



跟腱切断术对关节弯曲儿科患者的疗效

EFFECTIVENESS OF ACHILLOTOMY IN CHILDREN WITH ARTHROGRYPOSIS

© S.I. Trofimova¹, D.V. Derevianko², E.A. Kochenova¹, E.V. Petrova¹

¹ The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia;

² Novorossiysk City Polyclinic No. 5 of the Health Ministry of the Krasnodar Region, Novorossiysk, Russia

Received: 10.02.2019

Revised: 17.05.2019

Accepted: 06.06.2019

引言。 Ponseti 方法是针对关节弯曲儿科患者畸形足使用最广泛的一种治疗方法。由于组织较硬，针对这些患者实施闭合性皮下跟腱切断术不能完全矫正马蹄足畸形，常常会导致需要重新考虑腱切断术原则。

目标。 本研究的目的是制定评估跟腱切断术的疗效的预期标准，以针对关节弯曲儿科患者实施不同的跟腱切断术方案。

材料与方法。 本研究回顾性地分析了对 28 名关节弯曲患者（56 足）实施闭合性皮下跟腱切断术。患者的平均年龄为 5.4 个月（年龄范围 2-8 个月）。在完成 Ponseti 石膏矫正法后，根据仍存在的马蹄足畸形，将患者分为两个组。对所有患者进行体格和 X 光检查。

结果与讨论。 第一组包括 12 名患者（24 足），在跟腱切断术后，达到了足中间位或足背屈 $\geq 5^\circ$ 。第二组包括 16 名患者（32 足），在跟腱切断术后仍存在马蹄足，需要手术。X 光影像显示，在侧面图中，第二组患者胫跟角更大，距跟角更小（ $p < 0.01$ ）。在关节弯曲儿科患者接受跟腱切断术后，马蹄足畸形的矫正价值非常有限。第一组和第二组分别为 27° （ $20^\circ - 30^\circ$ ）和 19° （ $10^\circ - 30^\circ$ ）。

结论。 必须在跗骨关节水平完全矫正后，才可在畸形足治疗过程中实施 Ponseti 方法，通过闭合性皮下跟腱切断术，有效地消除马蹄足。针对关节弯曲儿科患者，建议对足部进行 X 光检查，以便更加全面地评估距骨神经分支和足跟位置。而且，在跟腱切断术之前的侧面图中胫跟和距跟角值对其疗效的重要预后因素。并且，应在跟腱切断术之前考虑马蹄足挛缩的严重性。如果马蹄足畸形超过 30° ，则不适合实施跟腱切断术。在这种情况下，应考虑开放性手术。

关键词： 畸形足；关节弯曲；Ponseti 方法；跟腱切断术。

Introduction. Ponseti method is a widespread treatment for clubfoot in children with arthrogyrosis. Closed subcutaneous achillotomy in these patients could not completely rectify the equinus deformity due to tissue rigidity which often leads to reconsideration of the tenotomy principles.

Aim. This study aimed to formulate the anticipating criteria to assess the effectiveness of achillotomy in order to develop a different achillotomy approach for children with arthrogyrosis.

Materials and methods. This study retrospectively analyzed closed subcutaneous achillotomy in 28 patients (56 feet) with arthrogyrosis. The mean age of the patients was 5.4 months (range 2-8 months). The children were subdivided into two groups according to the residual equinus deformity after the completion of Ponseti serial casting. All patients were physically and radiographically examined.

Results and discussion. The first group included 12 patients (24 feet), which achieved foot neutral position or dorsiflexion $\geq 5^\circ$ after achillotomy. The second group consisted of 16 patients (32 feet) with residual equinus after achillotomy who required surgery. X-ray images showed that the patients in the second group had significantly wider tibio-calcaneal angle and smaller talocalcaneal angle in lateral view ($p < 0.01$). The correction values of the equinus deformity after achillotomy in the children with arthrogyrosis were greatly limited: 27° ($20^\circ - 30^\circ$) and 19° ($10^\circ - 30^\circ$) in the first and second groups, respectively.

Conclusion. Closed subcutaneous achillotomy for effective equinus elimination during clubfoot treatment by Ponseti method should be performed only after complete correction at the level of tarsal joints. X-ray examination of the feet is recommended for the children with arthrogyposis in order to evaluate the talocalcaneal divergence and heel position more comprehensively. Furthermore, the values of tibiocalcaneal and talocalcaneal angles in lateral view prior to achillotomy are essential prognostic factors of its effectiveness. Moreover, the severity of equinus contracture should be considered prior to achillotomy. Achilles tenotomy is inappropriate if equinus deformity exceeds 30°. In such cases, open surgery should be considered.

Keywords: clubfoot; arthrogyposis; Ponseti method; achillotomy.

