

胫后肌腱功能不全的临床分期与治疗

俞光荣 夏江

胫后肌腱功能不全 (posterior tibial tendon dysfunction, PTTD) 是导致成人获得性扁平足 (adult-acquired flatfoot deformity, AAFD) 最常见的原因^[1-2]。目前认为, PTTD 的发生由肌腱退变、微创伤、炎症、副舟骨及全身系统性疾病等多种原因综合所致。临床上, PTTD 的典型畸形包括后足外翻、前足外展、足纵弓塌陷及随着后足外翻逐渐加重而出现的代偿性前足旋后。PTTD 患者多见于 40 岁以上的中年妇女, 其症状随着畸形的进展逐渐加重。早期可无症状或仅表现为胫后肌腱 (posterior tibial tendon, PTT) 走行区域的轻度肿胀或疼痛; 随着病情的发展, 可出现内踝后方、后足及足纵弓的疼痛, 逐渐出现足弓扁平, 步态异常, 影响穿鞋和日常行走; 最后疼痛会累及跗骨窦和外踝。PTTD 是足踝外科的常见病, 疾病的发展会对患者的行走功能造成严重影响, 因此熟悉其相关基础知识, 掌握其临床分期和治疗原则是每个足踝外科医生的必修课。

一、PTT 的功能解剖与病理、生理

胫后肌在小腿中上 1/3 处起自胫腓骨骨间膜、胫骨后缘比目鱼肌线以下及腓骨后内侧面, 位于小腿三头肌深面, 走行于踇长屈肌和趾长屈肌之间。肌束在小腿下部移行于腱, PTT 向内下, 行于趾长屈肌深面。经过内踝后方踝管, 包以腱鞘, 行于三角韧带浅层表面和屈肌支持带深面, 进入足底内侧缘。PTT 在足部止点较为广泛, Bloome 等^[3]通过尸体解剖, 将其足部止点分为三束: 前侧束, 止于舟骨粗隆、舟楔关节关节囊下方、内侧楔骨下方; 中间束, 止于中间/外侧楔骨、骹骨、二至四跖骨基底部; 后侧束, 止于载距突。其中前侧束最为广泛, 约占 PTT 止点的 65%, 而中间束和后侧束则分别占 15% 和 20%。

胫后肌是腓骨短肌的主要拮抗肌, 其作用主要是在步态周期的支撑期抵抗后足的外翻。具体来说, 在足跟着地期, 它可以限制后足外翻, 起到距下关节的减震作用; 在支撑中期, 胫后肌可以内翻距下关节, 将跗横关节锁死, 形成推进期坚强的杠杆, 增强小腿三头肌推进的效率; 在推进期, 可加速距下关节的旋后, 辅助足跟离地^[4]。而 PTTD 时 PTT 出现功能障碍, 在支撑中期, 无法充分内翻锁死距下关节, 中足无法形成有力的支撑杠杆, 小腿三头肌作用止点向近端移动至距舟关节, 造成中足压力增加, 最终导致中足塌陷、前足外展, 即距骨周围外侧半脱位^[4]。另外, 由于 PTT 无法对抗腓骨短肌的外翻应力, 所以跟腱的作用力落到距下关节轴线外侧, 导致后足过度外翻。小腿三头肌的逐步过度收缩会导致持续、僵

硬的后足外翻, 并进一步加重内、外侧的软组织不平衡, 最终导致内侧纵弓的静态平衡系统失效, 其中弹簧韧带复合体 (spring ligament complex) 最容易出现撕裂, 三角韧带及整个内侧柱复合体也会因持续的后足外翻而承受过度的应力, 并逐渐失效^[5]。最终所有这些改变会导致中足和后足各关节的退变。

二、临床表现

PTTD 多由肌腱退变所致, 病情进展较缓慢; 若为年轻患者, 则全身系统性疾病致病的可能性较大, 如血清阴性脊柱关节病 (seronegative spondyloarthropathy) 等, 病情进展较快, 可能早期出现 PTT 的撕裂^[6]。根据畸形进展情况不同, PTTD 的临床表现存在较大差异。柔软的畸形一般不伴有关节解剖形态的改变, 而僵硬的畸形则可同时合并严重的骨关节炎; 病变早期患者可有内侧 PTT 走行处的疼痛和肿胀, 后期则可能因为腓骨下撞击而导致外侧疼痛, 并可表现为后足外翻、足弓塌陷、前足外展及前足代偿性旋后等。临床检查时可发现多趾征阳性, 双足提踵或单足提踵减弱甚至不能, 以及第一跖骨上抬试验阳性^[7] (检查者使足跟位于被动内翻位并使之内旋, 第一跖骨随之上抬即为阳性) 等。Hintermann 和 Gächter^[7]指出第一跖骨上抬试验较其他方法更为敏感, 可以用于 PTTD 的早期诊断。临床上对制定手术方案起决定作用的是判断畸形柔软还是僵硬, 然后再考虑是否保留关节, 而这就需要针对不同时期 PTTD 的临床表现进行临床分期, 以指导治疗方案的制定。

三、临床分期

临床上对 PTTD 进行分期的标准主要有两点, 即 PTT 退变的病理进程和足部畸形的进展情况, 其目的均是为了明确 PTTD 的病变程度以制定合理的治疗方案。1989 年, Johnson 和 Strom^[8]提出将 PTTD 分为三期: I 期, 出现 PTT 的滑膜炎, 没有肌腱断裂或失效, 没有足部畸形和功能异常, 后足力线正常, 可有轻到中度的局部肿痛, 多趾征阴性, 单足提踵试验可轻度减弱; II 期, PTT 拉长、退变或撕裂, 伴有明显的功能减退, 出现柔软的平足畸形, 后足外翻畸形尚可矫正, 可伴有前足外展, PTT 走行区域中度疼痛, 多趾征阳性, 单足提踵试验明显减弱; III 期, PTT 明显退变, 出现明显的后足僵硬外翻畸形, 中足及后足显著退变, 前足僵硬性内翻, 伴小腿三头肌挛缩, 此期足内侧疼痛常减轻, 但会伴有外踝疼痛加剧, 单足不能提踵。1997 年, Myerson^[9]补充了第 IV 期, 即持续的非正常外翻倾斜负荷造成了胫距关节骨关节炎, 伴有距骨在踝穴内的外翻倾斜及三角韧带的失效。

Johnson 和 Strom 的临床分期法目前应用最为广泛, 其中 II 期临床上最为常见, 也是 PTTD 由出现明显症状发展到僵

硬畸形的关键过渡期,因此对此期患者给予及时恰当的治疗对控制病情发展尤为重要。但此分期法对 II 期的描述相对笼统,而临床上针对此期的治疗方式超过 30 余种,故有必要针对 II 期进行进一步细化,以增强其指导治疗的针对性。

