渐减少^[15]。Chang^[16] 等在 2 083 名 7~12 岁儿童中观察到扁平足检出率依次为 69.8%、77.5%、62.7%、57.1%、46.3%、39%,可见 7~8 岁儿童平足的流行较其他年龄组明显要高。

上述作者共研究了 7 304 名 2~18 岁儿童扁平

足检出情况,得出较为统一的观点是扁平足的发生与年龄的增加呈负相关。在足弓发育年龄研究方面,Rose^[17] 认为足弓的形态由年龄和遗传因素决定,6 岁是足弓发育的关键年龄。Villeroya 等认为 9 岁是足 MLA 发育成熟的年龄^[18]。张丽华等^[19] 使用足印比值法研究 1 629 名 3~18 岁儿童青少年发现足弓高度男性在 11 岁,女性在 9 岁出现突增高峰。Volpon 认为大多数儿童在 12 岁时足的结构发育成熟^[20]。然而 Jolanta^[21] 在 80 名 7~15 岁青少年的研究却发现在 12 岁后足弓高度有一快速增长期。由此可见各研究者对 MLA 发育成熟年龄、扁平足的分类及分度上还存在争议。

2. 性别:多家文献报道了男性扁平足多于女性。Stavlas^[22] 等使用动态足印法调查了 5 866 名 6~17 岁人群足形态变化后得出相同年龄段男孩扁平足多于女孩的结论。Wozniacka^[5] 等在 1 115 名 3~13 岁儿童中观察到女孩双足扁平足检出率 6.2%,而男孩左足扁平足检出率为 12.1%,右足为 11.5%,均高于女孩扁平足检出率。Pfeiffer^[13] 等调查了 835 名 3~6 岁年龄段儿童得出扁平足的发生率男孩高于女孩。Chang^[16] 的研究结果表明男性扁平足发生率是女性的 2 倍还要多,且不论男女均在 8 岁时扁平足发生率达到顶峰。Mickle^[23] 等学龄前儿童的研究中发现男性扁平足多于女性。所有作者研究了共 9 937 名 2~17 岁儿童扁平足发生的性别情况,均得出男性扁平足多于女性的结论。然而 El^[7] 在 579 名 6~12 岁儿童扁平足研究中发现女孩相对男孩关节更偏松弛,活动偏过度,导致扁平足较男孩多。出现男性扁平足多于女性这种差异可能是因为男性足 MLA 发育较晚。

3. 体重:体重在儿童扁平足发生过程中有重要作用。许多调查表明儿童足的姿态和体重有联系^[13,23]。Mauch^[25] 等观察到与正常体重儿童相比,体重不足的儿童扁平足发生率要低一些。Chang^[16] 在研究中也得到相同结论,所阅文献作者都认为那些超重或者肥胖的儿童比正常体重儿童足的形态更扁平。有研究观察到随体重的增加扁平足的发生率亦随之增加^[16,20]。Riddiford^[26] 等研究表明从 8 岁开始,若超重或肥胖状态持续到成年,足结构的改变会对 MLA 的功能造成致伤性改变。Dowling^[26] 和 Villarroja^[27] 用基于足印的方法发现在青少年儿童中体重的增加与扁平足的发生有明显正相关性。Pfeiffer^[13]、Mickle^[23] 和 Lin^[14] 分别研究了学龄前期儿童足的后跟角,足印足弓指数和步态分析,结果显

示正常体重儿童约 42% 有扁平足,超重儿童约 51% 有扁平足,肥胖者约 62% 有扁平足。所有作者的研究均表明超重或肥胖与扁平足发生有关,体重的增加或许影响了足弓的发育,进而使足表现为扁平。

然而 Evans^[28] 在 140 名 7~10 岁儿童的体检中得到体重增加,扁平足发生减少的结果,Pfeiffer^[13] 也报道了 6 岁以下体重不足儿童的扁平足是正常体重儿童的 2 倍。这些有分歧的结果表明在分析体重和扁平足关系之间的相关性时,不能忽略发育阶段的各种因素,且不同学者的研究方法及其评估标准亦存在差异。

4. 韧带松弛(hypermobility): 1986 年 Wenger 和 Leach^[29] 认为弹性平足仅仅是先天性关节韧带松弛的一种表现,足弓表现异常是因为韧带松弛引起足部过度活动和足底压力异常分布的原因。用 Beighton 量表可对关节松弛做一简单评估,在 9 分的量表中得分 ≥ 5 分表明存在关节韧带松弛,有过度活动^[30]。El^[7] 在弹性平足的研究发现过度活动的儿童中有 27.6% 存在扁平足,而非过度活动的儿童中仅 13.4% 存在扁平足。Lin^[14] 发现在中重度扁平足儿童关节松弛得分增加,而正常或轻度扁平足儿童得分较低。关节松弛与肌肉骨骼关节疼痛及步态姿势等有普遍的联系^[4]。关节松弛往往是家族性的,更多见于女孩,其随着年龄增加得以改善,可能与肌肉骨骼逐渐发育成熟,相关肌肉和韧带结构的力量得以加强有关。除了关节松弛外,肌肉在弹性平足的发生中亦起着重要作用。Dyal^[31] 等结合重度扁平足儿童的症状表现用 X 线评估了重度扁平足的距舟关节覆盖程度、距跖角、跟跖角、楔骨高度后,认为胫后肌腱功能不全发生在扁平足之前。Lin^[14] 等在步态分析研究中发现中重度扁平足儿童行走较慢,伴轻微膝外翻。因儿童骨骼肌肉尚未完全发育成熟,故可以推测扁平足的发生与相关肌肉力量不足有关。