引言

畸形足在先天性多关节弯曲（以下简称“关节弯曲”）儿科患者中的发病率为 90% [1 - 6]。由于踝关节和足部组织非常坚硬，畸形对于矫正有抵抗，容易复发，以及在膝盖和髋关节出现伴随性挛缩，骨科医生对该类患者的治疗非常困难 [7 - 11]。

目前，多数医生认为，对畸形足治疗应首先进行阶段性石膏矫正 [8 - 10, 12]。而 1963 年首次出现的 Ponseti 方法现在已变得非常普遍 [13]。该方法在对关节弯曲畸形足儿科患者的治疗过程中也被广泛使用 [6, 14 - 19, 20]。

闭合性皮下跟腱切断术是采用该技术矫正马蹄足-弓形足-内收肌-内翻足畸形过程的最后一个阶段。由于组织硬度较高（跟腱经常缩短和扩大），针对关节弯曲儿科患者实施跟腱切断术并不会确保完全矫正马蹄足部分。因此，在很多病例中，有必要重新审视其实施的必要性。

我们的**研究目的**是，制定跟腱切断术预期功效的标准，以便对关节弯曲的儿科患者采用不同的实施方式。

材料与方法

研究包括：从 2010 年至 2018 年，采用 Ponseti 方法对 28 名（56 足）先天性多关节弯曲的患者进行畸形足治疗。

对作为该治疗方案一部分的闭合性皮下跟腱切断术的结果进行回顾性分析。

研究不包括在第一次采用石膏模型固定足部之前，已经接受了跟腱切断术的患者（所谓的早期跟腱切断术）[11, 16, 21]。

在进行治疗之前和实施跟腱切断术之前和之后，采用 Pirani 量表对畸形足严重性进行评估。在实施跟腱切断术之前和之后，在临床检查过程中确定马蹄足畸形的角度 [22]。

在跟腱切断术之前和之后，以及去除石膏模型之后，以两种标准视图（即：在最大足背屈位置的前后视图和侧面图），对所有儿科患者的足部进行 X 光检查。跟腱切断术之后，在固定石膏模型后立即对足部进行 X 光检查。对 X 光影像进行分析，分别在前后视图和侧面图中评估距跟角度和距跟以及跟胫角度（图 1）。

通过采用 Ponseti 方法进行阶段性石膏矫正消除畸形足因素。阶段性矫正的第一步是矫正弓形足，然后逆转足部中间部分和跟骨内翻足位置，之后实施闭合性皮下跟腱切断术，矫正畸形的马蹄足部分 [13]。每 5-7 天更换一次石膏模型。

在关节弯曲的儿科患者中，基于上述方法的治疗方案包括以下几个方面内容。首先，在跟腱切断术之前的阶段性矫正过程中，使用的石膏模型的平均数量为 9.14 ± 0.25 （从 6 到 12），大于治

疗先天性畸形足的数量。其次，在一些病例中，在跟腱切断术后继续进行阶段性石膏矫正（从一个到三个石膏模型），对马蹄足畸形进行附加矫正。

根据采用 Ponseti 方法，在治疗末期是否还存在马蹄足，28 名患者（56 足）被分为两组。第 1 组包括 12 名患者（24 足），患者踝关节或足背屈 $\geq 5^\circ$ ，达到了足部中间位置。在 12 名患者中有五名患者，其马蹄足达 10° ，在跟腱切断术后仍存在，在 1-3 周的阶段性石膏矫正过程中得以消除。第 2 组包括 16 名患者（32 足），仍存在 $10^\circ - 50^\circ$ 的马蹄足。第 2 组中的所有患者都需要进行手术干预（足部前路或前路-内侧减压）。

根据在治疗之前，跟腱切断术之前或之后对 Pirani 量表进行评估，临床评估马蹄足畸形角度，以及在跟腱切断术之前和之后以及去除石膏模型之后进行 X 光评估等参数，对第 1 组和第 2 组进行比较。

采用参量分析法对研究材料进行统计处理。在 Microsoft Office Excel 2016 表单中进行初期信息的累积、校正、系统化，以及对所取得结果进行可视化。采用 STATISTICA 13.3 程序 (StatSoft Inc.) 进行统计分析。采用 Shapiro-Wilk 检验对定量指标进行评估，以符合正态分布。将所取得的数据并入动态数列，计算算数平均数 (M) 和标准偏差，限定 95% 置信区间。采用学生 t 检验比较数量资料的独立集的平均值。通过与临界值进行比