Vora 等^[10]不同程度地预先切断新鲜足标本的韧带,然后再进行循环加压,得到两个不同程度的 PTTD II 期畸形模型,轻度和重度畸形模型的距骨-第一跖骨角、距舟关节重叠角和中间楔骨高度均有显著性差异。其中轻度畸形模型经模拟跟骨内移截骨(medialising calcaneal osteotomy, MCO)和趾长屈肌腱(flexor digitorum longus, FDL)转位即可矫正;而重度畸形模型采用上述手术无法完全矫正,需辅以距下关节制动术(subtalar arthrocreisis)。因此,Vora 等指出需根据距舟关节未覆盖角和距骨-第一跖骨角的不同来区别 II 期的亚型。在随后的临床研究中,很多学者从不同的角度提出 II 期亚型的分型方法,主要根据前足外展和旋后两种畸形的不同程度来划分。Deland 等^[11]在比较不同分期 PTTD 的治疗结果时提出可根据前足外展程度将 II 期分为 II a 和 II b 两个亚型,前者指从中足近端开始出现轻微的外展畸形,后者指出现明显的外展畸形,负重前后位 X 线片上距骨头未覆盖率>30%。Parsons 等^[12]根据前足旋后的严重程度和是否可矫正将 II 期分为 3 个亚型:II A 期指前足旋后<15°的柔软畸形;II B 期指前足旋后>15°的柔软畸形;II C 期指前足旋后>15°的僵硬畸形。2007 年,Bluman 等^[13]根据临床表现和影像学表现的细微差异对 Johnson 和 Strom 的四期法进行细化,其中 II 期被分为 3 个亚型:II A 期又根据后足外翻时前足代偿性内翻是否僵硬分为 II A-1 和 II A-2 期;II B 期指伴有前足外展;II C 期指出现内侧柱的不稳定。最近,Anderson^[14]在上述研究基础上提出 II 期的一种新的细化方法,综合了前足外展和旋后两种畸形的特点:在负重正位 X 线片上距骨周围外侧半脱位<50%为 II A 期,距骨周围外侧半脱位>50%为 II B 期,若在 II A/B 期的基础上还伴有前足僵硬性的旋后,且无后足僵硬性畸形和关节退行性改变即为 II A(c)或 II B(c)期。Anderson 的细化方法和上述其他方法相比更为全面且简单实用,我们认为值得临床推广。但其中用于区分 II A 和 II B 期的标准,即距骨周围外侧半脱位的程度,各文献报道尚存在差异,有待进一步研究加以明确。

除 II 期外,对于 IV 期也有必要进一步细化。多数情况下,IV 期是由 III 期过渡而来,但在少数情况下,也可以由 II 期直接进展到 IV 期。因此,Bluman 等^[13]建议将 IV 期分为 IV A 期和 IV B 期,前者指踝关节的外翻畸形柔软可复,无明显胫距关节骨关节炎的表现;后者指踝关节僵硬性外翻畸形,伴胫距关节骨关节炎。

四、治疗方案的制定

和大多数足部疾患的治疗方法一样,PTTD 的治疗方法可粗略地分为保守治疗和手术治疗两大类。但无论是那种治疗,其中的具体方法均比较繁多,容易让年轻医生产生混淆或养成只用几种熟悉的治疗方式处理各种不同分期 PTTD 的不良习惯。因此,应强调根据不同的临床分期为每例 PTTD 患者制定个性化的治疗方案。

(一)保守治疗:大多数情况下,对 PTTD 患者应首先考虑保守治疗,但是目前尚没有规范的保守治疗指南,而保守治疗的策略很大程度上取决于 PTTD 的发展程度^[15]。其治疗目的在于:减轻疼痛、炎症及 PTT 的负荷,促进 PTT 愈合,纠正伴发的畸形。保守治疗的主要方式包括:PTT 的放松休息,药物治疗,物理治疗以及应用矫形鞋具和支具。

首先应考虑局部制动,以放松 PTT,这对合并腱鞘炎及部分肌腱撕裂的患者有效^[16]。早期可以采用踝部弹力绷带等运动保护装置以减少 PTT 的内翻负荷,若无效可使用短腿石膏或限制踝关节活动(controlled ankle motion, CAM)行走靴将足踝部固定,以充分放松 PTT。当症状消失后可在支具保护下负重行走,通常制动的时间在 6~8 周^[9]。制动治疗的同时可以口服非甾体类抗炎药物。需要指出的是,口服或局部使用类固醇激素需谨慎,有研究证实,激素会导致局部微循环障碍,进而影响受累肌腱的愈合^[17]。此外,物理治疗也可以减少 PTT 周围组织的炎症反应,诸如冰敷和脉冲超声等。当患者通过上述治疗疼痛完全消失后,可以考虑进行选择性的胫后肌功能锻炼。Kulig 等^[18]通过比较锻炼前后的 MRI 表现证实,足弓正常的患者做抵抗性的足内收锻炼时,锻炼胫后肌的效果最为显著,而对于平足畸形的患者可穿矫形鞋具恢复足弓后再进行上述锻炼。

对于保守治疗,矫形鞋具和支具的使用是很重要的方法。而在鞋具及支具选择时,足部畸形的性质是决定性的因素:如果足部畸形柔软,则鞋具的目的在于矫正畸形,减轻 PTT 的应力;若畸形僵硬,则鞋具的目的并不在于矫正,而着重于使患者舒适并减少疼痛。PTTD I 期的患者可以使用如楔形足跟垫或内侧柱支撑的半硬式鞋具。当 PTTD 进展到柔软畸形的 II 期,就需要使用全接触的硬式鞋具或加州大学伯克利实验室(University of California Berkeley Laboratory, UCBL)鞋具,其生物力学原理是将足跟稳定在中立位,并通过加高的鞋具外侧缘防止前足外展^[15,19]。Havenhill 等^[20]在两组平足畸形的尸体模型上分别模拟了 MCO 和使用 UCBL 鞋具,结果显示两种方法均可有效地减少胫距关节的接触压力和峰压力。这证实了对柔软平足畸形而言,UCBL 鞋具可以起到与 MCO 相似的疗效。如果 PTTD 进展到 III 期,畸形已经僵硬,则支具的使用原则便从“矫正”转变为“适应”,此时可以使用足踝矫形支具(ankle foot orthosis, AFO)。AFO 踝关节处铰链式的设计可以限制踝关节内外方向的移动,并通过限制足的跖屈,限制 PTT 的移动^[15]。当 PTTD 进展到 IV 期,踝关节出现关节炎表现,则需要固定踝关节和使用 AFO 来减轻患者的痛苦(表 1)。

目前,大多数学者均赞成除足部已然存在严重的结构性畸形外,应该对 PTTD 患者进行 3~6 个月的保守治疗^[21-22]。在此期间,唯一的手术指征是证实患者的症状是由血清阴性脊柱关节病并发 PTT 腱鞘炎所致。Myerson 等^[6]指出,在这种情况下,若超过 6 周的保守治疗失败,就应手术切除腱鞘,以防止肌腱出现撕裂;而若为肌腱退变所致的 PTTD,则超过 3 个月的保守治疗无效才考虑手术干预。