5. 足底脂肪垫学说: 足底脂肪垫在 2~5 岁期间随足弓的形成逐渐消失^[24],学龄前期的足底脂肪垫会引起扁平足的高检出率,一个比较流行的说法是平足伴有肥胖者是因为其有一个较大的足底脂肪垫。然而 Mickel^[32] 等在一份 38 人年龄 4 岁左右的样本中使用超声测量足底脂肪垫厚度,进行对比研究后发现学龄前期肥胖儿童和非肥胖儿童的足底脂肪垫的厚度没有明显差异,肥胖或超重儿童足底脂肪垫厚度约 (4.3 ± 0.6) mm,正常体重儿童足底脂肪垫厚度约 (4.1 ± 0.6) mm, $P = 0.04$ 。因此不能用

厚的脂肪垫来解释超重和肥胖儿童扁平足的原因。有学者假设肢体过度负重会导致足弓低平,MLA 的异常导致足关节对位对线的改变,这种假设已经被 Villarroya^[27] 等在一份样本量为 58 人,年龄 9~16.5 岁的肥胖儿童中得到了证实。因此,并不是足底脂肪垫导致了扁平足,而是肥胖或超重导致足过度负重引起足纵弓的低平,从而表现为扁平足。

6. 地理因素: 有学者认为扁平足的发生和居住地亦有关联。Rao 和 Joseph^[15] 使用足印法在 2 300 名 4~13 岁印度儿童扁平足研究中发现扁平足多见于穿鞋子的儿童,检出率为 8.6%,较少见于穿拖鞋者,检出率为 2.8%,而赤脚儿童扁平足最少见,与欧洲人群相比扁平足检出率较低。他们认为印度儿童在 1 岁时赤脚行走的习惯可能会增加足 MLA 的高度,从而降低扁平足的发生。Echarri 和 Forriol^[34] 的研究表明很大一部分扁平足发生在城市儿童,Jolanta^[21] 在一份样本量为 80 例、年龄在 7~15 岁症状性扁平足患者的研究中得出城市儿童的足弓较乡村儿童足弓低的结论。

然而 Didia^[34] 等的研究表明尼日利亚学龄期儿童扁平足少见,且早期穿鞋能预防扁平足。这种差异可能与其样本选择及评估方法有关。

四、小结

儿童时期足的正常发育尤其是足弓的发育对成年期足的活动与功能极为重要。本文主要介绍了足弓发育异常所致扁平足的基本情况。对于扁平足需明确的是,扁平足不等于平足症,扁平足是人类足型的一种存在,当扁平足者合并行走疼痛等症状时才能诊断为平足症,平足症患者一般需要治疗以矫正畸形。从文献回顾可知扁平足的易感因素包括年龄、性别、体重、关节活动和鞋类使用等。

参考文献

- 1 Stuart L. Weinstein, John M. Flynn, Lovell and Winter's pediatric orthopaedics [M]. 7th ed. Philadelphia: PA Lippincott, 2012: 9-11.
- 2 Gould N, Moreland M, Alvarez R, et. al. Development of the child's arch [J]. Foot Ankle. 1989, 9: 241-245.
- 3 潘少川. 实用小儿骨科学 [M]. 第 2 版. 北京: 人民卫生出版社, 2005: 117-118.
- 4 Evans AM. The Pocket Podiatry Guide: Paediatrics [M]. New York, NY: Churchill Livingstone Elsevier, 2010: 86-88.
- 5 Wozniacka R, Bac A, Matusik SE, et. al. Body weight and the medial longitudinal foot arch: high-arched foot, a hidden