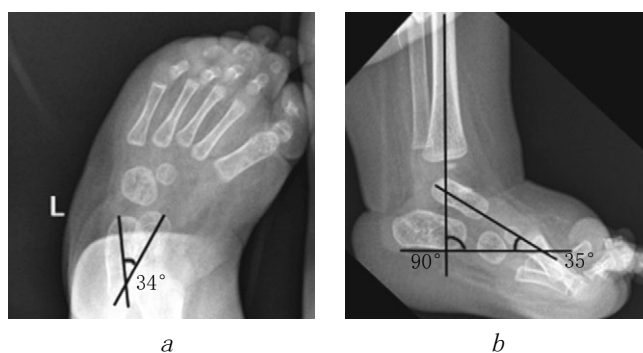


图 1.5 个月龄婴儿足部的 X 光影像：a — 前后视图：距跟角度为 34° ；b — 侧面图：跟胫角度为 90° ，距跟角度为 35°

较，分析学生 t 检验的结果值。指标差异被认为具有统计学意义， $p < 0.05$ 。采用配对学生 t 检验比较针对相关样本计算的平均值（跟腱切断术之前和之后的指标值）。将配对学生 t 检验的结果值与临界值进行比较。当 t 值大于临界值时，指标变化被认为有意义。

结果

研究包括双侧足畸形的 16 名男孩，12 名女孩。实施跟腱切断术期间，患者的平均年龄为 5.4 个月（年龄范围 2-8 个月）。表 1 显示了依据 6 分值的 Pirani 量表，足畸形严重程度的估值。

在治疗之前，第 1 组和第 2 组患者的平均 Pirani 分值差异不具有统计学意义 ($p = 0.34$)。在跟腱切断术中，第 1 组和第 2 组的平均分分别增加到 2.5 (1.0 - 4.0) 和 3.6 (2.5 - 4.5)。即第

表 1

第 1 组和第 2 组患者的 Pirani 量表足畸形严重程度平均分

严重程度评估的阶段	严重程度评估，分值		p
	第 1 组	第 2 组	
固定石膏模型之前	5.0 ± 0.2	5.2 ± 0.1	0.34
实施跟腱切断术之前	2.5 ± 0.2	3.6 ± 0.1	<0.01
实施跟腱切断术之后	1.5 ± 0.1	2.6 ± 0.1	<0.01

表 2

第 1 组和第 2 组患者在接受跟腱切断术之前和之后的马蹄足畸形角度平均值

确定角度的阶段	马蹄足畸形角度, °		<i>p</i>
	第 1 组	第 2 组	
实施跟腱切断术之前	23.0 ± 1.1	37.0 ± 1.4	<0.05*
实施跟腱切断术之后	-4.0** ± 1.1	18.0 ± 1.8	<0.05*

注释: *指标的统计学意义差异; **足背屈为 4°。

2 组中的变化不十分明显。在跟腱切断术之后, 两组的足畸形严重程度降低程度相同, 平均分为 1。而第 2 组患者仍存在畸形的情况较为明显。

第 1 组和第 2 组患者在临场检查过程中以及跟腱切断术之前确定的马蹄足畸形角度分别 23° (10° - 30°) 和 37° (20° - 50°)。表 2 显示了在治疗阶段的第 1 组和第 2 组患者的马蹄足畸形的角度数据。

在第 1 组中, 在跟腱切断术过程中, 前后视图 X 光影像的距跟角度为 19° (10° - 30°), 侧面图的跟胫角度为 114° (100° - 130°), 侧面图的距跟角度为 24° (12° - 35°); 在第 2 组中, 这些角度分别为 10° (5° - 15°)、131° (110° - 140°), 和 14° (10° - 18°)。两组之间的跟胫和距跟角度差异具有统计学意义 ($p < 0.01$) (表 3)。距跟角度大小减小表示, 在跟腱切断术过程中, 跗骨关节水平的矫正不充分。但是, 我们仍需要在这些病例中实施跟腱切断术。因为 X 光影像

显示, 在两到三阶段的石膏矫正之后, 距骨和跟骨的共同空间排列时间没有变化。

在跟腱切断术之后, 第 1 组和第 2 组的马蹄畸形角度分别为 4° (-20° - 0°) 和 18° (10° - 30°) (表 2)。X 光影像指标显示, 第一组的跟胫和距跟角度分别为 90° (85° - 100°) 和 26° (18° - 37°)。而第 2 组的这些角度值分别为 117° (90° - 120°) 和 16° (12° - 25°)。

第 1 组患者在跟腱切断术后的马蹄足畸形矫正值显著高于第 2 组患者, 平均值分别为 27° (20° - 30°) 和 19° (10° - 30°) (学生 *t* 检验, 3.93; $p < 0.05$)。而且, 两组患者基于 X 光影像指标的跟腱切断术之后的马蹄足畸形矫正平均值明显低于基于临床测量数据的跟腱切断术之后的马蹄足畸形矫正平均值 (表 4)。

我们分析了在跟腱切断术后的马蹄足畸形矫正值对于跟腱切断术前的马蹄足角度的

表 3

第 1 组和第 2 组患者在跟腱切断术之前和之后的 X 光影像数据

X 光影像的角度	第 1 组		第 2 组	
	实施跟腱切断术之前	实施跟腱切断术之后	实施跟腱切断术之前	实施跟腱切断术之后
前后视图距跟, °	19.0 ± 1.0	-	10.0 ± 0.6	-
侧面图跟胫, °	114.0 ± 1.8	90.0 ± 1.3	131.0 ± 1.7	117.0 ± 1.1
侧面图距跟, °	24.0 ± 1.5	26.0 ± 1.9	14.0 ± 0.5	16.0 ± 1.5