(二)手术治疗:20 世纪 80 年代之前,由于认识的不足,

PTTD的常规手术方式是三关节融合术;此后人们才逐渐认识到通过手术加强和替代PTT的重要性^[19]。手术治疗的方式主要包括软组织手术、骨性手术及二者相结合治疗。单纯的软组织手术在治疗较严重的畸形时,常因骨结构对位不良无法承受过度的负荷而失败,故临床上常用骨性手术来保护软组织的修复或重建^[22]。而根据PTTD的不同临床分期,具体的手术策略也不尽相同(表1)。

1. I期的手术治疗

对于I期PTTD以保守治疗为主,但常规情况下若超过3个月保守治疗无效,需考虑行清创和腱鞘滑膜切除术。Sharma等^[23]对9例保守治疗无效的I期PTTD患者行腱鞘滑膜切除术,术后所有患者疼痛均较术前明显减轻,其中5例完全消失;所有患者单足提踵试验均无减弱;没有患足继续发展为II期畸形。同时作者指出,PTTD I期时,由于炎症等原因常导致腱鞘内积液,腱鞘内压增加,虽然此时肌腱实质尚无变性,但异常的腱鞘内压会加速PTT的退变,彻底减压有利于防止肌腱的实质变性。术中应彻底清创,检查肌腱有无撕裂,若存在撕裂,需行缝合修补。此术式亦可在内镜下微创完成,Chow等^[24]报告6例PTTD I期患者通过内镜行清创和腱鞘滑膜切除术,术后2个月所有患者疼痛均消失,无一例患者进展为II期畸形。腱鞘滑膜切除术后应非负重石膏制动2周,此后可穿CAM行走靴进行功能锻炼,术后6~8周可完全负重。

2. II期的手术治疗

当PTTD进展为II期时,手术治疗的目的在于矫正已经存在的柔软畸形,并防止其进展为僵硬性的畸形。由于此期为畸形由柔软向僵硬的过渡期,患足的临床表现差异较大,所以用于矫形的手术方式也较多。总的来说,可分为软组织手术和骨性手术两类,而后者又可分为内侧柱和外侧柱手术两类。Hiller和Pinney^[25]对104位美国足踝外科医生进行的一项调查显示,对于II期PTTD最常用的术式组合是MCO联合PTT加强术,其次是MCO、外侧柱延长术(lateral column lengthening, LCL)联合PTT加强术。临床实际工作中,如何根据不同的临床分期及其亚期来灵活、准确地制定手术方式的

组合是II期治疗的关键。根据Anderson^[14]的分期细化方法,II A期属于早期柔软畸形,采用MCO联合PTT加强术治疗即可获得满意的疗效;II B期属于进展期柔软畸形,出现了明显的距骨周围外侧半脱位,需在II A期术式的基础上辅以LCL以及弹簧韧带的修复或重建;II C期出现前足僵硬性的旋后,此时需在上述术式的基础上进一步行内侧柱手术以纠正此畸形。

(1)FDL转位术:是最常用的软组织手术,常和MCO等骨性手术联用治疗早期柔软畸形。选择FDL转位术的原因:①FDL与PTT起点相邻,相伴走行,其作用力线方向一致;②FDL虽然只有PTT力量的30%,但是PTT的拮抗肌——腓骨短肌只比FDL粗壮1.5倍,FDL足以对抗腓骨短肌的外翻应力^[26];③FDL与PTT属同相位肌,同在支撑中期起作用;④推进期的主要力量来源于踮长屈肌,FDL的作用相对次要。Guyton等^[27]用FDL转位术联合MCO治疗26例II期PTTD患者,91%的患者疼痛得以缓解,除3例外其余患者均可行单足提踵。Myerson等^[28]报告128例的大样本研究,平均随访5.2年,结果显示FDL转位术联合MCO可获得良好疗效,且并发症并不明显,同时作者指出,此联合术式的最佳适应证是柔软的平足畸形、前足旋后不明显及距骨头未覆盖率<30%。传统的固定FDL的方法是将FDL穿过足舟骨内侧的钻孔后固定;近来有作者提出可用界面螺钉或铆钉技术固定,这样可减少需暴露的FDL长度,同时减少剥离和损伤,且与传统技术相比,二者的生物力学强度相似^[29]。对于PTT残端的处理,Mann^[26]和Myerson等^[28]均认为若PTT退变明显,则需要将其尽可能彻底切除,否则病变的PTT会导致疼痛和滑膜炎的残留,并累及转位的FDL。

(2)MCO:很少单独使用,常与FDL转位术联合使用。从生物力学角度来看,MCO有两点主要作用:首先,将跟腱的作用力内移,增加了内翻的应力,同时也保护了力量相对较弱的转位FDL;其次,通过MCO将足跟的负重轴向胫骨的长轴靠近,减少了肌腱转移后足进一步外翻的风险。Sung等^[30]通过生物力学试验证实,MCO术后早期提踵时,PTT以及跟腱所承受的应力与术前相比明显下降,从而证明了MCO可

表1 PTTD的不同分期及其治疗策略
Tab.1 The stage and therapeutic strategies of PTTD

分期	畸形特点	治疗策略	
		保守治疗	手术治疗
I期	无明显畸形	非甾体类抗炎药,制动6~8周,楔形足跟垫,内侧柱支撑的半硬式鞋具	腱鞘滑膜切除术(必要时可辅以FDL转位或MCO)
II A期	轻度柔软平足畸形(距骨周围外侧半脱位<50%)	楔形足跟垫,全接触的硬式鞋具,UCBL支具	FDL转位或Cobb手术+MCO
II B期	重度柔软平足畸形(距骨周围外侧半脱位>50%)	楔形足跟垫,全接触的硬式鞋具,UCBL支具	FDL转位或Cobb手术+MCO+LCL
II C期	合并前足僵硬性旋后	楔形足跟垫,全接触的硬式鞋具,UCBL支具	上述手术+Cotton手术或第一跖楔关节跖屈融合术
III期	僵硬性平足畸形	AFO支具	三关节融合术
IV A期	柔软的胫距关节外翻畸形	AFO支具	上述足部矫形术+三角韧带修复或重建
IV B期	僵硬的胫距关节外翻畸形	AFO支具	全距关节融合术或胫距跟关节融合术

注:FDL=趾长屈肌腱,MCO=跟骨内移截骨,UCBL=加州大学伯克利实验室,LCL=外侧柱延长术,AFO=足踝矫形支具

以提高 FDL 转位的术后疗效。在行跟骨截骨时应注意截骨线与距下关节后关节面平行,且与足负重水平线成 45° 夹角;跟骨内移一般在 0.8~1.0 cm(图 1)。过度的内移会导致后足内翻,在术中可通过“一拇指”试验(one thumb test)来粗略确定内移的程度,因为一般成年男子拇指的厚度约在 0.8~1.0 cm;跟骨结节的内移只要不超过术者的拇指厚度,一般不会出现过度内移的情况。Greene 等^[31]对 MCO 的安全性进行了解剖学评估,结果显示每个标本平均有 4 条血管神经束通过跟骨截骨区,其中足底内侧神经的分支以及胫后动脉的分支最容易累及。因此,在行 MCO 即将截断跟骨内侧壁时,需小心保护,以免损伤上述组织。此外,MCO 也存在一些问题,Hadfield 等^[32]在 14 例尸体标本上模拟了 MCO,将跟骨结节内移 1 cm,通过模拟负重进行足底压力测试,作者发现第一、二跖骨区域应力明显减少,而跟骨外侧缘与前足外侧的峰值压强则有所增加,提示 MCO 虽然可以显著减轻前足内侧的压力但有加重前足旋后的趋势,必要时需辅以其他术式与之平衡。