- problem? [J]. Eur J Pediatr, 2013, 172: 683 - 691.
- 6 Tachdjian MO. The Child's Foot [M]. Philadelphia, PA: WB Saunders Co. 1985: 102-108.
- 7 El O, Akcali O, Kosay E, et al. Flexible flatfoot and related factors in primary school children: a report of a screening study [J]. Rheumatol Int, 2006, 26: 1050 - 1053.
- 8 Harris RI, Beath T. Army foot survey. Ottawa: National Research Council of Canada. 1947.
- 9 Giannestras NJ. Recognition and treatment of flatfeet in infancy [J]. Clinical Orthopedics and Related Research, 1970, 70: 10-29.
- 10 Rodriguez AG, Jimenez FM, Varo MC, et al. Flexible flat feet in children: a real problem? [J]. Pediatrics, 1999, 103 (6): e84.
- 11 Harris EJ. The natural history and pathophysiology of flexible flatfoot [J]. Clin Podiatr Med Surg, 2010, 27: 1-23.
- 12 Harris EJ, Vanore JV, Thomas JL, et al. Diagnosis and treatment of pediatric flatfoot [J]. J Foot Ankle Surg, 2004, 43: 341-373.
- 13 Pfeiffer M, Kotz R, Ledl T, et al. Prevalence of flat foot in preschool-aged children [J]. Pediatrics, 2006, 118: 634 - 639.
- 14 Lin CJ, Lai KA, Kuan TS, et al. Correlating Factors and Clinical Significance of Flexible Flatfoot in Preschool Children [J]. J Pediatric Orthopaedics, 2001, 21: 378-382.
- 15 Rao UB, Joseph B. The influence of footwear on the prevalence of flat foot [J]. J Bone Joint Surg, 1992, 74-B: 525 - 527.
- 16 Chang JH, Wang SH, Kuo CL, et al. Prevalence of flexible flatfoot in Taiwanese school-aged children in relation to obesity, gender, and age [J]. Eur J Pediatr, 2010, 169: 447 - 452.
- 17 Rose GK. Flat feet in children [J]. BMJ, 1990, 301: 1330.
- 18 Villarroya MA, Esquivel JM, Tomas C, et al. Foot structure in overweight and obese children [J]. Int J Pediatr Obes, 2008, 3: 39-45.
- 19 张丽华, 回俊岭, 陈树君, 等. 沧州市 1 629 名儿童青少年足弓发育状况 [J]. 中国学校卫生, 2007, 28 (6): 532 - 533.
- 20 Volpon JB. Footprint analysis during the growth period [J]. J Pediatr Orthop, 1994, 14: 83.
- 21 Pauk J, Ezerskiy V, Raso J V, et al. Epidemiologic Factors Affecting Plantar Arch Development in Children with Flat Feet [J]. J Am Podiatr Med Assoc, 2012, 102-2: 114-121.
- 22 Stavlas P, Grivas TB. The evaluation of foot morphology in children between 6 and 17 years of age: a cross-sectional study based on footprints in a Mediterranean population [J]. J Foot Ankle Surg, 2005, 44 (6): 424-428.
- 23 Mickel KJ, Steele JR, Munro BJ. The feet of overweight and obese young children: are they flat or fat? [J]. Obesity (Silver Spring), 2006, 14: 1949-1953.
- 24 Mauch M, Grau S, Krauss I, et al. Foot morphology of normal, underweight and overweight children [J]. Int J Obes (Lond), 2008, 32: 1068-1075.
- 25 Riddiford-Harland DL, Steele JR, Storlien LH. Does obesity influence foot structure in prepubescent children? [J]. Int J Obes Relat Metab Disord, 2000, 24: 541-544.
- 26 Dowling AM, Steele JR, Baur LA. Does obesity influence foot structure and plantar pressure patterns in prepubescent children? [J]. Int J Relat Metab Disord, 2001, 25: 845 - 852.
- 27 Villarroya MA, Esquivel JM, Tomas C, et al. Assessment of the medial longitudinal arch in children and adolescents with obesity: footprints and radiographic study [J]. Eur J Pediatr, 2009, 168: 559-567.
- 28 Evans AM. The paediatric flat foot and general anthropometry in 140 Australian school children aged 7-10 years [J]. J Foot Ankle Res, 2011, 4 (12): 1-7.
- 29 Wenger DR, Leach J. Foot deformities in infants and children [J]. Pediatr Clin North Am, 1986, 33: 1411-1427.
- 30 Van der Geissen LJ, Liekens D. Validation of beighton score and prevalence of connective tissue signs in 773 Dutch children [J]. J Rheumatol, 2001, 28: 2726-2730.
- 31 Dyal CM, Feder J, Deland JT, et al. Pes planus in patients with posterior tibial tendon insufficiency: asymptomatic versus symptomatic foot [J]. Foot Ankle Int, 1997, 18: 85 - 88.
- 32 Mickel KJ, Steele JR, Munro BJ. Is the foot structure of preschool children moderated by gender? [J]. J Pediatr Orthop, 2008, 28: 593-596.
- 33 Echarria JJ, Forriolb F. The development in footprint morphology in 1851 Congolese children from urban and rural areas, and the relationship between this and wearing shoes [J]. J Ped Orthop B, 2003, 12: 141-146.
- 34 Didia BC, Omu ET, Obuoforibo AA. The use of footprint contact index II for classification of flat feet in a Nigerian population [J]. Foot Ankle, 1987, 7: 285-289.

(收稿日期: 2016-02-21)

(本文编辑: 王爱莲)