表 4

依据临床和 X 光影像指标, 第 1 组和第 2 组患者在跟腱切断术之后的马蹄足畸形平均矫正值

组别	马蹄足畸形		p
	临床测量, °	X 光影像中的跟胫角度, °	
一	27.0 ± 0.8 (20 - 30)	22.0 ± 0.8 (15 - 30)	0.01
二	19.0 ± 0.9 (10 - 30)	14.0 ± 1.1 (0 - 20)	<0.01

表 5

依据其初始值, 跟腱切断术后的足部马蹄足畸形的矫正值

马蹄足畸形矫正值, °	跟腱切断术之前的马蹄足值, °		
	10 - 20 (n = 14)	21 - 30 (n = 23)	大于 31 (n = 19)
	患者人数		
10 - 20	1 (7%)	6 (26%)	18 (95%)
21 - 30	13 (93%)	17 (74%)	1 (5%)

表 6

在跟腱切断术之后, 依据马蹄足畸形矫正值, 有马蹄足挛缩 20° - 30° 的第 1 组和第 2 组患者分布

马蹄足畸形矫正值, °	第 1 组 (n = 11)	第 2 组 (n = 12)
10 - 20	0	6 (50%)
21 - 30	11 (100%)	6 (50%)

依赖性。根据该角度值, 将所有患者分为了几个亚组。表 5 显示了比较分析的结果。

在跟腱切断术之前马蹄足畸形小于等于 30° 和 >30° 的大多数患者的矫正值分别为 >20° 和小于等于 20°。对照亚组的差异在统计学上显著 (p < 0.01)。因此, 在跟腱切断术之前的马蹄足角度越大, 跟腱切断术之后的可能矫正值越小。

此外, 我们对来自第 1 组和第 2 组的 11 名和 12 名患者在跟腱切断术之后的马蹄足畸形矫正值进行了比较。他们在跟腱切断术之前的马蹄足值相同, 为 20° - 30°。第 1 组患者在跟腱切断术之前的 X 光影像指标如下: X 光影

像中, 前后视图的距跟角度平均值为 25° (10° - 30°), 侧面图的距跟角度平均值为 25° (20° - 35°)。第 2 组患者的这些角度分别为 13° (11° - 15°) 和 16° (10° - 18°)。表 6 显示了比较分析的结果。

由于足部 X 光影像的距跟角度值差异, 在跟腱切断术之前具有相同马蹄足值的第 1 组和第 2 组患者的马蹄足畸形矫正存在显著差异 (p < 0.05), 即第 2 组患者在跟腱切断术中在跗骨关节水平的畸形矫正不完全。