(3) 弹簧韧带的修复与重建:跟舟足底韧带又称弹簧韧带(spring ligament),它主要分为两束,即内上韧带和下韧带,是维持内侧纵弓稳定的重要结构。Deland 等^[33]借助 MRI 研究 PTTD 患者的韧带受累情况时发现,在所有受累的韧带中,内上韧带最常受累,其次为下韧带。因此,对较严重的柔软性平足畸形(如 II B 期),需要在上述手术的基础上,行弹簧韧带的修复或重建。单纯的韧带修复失败率较高。Mann 和 Coughlin^[1]对比研究了 75 例 PTTD 患者,其中 26 例行弹簧韧带修复,但术后结果显示修复组与对照组相比临床结果并无明显差异。Sitler 和 Bell^[34]认为在 PTTD 的进展过程中,单纯修复很难对抗畸形的进展,因此应进行弹簧韧带的重建。目前,常采用腓骨长肌腱进行重建,但临床报道较少。Choi 等^[35]

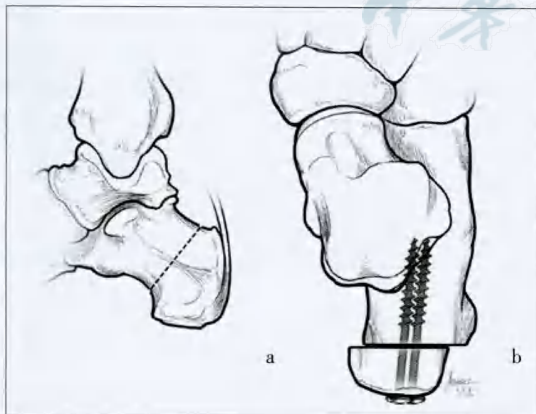


图 1 跟骨内移截骨示意图 a 侧位显示跟骨内移截骨的截骨线,截骨方向应从小向外侧 b 将跟骨结节内移约 1 cm,注意螺钉的置入位置,进钉点应偏向跟骨结节外侧,以保证螺钉固定于跟骨远端的中间部分(摘自 Weil LS Jr, Benton-Weil W, Borrelli AH, et al. Outcomes for surgical correction for stages 2 and 3 tibialis posterior dysfunction. J Foot Ankle Surg, 1998, 37(6):467-71; discussion 550.)

Fig.1 The schematic diagram of MCO a The osteotomy line of MCO from the lateral view. The calcaneal osteotomy should be proposed from lateral to medial b Calcaneal osteotomy after 1 cm displacement. Note position of screws. Screws are started laterally to assure purchase in distal aspect of calcaneus

通过生物力学实验,比较了 3 种不同腓骨长肌腱重建的方法,分别为:内上韧带重建、下韧带重建和联合重建,结果显示 3 种重建方法均可有效地纠正距舟关节外展和距下关节的外翻,但联合重建的效果最为理想,而在获取腓骨长肌时保留第一跖骨基底部的止点,并将腓骨长肌固定于跟骨和足舟骨上可以有效避免术后第一跖骨的上抬。

(4) 胫前肌腱转位术:1939 年,Young 描述采用胫前肌腱(anterior tibial tendon, ATT)悬吊术来治疗扁平足^[36]。此术式在足舟骨内侧开槽,并将 ATT 纳入其中,使其协同退变的 PTT 起作用。此术式存在很多局限:术中或术后容易造成足舟骨骨折;ATT 在骨槽中摩擦容易断裂;术后前足常出现旋后畸形,需要长期使用支具矫正。目前,流行的 ATT 内侧束部分转位术最早由 Cobb 报道,并经 Helal^[37]推广,故又称 Cobb 手术。此术式将 ATT 的内侧束由近端游离,保留其远端止点,再将 ATT 近端游离部分经内侧楔骨的骨孔穿致足底,在一定张力下与 PTT 残端吻合(图 2)。Knupp 和 Hintermann^[38]报告 22 例柔软平足畸形患者,在接受 Cobb 手术及相应的骨性手术后,优良率达 95.5%,且术后胫骨前肌肌力与健侧相比无明显减退。因此,该作者指出 Cobb 手术可以取得与 FDL 转位术相似的临床效果。2010 年,Parsons 等^[12]对 Cobb 手术进行了改良,他们将 ATT 内侧束穿行的骨孔由内侧楔骨移到足舟骨,这样在解剖上更接近 PTT 的止点,且可以通过“缆绳”作用,进一步加强背侧舟楔关节的稳定性。同时,该作者还指出 Cobb 手术与 FDL 转位术相比,具有下述优点:(1)不损失 FDL 的功能;(2)重建更符合解剖生理;(3)Cobb 术后肌力强于 FDL 转位术;(4)有利于距骨周围畸形,包括前足旋后畸形的矫正;(5)手术操作简单;(6)可根据术中情况调整转位肌腱的长度^[12]。鉴于此,对于柔软平足畸形的软组织矫形,Cobb 手术也是一个不错选择。

(5) LCL:当 PTTD 进展到 II B 期时,可能出现前足外展、跗骨窦或腓骨下的撞击,此时和内侧柱相比,外侧柱出现相对的短缩,因而在此期可通过延长外侧柱来恢复内外侧柱的平衡,进而维持内侧纵弓的稳定^[39]。通过 LCL 来恢复足弓的原理尚未完全阐明,过去认为是 LCL 增加了跖腱膜的张力,再通过绞盘作用抬高足弓^[40]。但 Horton 等^[41]通过生物力学试验证实,LCL 术后跖腱膜内侧的张力反而下降。此外,相对可靠的解释是,由于距骨头是一个宽度大于高度的不规则球体,所以当 LCL 术后足舟骨在相对距骨头内移的同时也向跖侧移动,而在矢状面上距骨头的曲率半径较小,故轻度的位移会导致明显的前足跖屈和足弓抬高^[42]。需要说明的是,LCL 在矫正畸形、恢复足弓的同时对中、后足各关节的活动度也会造成不同程度的影响。Deland 等^[43]通过生物力学实验证实,将跟骰关节撑开融合延长外侧柱 10 mm 后,距舟关节和距下关节的活动度分别下降 52% 和 30%。但尽管如此,LCL 仍保留了这两个重要关节一定的活动度,是治疗进展期柔软平足较好的选择。