为确定马蹄足畸形的量 (可以通过跟腱切断术完全消除), 我们依据在跟腱切断

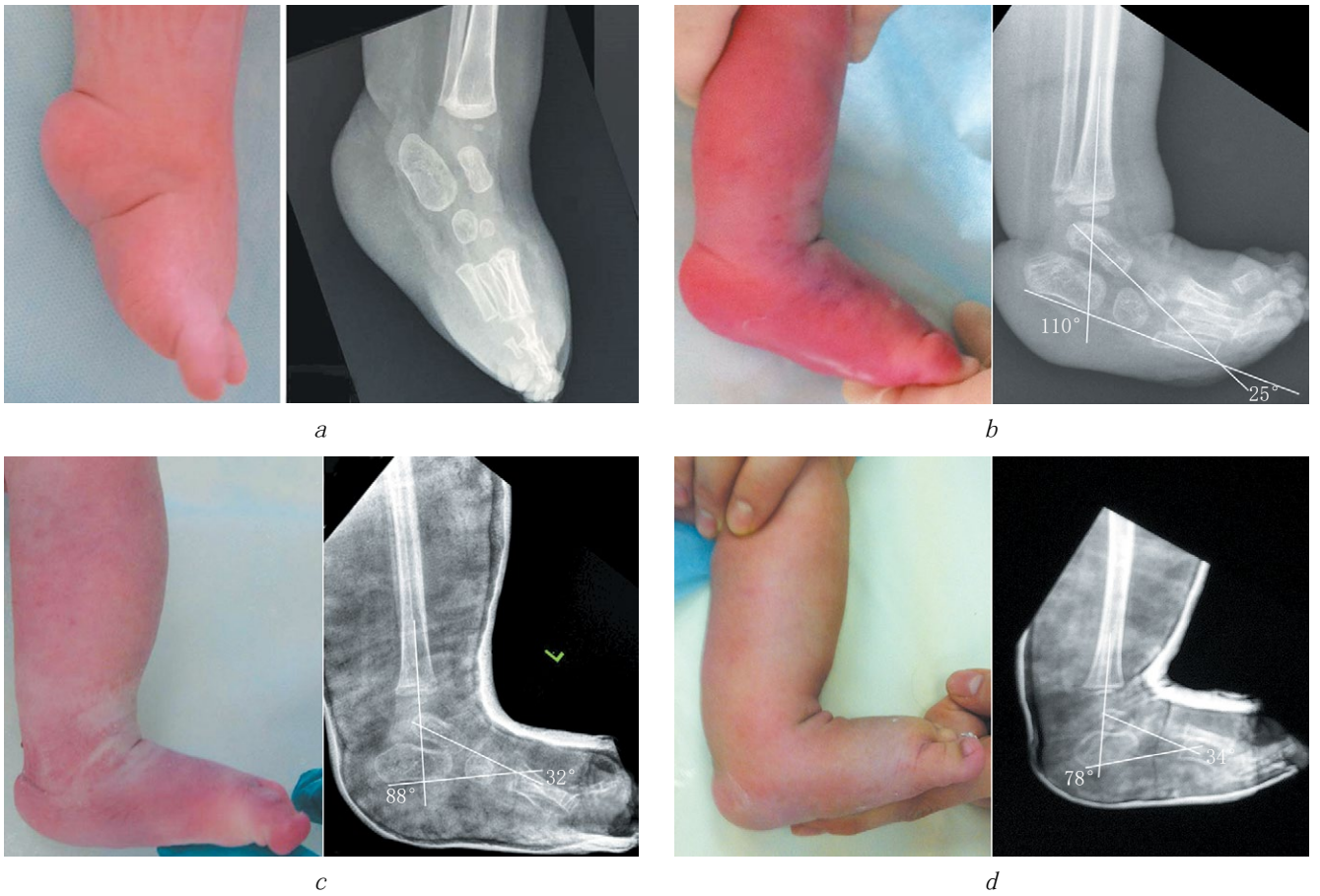


图 2. 来自第 1 组的关节弯曲畸形足患者 K 的侧面外观图和 X 光影像: a — 在依据 Ponseti 方法的石膏矫正开始之前; b — 在跟腱切断术之前; c — 在跟腱切断术之后; 以及 d — 在附加的阶段性石膏矫正之后 (两次石膏矫正)

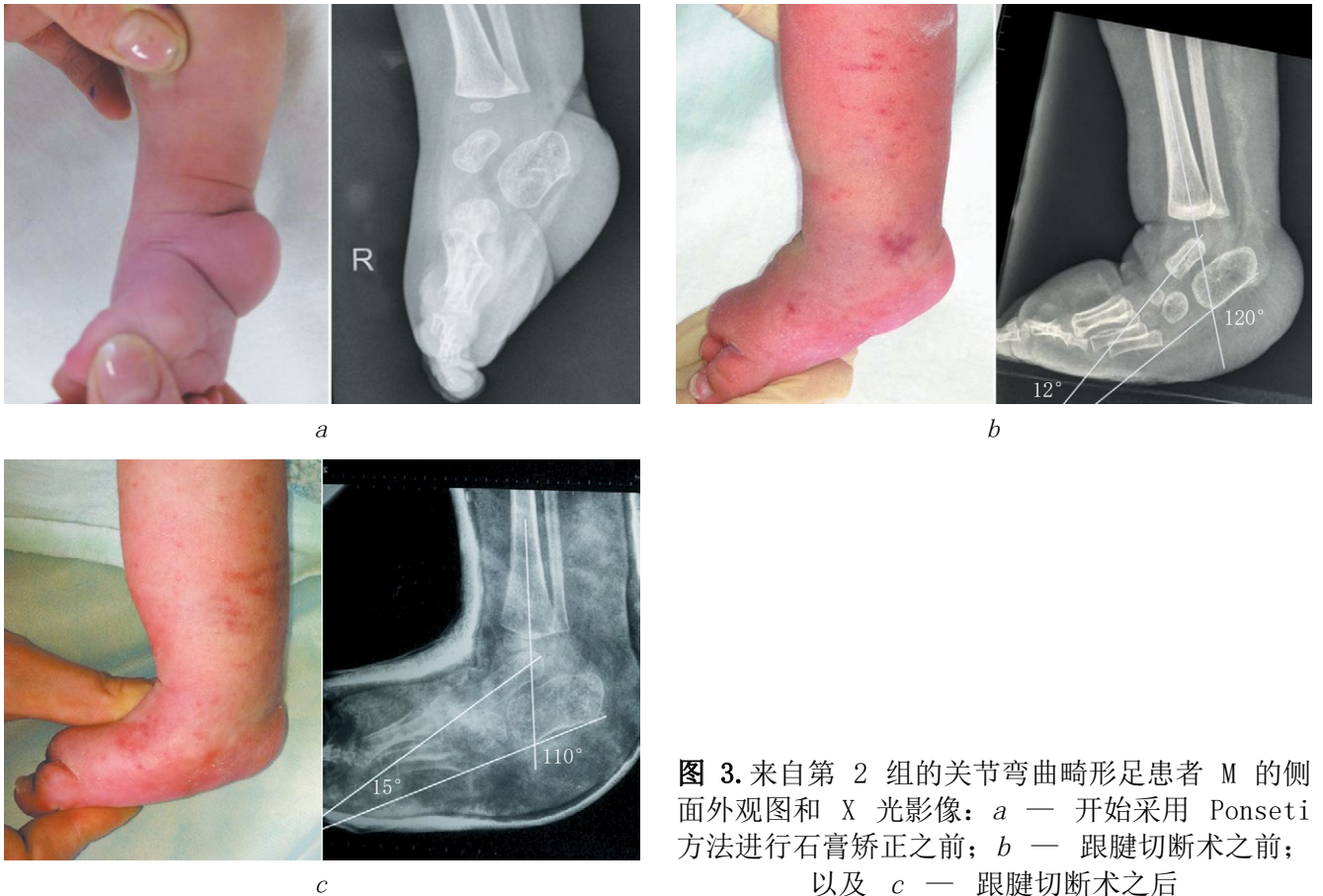


图 3. 来自第 2 组的关节弯曲畸形足患者 M 的侧面外观图和 X 光影像: a — 开始采用 Ponseti 方法进行石膏矫正之前; b — 跟腱切断术之前; 以及 c — 跟腱切断术之后

术之前的马蹄足值，估计了研究中所有患者在跟腱切断术后完全矫正马蹄足的频率。

表 7 显示了该评估的结果。

只有在跟腱切断术之前，马蹄足值小于等于 30° 的患者，才可能在接受跟腱切断术之后实现畸形的完全矫正。在该种情况下，所有马蹄足小于等于 20° 和 $20^\circ - 30^\circ$ 的患者都实现了畸形的完全矫正。跟腱切断术仅在半数病例中具有疗效。

图 2 和图 3 为依据 Ponseti 方法对第 1 组和第 2 组关节弯曲畸形足患者进行治疗的一些阶段的示图和 X 光影像数据。

讨论

一些作者认为，采用 Ponseti 方法治疗关节弯曲畸形足患者可不需手术矫正畸形足 [10, 11, 21]。然而，一些研究中报道了 Ponseti 石膏矫正过程取得了良好的治疗效果。但之后（跟腱切断术后 3-21 个月）在相当大比例的病例中（21%-80%），由于出现了马蹄足部分复发和前足内转，因此有必要实施软组织减压术 [15, 18, 19, 23]。

在一些病例中，可能出现在临床检查过程中，对跟腱切断术后的足背屈的大小估计错误，对跗横关节进行矫正（屈曲）被视为真正意义上的踝关节矫正。自 2010 年起，我们开始在跟腱切断术之前和之后对足部侧面进行 X 光检查，以评估其疗效。一些作者认为，对不足 9 周的儿科患者足部进行 X 光检查所得的测量结果是不准确的 [24, 25]。在我们的研究中，接受跟腱切断术的患者的平均年龄为 5.4 个月，其跗骨的骨化程度足以获取准确的参考线和角度。

表 7
在跟腱切断术后完全矫正马蹄足畸形的频率取决于跟腱切断术之前的马蹄足畸形值

跟腱切断术前的马蹄足畸形值, $^\circ$	跟腱切断术后完全矫正马蹄足畸形的频率, %
10 - 20	100
21 - 30	48
31 - 40	0
>40	0

我们研究了在跟腱切断术之前的 X 光影像数据与在跟腱切断术之后仍存在的马蹄足畸形之间的关系。在第 2 组的所有患者中，在跟腱切断术后，仍存在马蹄足畸形的平均值为 $18 \pm 1.5^\circ$ ($5^\circ - 30^\circ$)。在这些患者中，与实现了完全矫正马蹄足畸形的第 1 组患者相比 ($p < 0.01$)，在接受跟腱切断术之前，其 X 光影像显示器跟胫角度更大，距跟角度值更小。此外，对在跟腱切断术之前具有相同马蹄足畸形值的第 1 组患者和第 2 组患者进行比较显示，依据足部的 X 光影像中距跟角度的大小，实施跟腱切断术产生不同的疗效。

根据我们的研究结果和文献资料，我们认同这一观点：在跟腱切断术之前，跟胫角度越大，而且更重要的是，距跟角度越小，则矫正马蹄足畸形的几率越小 [26]。这可以作为预计在跟腱切断术之后是否仍存在畸形的 X 光检查的依据。

跟胫角度增加和距跟角度减小表示出现较大的踝关节软组织收缩，不仅是指跟腱，而且包括踝关节囊的后部，胫后肌肌腱，以及腓骨肌。因此，在仅对跟腱进行皮下横切后，其他发育迟缓的软组织结构未经治疗，仍存在马蹄足畸形 [26]。