LCL 的具体手术方式主要包括跟骨远端截骨延长(Evans 手术)和跟骰关节撑开融合(calcaneocuboid distraction arthrodesis,CCDA)。为避免损伤关节面,Evans 手术的位置应

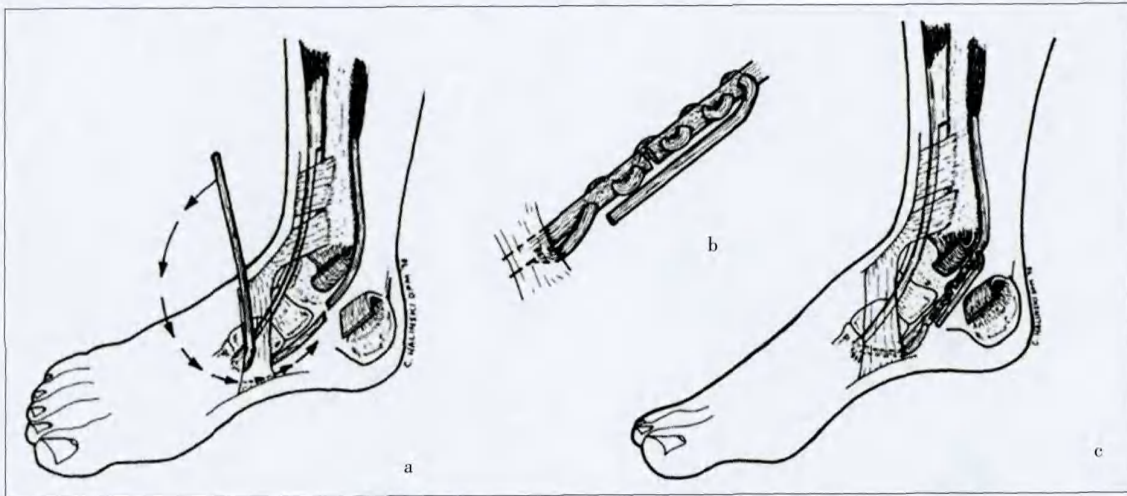


图2 Cobb手术示意图 a 将胫前肌腱的内侧2/3在踝关节上方纵向劈开直至其远端止点,并将其沿胫后肌腱走行方向转位至足底深层结构的下方 b 肌腱的编织吻合法 c 将胫前肌腱瓣与切除后的胫后肌腱残端编织缝合(摘自 Weil LS Jr, Benton-Weil W, Borrelli AH, et al. Outcomes for surgical correction for stages 2 and 3 tibialis posterior dysfunction. J Foot Ankle Surg, 1998, 37(6):467-71; discussion 550.)

Fig.2 The schematic diagram of the Cobb procedure a The medial two-thirds of the tibialis anterior tendon is cut proximally above the ankle and routed distally to its insertion, then routed inferior to the deep structures along the course of the tibialis posterior tendon b Weaving technique c The tibialis anterior tendon is anastomosed with the distal stump of the tibialis posterior then through the proximal aspect of the tibialis posterior using a weaving technique

选在跟骨前、中关节面之间,但 Hyer 等^[44]通过大样本的解剖学研究发现,768 例标本中只有 41% 的前、中关节面分离,大多数情况下二者相联合,在前、中关节面分离的标本中,前关节面近端和中关节面远端距跟骨前缘的平均距离分别是 11.04 mm 和 15.47 mm。因此,目前通常认为 Evans 手术的位置在跟骰关节近端 11.5~15 mm 比较合理。截骨后撑开的宽度在 8~14 mm,植入外宽内窄的梯形自体骨或同种异体骨,植骨块的大小应根据距骨未覆盖率和内侧纵弓的恢复情况来调整(图 3)。Cooper 等^[45]通过实验指出,Evans 手术将外侧柱延长 10 mm,跟骰关节内的峰压强较术前增加 8 倍。为避免由跟骰关节的退变而引起的并发症,可用 CCDA 替代 Evans 手术。但随后 Momberger 等^[46]的生物力学实验提出了相反的观点,作者测量正常足标本在制成平足模型后跟骰关节内的峰压强由 8.9 kg/cm² 增加到 18.5 kg/cm²,而在行 Evans 手术后此压强不但没有增加反而下降到 15 kg/cm²。该作者认为 Cooper 等得出相反结论的原因是未使用平足畸形的模型。尽管如此,Evans 术后跟骰关节内的压力仍未降至正常水平,所以临床上仍有并发跟骰关节骨关节炎的报道^[47],但症状明显需二次手术融合此关节的病例并不多见。此外,CCDA 和 Evans 手术相比,术后骨愈合率更低。Danko 等^[48]比较了 69 例 Evans 手术和 61 例 CCDA,术后 CCDA 组有 29% 出现不同程度的塌陷,而 Evans 组并未出现 1 例类似情况。为提高 CCDA 的愈合率,可以选择更为坚固的内固定。Toolan 等^[49]报告 41 例 CCDA 病例,虽然术后不愈合率高达 20%,但所有使用“H”形钢板固定的病例均获愈合。Kimball 等^[50]通过生物力学实验证实“H”形钢板的固定强度是 3.5 mm 螺钉的两倍多,因此指出使用钢板进行坚强的固定可以提高 CCDA 术后愈合率。

LCL 术后的另一个并发症是导致前足过度旋后,使患者

出现不适。Tien 等^[51]通过生物力学实验证实了这一点,他在两组标本上分别模拟了 Evans 手术和 CCDA,分别比较其术前和术后前足的压力变化,结果显示,两组标本术后前足内侧压力均显著减少,而外侧压力相应增加,但是 CCDA 组的前足外侧压力的增量是 Evans 组的两倍。因此,CCDA 术后患者出现前足不适的可能性更大。鉴于上述原因,若跟骰关节没有明显退变,则多数学者仍主张使用 Evans 手术行 LCL。

(6)内侧柱手术:在 II C 期,前足出现僵硬性的旋后,单纯依靠上述手术方式很难纠正,此时需要辅以内侧柱手术,通过跖屈第一序列,恢复内侧纵弓的高度,纠正前足的旋前。此外,在行 LCL 术后会出现第一序列的抬高,而内侧柱手术有助于恢复前足的平衡。内侧纵弓的塌陷可以发生在距舟关节、舟楔关节、第一跖跗关节等多个部位,而针对不同部位的塌陷,内侧柱手术可以选择性地融合第一跖楔关节、舟楔关节等。目前,更为流行的一种术式是 Cotton 手术,最早由 Cotton 在 1936 年提出^[52],这种手术采用内侧楔骨的开放截骨,不仅保留了邻近关节的活动度,而且较关节融合术的愈合率更高^[53]。但目前尚缺乏长期随访的临床研究来判断该术式的确切疗效。唯一与之有关的临床报道来自 Hirose 和 Johnson^[54],他们在比较成人获得性扁平足和儿童先天性扁平足的治疗时采用了 Cotton 手术,结果显示术后两组患者的距骨-第一跖骨角、跟骨倾斜角及内侧楔骨高度均显著改善。至于 Cotton 手术对前足压力分布的影响尚存在争议。Scott 等^[55]的生物力学研究显示,Cotton 术后虽然前足的压力分布有所改变,但前足外侧的压力并没有显著减少。League 等^[56]认为 Cotton 术后前足内侧压力增加而外侧压力随之减少。此术式的临床效果和生物力学作用还有待于进一步研究证实,但可以肯定的是 Cotton 手术的禁忌证是第一跖楔关节不稳定或骨关节炎,此时行关节融合术是更好的选择。