研究显示，对关节弯曲的儿科患者实施跟腱切断术后的单阶段矫正马蹄足畸形的价值相当有限。因此，跟腱切断术仅对于在跟

腱切断术之前马蹄足畸形值小于等于 30° 的患者具有疗效。依据临床和 X 光影像数据, 可完全矫正跗骨关节的畸形。而且, 跟腱切断术对马蹄足畸形小于等于 20° 和 $20^\circ - 30^\circ$ 的所有患者具有疗效, 仅半数病例实现了马蹄足畸形的完全矫正。因此, 如果在跟腱切断术之前马蹄足挛缩值 $>30^\circ$, 则不应考虑在跟腱切断术的单独阶段矫正。在这种情况下, 最好实施开放性手术, 以避免造成继发畸形, 并且不可进行故意无效的操作。

结论

为采用 Ponseti 方法, 在治疗过程中有效地消除马蹄足挛缩, 应仅在完全矫正了跗骨关节的畸形后, 才实施闭合性皮下跟腱切断术。建议针对关节弯曲儿科患者, 对足部进行 X 光检查, 以取得准确的距骨神经分支和足跟位置的图像。而且, 在跟腱切断术之前, 对足部侧面的 X 光影像中跟胫和距跟角度提供了有关实施跟腱切断术之后是否仍存在畸形的重要的预后标准。

此外, 在跟腱切断术之前, 还应考虑马蹄足挛缩的值。马蹄足畸形 $>30^\circ$ 时候, 不应实施跟腱切断术。应针对该患者实施开放性手术。

其他信息

资金来源。 无。

利益冲突。 作者声明, 不存在与发表本文相关的明显或潜在利益冲突。

伦理审查。 我们依据经俄罗斯卫生部修改的, 并由特纳儿童骨科科学研究所伦理委员会批准的世界医学学会赫尔辛基宣

言的伦理标准开展研究 (方案号: 9/12, 日期: 2012 年 11 月 2 日)。

患者父母同意处理和发表个人信息。

作者贡献

S. I. Trofimova 收集和分析所获得的数据, 撰写、设计文章。

D. V. Derevianko 收集和分析所获得的数据, 并编辑文章。

E. V. Petrova 和 *E. A. Kochenova* 收集和材料。

References

1. Mead NG, Lithgow WC, Sweeney HJ. Arthrogryposis multiplex congenita. *J Bone Joint Surg Am.* 1958;40-A(6):1285-1309.
2. Friedlander HL, Westin GW, Wood WL. Arthrogryposis multiplex congenita: a review of 45 cases. *J Bone Joint Surg Am.* 1968;50(1):89-112.
3. Gibson DA, Urs NDK. Arthrogryposis multiplex congenita. *J Bone Joint Surg Br.* 1970;52(3):483-493.
4. Lloyd-Roberts GS, Lettin AWF. Arthrogryposis multiplex congenita. *J Bone Joint Surg Br.* 1970;52(3):494-507.
5. Петрова Е.В. Ортопедо-хирургическое лечение детей младшего возраста с артрогрипозом: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – СПб., 2007. [Petrova EV. Ortopedo-khirurgicheskoe lechenie detey mladshogo vozrasta s artrogripozom. [dissertation] Saint Petersburg; 2007. (In Russ.)]
6. Staheli LT, Hall JG, Jaffe KM, Paholke DO. Arthrogryposis. A text Atlas. Cambridge: Cambridge University Press; 2008. 178 p.
7. Sodergard J, Ryoppy S. Foot deformities in arthrogryposis multiplex congenita. *J Pediatr Orthop.* 1994;14(6):768-772.
8. Chang CH, Huang SC. Surgical treatment of clubfoot deformity in arthrogryposis multiplex congenita. *J Formos Med Assoc.* 1997;96(1):30-35.
9. Widmann RF, Do TT, Burke SW. Radical soft-tissue release of the arthrogryptic clubfoot. *J Pediatr Orthop B.* 2005;14(2):111-115.
10. Kowalczyk B, Lejman T. Short-term experience with Ponseti casting and the Achilles tenotomy method for