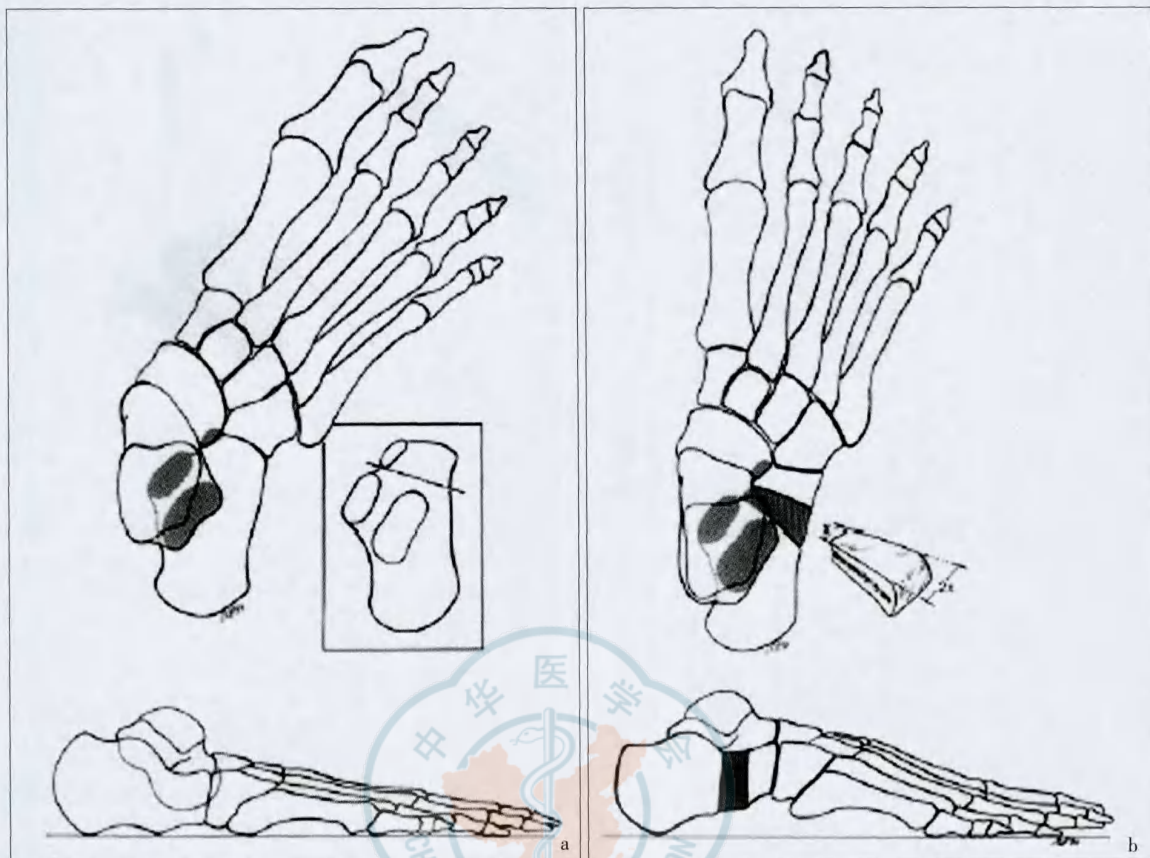


图3 Evans手术示意图 a 术前正侧位示意图示距骨-第一跖骨角明显增大,前足外展,距舟关节下陷,跟骨倾斜角为 0° b Evans截骨延长外侧柱后示意图,将一块三面皮质的自体髂骨块或同种异体骨植入跟骨远端截骨区,即跟骰关节近端约11.5~15 mm处,选用梯形植骨块可在内收前足的同时使其跖屈,避免前足过度旋后,畸形得到有效的矫正(摘自 Mosca VS. Flexible flatfoot in children and adolescents. J Child Orthop, 2010, 4:107-121.)

Fig.3 The schematic diagram of the Evans osteotomy a The talo-first metatarsal angle is markedly abducted on the AP view. The lateral view shows severe talonavicular sag and a 0° calcaneal pitch b The Evans technique involves placement of a tri-cortical iliac crest or allograft into the distal calcaneal osteotomy site made parallel and 11.5-15 mm proximal to the calcaneocuboid joint. A trapezoid-shaped graft in the osteotomy site creates forefoot adduction as well as plantarflexion, preventing excessive forefoot supination. All components of the deformity are corrected.

3. III期的手术治疗

III期PTTD是僵硬性畸形,即便在麻醉下也无法被动手法整复,为了矫形并使患足恢复稳定的结构应行关节融合术。最常用的是三关节融合术^[57],可以同时纠正三个平面的畸形。如果在三关节融合后仍存在后足的外翻,可以同时进行MCO,以恢复后足的力线;若合并第一序列上抬,可辅以Cotton手术;若第一跖楔关节出现不稳定亦可将其融合。三关节融合术后患足的功能会明显受限。Deland等^[11]比较了II期和III期患者的术后功能,前者行MCO或联合LCL,后者行后足的关节融合术,结果显示III期患者的功能明显差于II期。这说明早期诊断和治疗PTTD非常重要。

4. IV期的手术治疗

IV期PTTD的手术治疗具有挑战性,目前尚没有固定的手术方式金标准,从单纯的截骨矫形到全距关节融合均在选择范围之内。如前所述,此期可按照踝关节畸形的僵硬与否分为两个亚期,但无论是IVA期还是IVB期,其共同特点是距骨在踝穴内的倾斜及三角韧带的失效。因此,IV期PTTD的治疗目的是矫正足部畸形,恢复足的正常力线,同时重建踝关

节的稳定性。

对于IVA期的畸形,可以行保留距胫关节的手术,即通过前文所述方法纠正足部畸形后辅以三角韧带的修复或重建^[58]。三角韧带的处理方法主要包括三种,即直接修复、韧带紧缩和自体组织重建。Hintermann等^[59]采用直接修复三角韧带的方法来治疗踝关节内侧不稳定,短期内获得了良好的疗效,但其病例多为扭伤所致的慢性不稳定,而非PTTD所致。若三角韧带本身并无撕裂,只是拉长失效,还可行紧缩术,恢复其张力。Bohay和Anderson^[58]在内踝三角韧带止点处做垂直截骨并将其向近端移动,在适当的位置将骨块固定,通过恢复三角韧带的张力来稳定内踝。但通过上述方法修复三角韧带,均有因韧带本身病变严重而致后期失败的风险,可能会导致畸形的进一步加重^[5]。因此,对于严重的三角韧带失效,采用自体肌腱组织重建可能是更好的办法。

如果疾病已经进展到终末的IVB期,距胫关节呈僵硬性外翻畸形,并合并骨关节炎,此时只能将距胫关节融合。可选择的方法主要包括全距关节融合以及距跟关节融合^[57],前者适用于中、后足广泛的退变和僵硬畸形;而如果患者距舟

关节及跟骰关节退变并不明显,为尽量保留患足的功能,采用胫距跟融合术更为合理。

总之,对大多数患者而言 PTTD 的进展是个长期而复杂的过程,每例患者就诊时所处的疾病分期各有不同,目前最常用的临床分期法是 Johnson 和 Strom 四期法,而在此基础上,应该对 II 期和 IV 期进一步细化分期,以便更好地确定治疗方案。具体治疗方式,应根据分期以及患者具体情况选择恰当的方案组合,做到个性化的治疗。

参 考 文 献

- [1] Mann RA, Coughlin MJ. Surgery of the Foot and Ankle. 7th ed. St. Louis: Mosby, 1999:733-767.
- [2] Pedowitz WJ, Kovatis P. Flatfoot in the Adult. J Am Acad Orthop Surg, 1995, 3(5): 293-302.
- [3] Bloome DM, Marymont JV, Varner KE. Variations on the insertion of the posterior tibialis tendon: a cadaveric study. Foot Ankle Int, 2003, 24(10): 780-783.
- [4] Brodsky JW. Preliminary gait analysis results after posterior tibial tendon reconstruction: a prospective study. Foot Ankle Int, 2004, 25(2): 96-100.
- [5] Bluman EM, Myerson MS. Stage IV posterior tibial tendon rupture. Foot Ankle Clin, 2007, 12(2): 341-362.
- [6] Myerson M, Solomon G, Shereff M. Posterior tibial tendon dysfunction: its association with seronegative inflammatory disease. Foot Ankle, 1989, 9(5): 219-225.
- [7] Hintermann B, Gächter A. The first metatarsal rise sign: a simple, sensitive sign of tibialis posterior tendon dysfunction. Foot Ankle Int, 1996, 17(4): 236-241.
- [8] Johnson KA, Strom DE. Tibialis posterior tendon dysfunction. Clin Orthop Relat Res, 1989(239):196-206.
- [9] Myerson MS. Adult acquired flatfoot deformity: treatment of dysfunction of the posterior tibial tendon. Instr Course Lect, 1997, 46:393-405.
- [10] Vora AM, Tien TR, Parks BG, et al. Correction of moderate and severe acquired flexible flatfoot with medializing calcaneal osteotomy and flexor digitorum longus transfer. J Bone Joint Surg (Am), 2006, 88(8): 1726-1734.
- [11] Deland JT, Page A, Sung IH, et al. Posterior tibial tendon insufficiency results at different stages. HSS J, 2006, 2(2):157-160.
- [12] Parsons S, Naim S, Richards PJ, et al. Correction and prevention of deformity in type II tibialis posterior dysfunction. Clin Orthop Relat Res, 2010, 468(4):1025-1032.
- [13] Bluman EM, Title CI, Myerson MS. Posterior tibial tendon rupture: a refined classification system. Foot Ankle Clin, 2007, 12(2): 233-249.
- [14] Anderson RB. Posterior tibial tendon insufficiency: restoring the Flatfoot. Proceedings of American Academy of Orthopaedic Surgeons Annual Meeting. New Orleans, 2010: 178-180.
- [15] Noll KH. The use of orthotic devices in adult acquired flatfoot deformity. Foot Ankle Clin, 2001, 6(1): 25-36.
- [16] Conti SF. Posterior tibial tendon problems in athletes. Orthop Clin North Am, 1994, 25(1):109-121.
- [17] Beals TC, Pomeroy GC, Manoli A 2nd. Posterior tibial tendon insufficiency: diagnosis and treatment. J Am Acad Orthop Surg, 1999, 7(2):112-118.
- [18] Kulig K, Burnfield JM, Requejo SM, et al. Selective activation of tibialis posterior: evaluation by magnetic resonance imaging. Med Sci Sports Exerc, 2004, 36(5): 862-867.
- [19] Pinney SJ, Lin SS. Current concept review: acquired adult flatfoot deformity. Foot Ankle Int, 2006, 27(1): 66-75.
- [20] Havenhill TG, Toolan BC, Draganich LF. Effects of a UCBL orthosis and a calcaneal osteotomy on tibiotalar contact characteristics in a cadaver flatfoot model. Foot Ankle Int, 2005, 26(8): 607-613.
- [21] Supple KM, Hanft JR, Murphy BJ, et al. Posterior tibial tendon dysfunction. Semin Arthritis Rheum, 1992, 22(2):106-113.
- [22] 俞光荣,陈雁西,张世民,等. 胫后肌腱功能障碍的手术治疗.中华骨科杂志,2006,26(11): 765-768.
- [23] Sharma P, Singh SK, Rao SG. Is there a role for surgical decompression in stage I tibialis posterior tendon dysfunction? The Foot, 2003, 13: 1-4.
- [24] Chow HT, Chan KB, Lui TH. Endoscopic debridement for stage I posterior tibial tendon dysfunction. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2005, 13(8): 695-698.
- [25] Hiller L, Pinney SJ. Surgical treatment of acquired flatfoot deformity: what is the state of practice among academic foot and ankle surgeons in 2002? Foot Ankle Int, 2003, 24(9): 701-705.
- [26] Mann RA. Posterior tibial tendon dysfunction. Treatment by flexor digitorum longus transfer. Foot Ankle Clin, 2001, 6(1):77-87.
- [27] Guyton GP, Jeng C, Krieger LE, et al. Flexor digitorum longus transfer and medial displacement calcaneal osteotomy for posterior tibial tendon dysfunction: a middle-term clinical follow-up. Foot Ankle Int, 2001, 22(8): 627-632.
- [28] Myerson MS, Badekas A, Schon LC. Treatment of stage II posterior tibial tendon deficiency with flexor digitorum longus tendon transfer and calcaneal osteotomy. Foot Ankle Int, 2004, 25(7): 445-450.
- [29] Sullivan RJ, Gladwell HA, Aronow MS, et al. An in vitro study comparing the use of suture anchors and drill hole fixation for flexor digitorum longus transfer to the navicular. Foot Ankle Int, 2006, 27(5): 363-366.
- [30] Sung IH, Lee S, Otis JC, et al. Posterior tibial tendon force requirement in early heel rise after calcaneal osteotomies. Foot Ankle Int, 2002, 23(9): 842-849.
- [31] Greene DL, Thompson MC, Gesink DS, et al. Anatomic study of the medial neurovascular structures in relation to calcaneal osteotomy. Foot Ankle Int, 2001, 22(7): 569-571.
- [32] Hadfield MH, Snyder JW, Liacouras PC, et al. Effects of medializing calcaneal osteotomy on Achilles tendon lengthening and plantar foot pressures. Foot Ankle Int, 2003, 24(7): 523-529.
- [33] Deland JT, de Asla RJ, Sung IH, et al. Posterior tibial tendon insufficiency: which ligaments are involved? Foot Ankle Int, 2005, 26(6): 427-435.