- clubfeet treatment in arthrogryposis multiplex congenita. *J Child Orthop*. 2008;2(5):365-371. <https://doi.org/10.1007/s11832-008-0122-0>.
11. Деревянко Д.В., Агранович О.Е., Петрова Е.В., и др. Лечение детей первого года жизни с косолапостью при артрогрипозе по методу Ponseti. Анализ ближайших результатов // *Детская хирургия*. – 2014. – № 1. – С. 4–9. [Derevyanko DV, Agranovich OE, Petrova EV, et al. Treatment of clubfoot in children with arthrogryposis in the first year of life by the Ponseti method. Analysis of immediate results. *Pediatric surgery*. 2014;(1):4-9. (In Russ.)]
 12. Niki H, Staheli LT, Mosca VS. Management of clubfoot deformity in amyoplasia. *J Pediatr Orthop*. 1997;17(6):803-807. <https://doi.org/10.1097/00004694-199711000-00020>.
 13. Ponseti IV, Smoley EN. Congenital clubfoot: the results of treatment. *J Bone Joint Surg Am*. 1963;45A:2261-2275.
 14. Ponseti IV. Congenital clubfoot: fundamentals of treatment. Oxford: Oxford University Press; 1996.
 15. Morcuende JA, Dobbs MB, Frick SL. Results of the Ponseti method in patients with clubfoot associated with arthrogryposis. *Iowa Orthop J*. 2008;28:22-26.
 16. Кенис В.М., Клычкова И.Ю., Степанова Ю.А. Метод Понсети в лечении сложных и нейрогенных форм косолапости у детей // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. – 2011. – № 4. – С. 67–70. [Kenis VM, Klychkova IY, Stepanova YA. Ponseti method of treatment of severe and neurogenic clubfoot. *Vestnik travmatologii i ortopedii imeni N.N. Priorova*. 2011;(4):67-70. (In Russ.)]
 17. Деревянко Д.В., Агранович О.Е., Буклаев Д.С., и др. Лечение косолапости у детей младшего возраста с артрогрипозом с применением метода Понсети: возможности и перспективы // *Травматология и ортопедия России*. – 2014. – № 1. – С. 51–58. [Derevyanko DV, Agranovich OE, Buklaev DS. Treatment of clubfoot in young children with arthrogryposis by Ponseti method: possibilities and perspectives. *Travmatologija i ortopedija Rossii*. 2014;(1):51-58. (In Russ.)]
 18. Kowalczyk B, Felus J. Ponseti casting and achilles release versus classic casting and soft tissue releases for the initial treatment of arthrogrypotic clubfeet. *Foot Ankle Int*. 2015;36(9):1072-1077. <https://doi.org/10.1177/1071100715581656>.
 19. van Bosse HJ. Syndromic feet: arthrogryposis and myelomeningocele. *Foot Ankle Clin*. 2015;20(4):619-644. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2015.07.010>.
 20. Вавилов М.А., Громов И.В., Баушев М.А. История развития метода И. Понсети в России // *Здоровье и образование в XXI веке*. – 2016. – Т. 18. – № 3. – С. 34–37. [Vavilov MA, Gromov IV, Baushev MA. Istoriya razvitiya metoda I. Ponseti v Rossii. *Health and education millenium*. 2016;18(3):34-37. (In Russ.)]
 21. van Bosse HJ, Marangoz S, Lehman WB, Sala DA. Correction of arthrogrypotic clubfoot with a modified Ponseti technique. *Clin Orthop Relat Res*. 2009;467(5):1283-1293. <https://doi.org/10.1007/s11999-008-0685-6>.
 22. Pirani S, Hodges D, Sekeramayi F. A reliable and valid method of assessing the amount of deformity in the congenital clubfoot deformity. *J Bone Joint Surg Br*. 2008;90(Supp_1):53.
 23. van Bosse HJP, Ponten E, Wada A, et al. Treatment of the lower extremity contracture/deformities. *J Pediatr Orthop*. 2017;37 Suppl 1:S16-S23. <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000001005>.
 24. Simons GW. A standardized method for the radiographic evaluation of clubfeet. *Clin Orthop Relat Res*. 1978(135):107-118.
 25. Radler C, Manner HM, Suda R, et al. Radiographic evaluation of idiopathic clubfeet undergoing Ponseti treatment. *J Bone Joint Surg Am*. 2007;89(6):1177-1183. <https://doi.org/10.2106/JBJS.F.00438>.
 26. Noh H, Park SS. Predictive factors for residual equinovarus deformity following Ponseti treatment and percutaneous Achilles tenotomy for idiopathic clubfoot: a retrospective review of 50 cases followed for median 2 years. *Acta Orthop*. 2013;84(2):213-217. <https://doi.org/10.3109/17453674.2013.784659>.

Information about the authors

Svetlana I. Trofimova — MD, PhD, Research Associate of the Department of Arthrogyrosis. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-4116-8008>. E-mail: trofimova_sv2012@mail.ru.

Denis V. Derevianko — MD, Orthopedic and Trauma Surgeon of the Trauma and Orthopedics Department. Novorossiysk City Polyclinic No. 5 of the Health Ministry of the Krasnodar Region, Novorossiysk, Russia. <https://orcid.org/0000-0001-6421-6503>. E-mail: dionis1976@inbox.ru.

Evgeniia A. Kochenova — MD, PhD, Orthopedic and Trauma Surgeon of the Department of Arthrogyrosis. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0001-6231-8450>.

Ekaterina P. Petrova — MD, PhD, Senior Research Associate of the Department of Arthrogyrosis. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-1596-3358>.