- [34] Sitler DF, Bell SJ. Soft tissue procedures. *Foot Ankle Clin*, 2003, 8(3):503-520.
- [35] Choi K, Lee S, Otis JC, et al. Anatomical reconstruction of the spring ligament using peroneus longus tendon graft. *Foot Ankle Int*, 2003, 24(5): 430-436.
- [36] Young CS. Operative treatment of pes planus. *Surg Gynecol Obstet*, 1939, 99:1099-1101.
- [37] Helal B. Cobb repair for tibialis posterior tendon rupture. *J Foot Surg*, 1990, 29(4): 349-352.
- [38] Knupp M, Hintermann B. The Cobb procedure for treatment of acquired flatfoot deformity associated with stage II insufficiency of the posterior tibial tendon. *Foot Ankle Int*, 2007, 28(4): 416-421.
- [39] Mosier-LaClair S, Pomeroy G, Manoli A 2nd. Operative treatment of the difficult stage 2 adult acquired flatfoot deformity. *Foot Ankle Clin*, 2001, 6(1):95-119.
- [40] Mosca VS. Calcaneal lengthening for valgus deformity of the hindfoot: results in children who had severe, symptomatic flatfoot and skewfoot. *J Bone Joint Surg(Am)*, 1995, 77(4): 500-512.
- [41] Horton GA, Myerson MS, Parks BG, et al. Effect of calcaneal osteotomy and lateral column lengthening on the plantar fascia: a biomechanical investigation. *Foot Ankle Int*, 1998, 19(6):370-373.
- [42] Gallina J, Sands AK. Lateral-sided bony procedures. *Foot Ankle Clin*, 2003, 8(3): 563-567.
- [43] Deland JT, Otis JC, Lee KT, et al. Lateral column lengthening with calcaneocuboid fusion: range of motion in the triple joint complex. *Foot Ankle Int*, 1995, 16(11):729-733.
- [44] Hyer CF, Lee T, Block AJ, et al. Evaluation of the anterior and middle talocalcaneal articular facets and the Evans osteotomy. *J Foot Ankle Surg*, 2002, 41(6): 389-393.
- [45] Cooper PS, Nowak MD, Shaer J. Calcaneocuboid joint pressures with lateral column lengthening (Evans) procedure. *Foot Ankle Int*, 1997, 18(4):199-205.
- [46] Momberger N, Morgan J, Bachus K, et al. Calcaneocuboid joint pressure after lateral column lengthening in a cadaveric planovalgus deformity model. *Foot Ankle Int*, 2000, 21(9):730-735.
- [47] Hintermann B, Valderrabano V, Kundert HP. Lengthening of the lateral column and reconstruction of the medial soft tissue for treatment of acquired flatfoot deformity associated with insufficiency of the posterior tibial tendon. *Foot Ankle Int*, 1999, 20(10): 622-629.
- [48] Danko AM, Allen B Jr, Pugh L, et al. Early graft failure in lateral column lengthening. *J Pediatr Orthop*, 2004, 24(6):716-720.
- [49] Toolan BC, Sangeorzan BJ, Hansen ST Jr. Complex reconstruction for the treatment of dorsolateral peritalar subluxation of the foot. Early results after distraction arthrodesis of the calcaneocuboid joint in conjunction with stabilization of, and transfer of the flexor digitorum longus tendon to, the midfoot to treat acquired pes planovalgus in adults. *J Bone Joint Surg(Am)*, 1999, 81(11):1545-1560.
- [50] Kimball HL, Aronow MS, Sullivan RJ, et al. Biomechanical evaluation of calcaneocuboid distraction arthrodesis: a cadaver study of two different fixation methods. *Foot Ankle Int*, 2000, 21(10): 845-848.
- [51] Tien TR, Parks BG, Guyton GP. Plantar pressures in the forefoot after lateral column lengthening: a cadaver study comparing the Evans osteotomy and calcaneocuboid fusion. *Foot Ankle Int*, 2005, 26(7): 520-525.
- [52] Cotton FJ. Foot statistics and surgery. *N Engl J Med*, 1936, 214: 353-362.
- [53] Tankson CJ. The Cotton osteotomy: indications and techniques. *Foot Ankle Clin*, 2007, 12(2):309-315.
- [54] Hirose CB, Johnson JE. Plantarflexion opening wedge medial cuneiform osteotomy for correction of fixed forefoot varus associated with flatfoot deformity. *Foot Ankle Int*, 2004, 25(8):568-574.
- [55] Scott AT, Hendry TM, Iaquinio JM, et al. Plantar pressure analysis in cadaver feet after bony procedures commonly used in the treatment of stage II posterior tibial tendon insufficiency. *Foot Ankle Int*, 2007, 28(11):1143-1153.
- [56] League AC, Parks BG, Schon LC. Radiographic and pedobarographic comparison of femoral head allograft versus block plate with dorsal opening wedge medial cuneiform osteotomy: a biomechanical study. *Foot Ankle Int*, 2008, 29(9): 922-926.
- [57] Deland JT. Adult-acquired flatfoot deformity. *J Am Acad Orthop Surg*, 2008, 16(7):399-406.
- [58] Bohay DR, Anderson JG. Stage IV posterior tibial tendon insufficiency: the tilted ankle. *Foot Ankle Clin*, 2003, 8(3): 619-636.
- [59] Hintermann B, Valderrabano V, Boss A. Medial ankle instability: an exploratory, prospective study of fifty-two cases. *Am J Sports Med*, 2004, 32(1):183-190.

(收稿日期:2010-09-06)

(本文编辑:闫富宏)

2011 年 AO-Spine 中国区脊柱畸形高级研讨会通知

由 AO-Spine 中国区主办、南京鼓楼医院骨科承办的 2011 年 AO-Spine 中国区脊柱畸形高级研讨会将于 2011 年 6 月 25 至 26 日在南京举行,届时将邀请国内外著名脊柱畸形专家作专题报告。内容包括:(1)脊柱畸形的临床评价和支具治疗原则;脊柱畸形矫形的美学与平衡理念,特发性脊柱侧凸发病机制研究进展;(2)病例讨论:对复杂脊柱畸形的临床病例利用现代矫形理论进行讨论。

· 消 息 ·

有关此研讨会的详细内容请访问 AO-Spine 网站 www.aospine.org 或南京鼓楼医院脊柱外科网站 www.soscoliosis.com。

研讨会报名截止日期:2011 年 6 月 5 日。来信请寄:南京中山路 321 号南京鼓楼医院脊柱外科张林林, 邮政编码:210008。E-mail: sshen@aospine.org 或 scoliosis2002@sina.com。联系电话:13816946695, 沈黎平;(025)83105121, 张林林。