

# 使用序贯应用引导生长和外固定治疗儿童先天性长骨畸形：初步报告

## TREATMENT OF CONGENITAL LONG-BONE DEFORMITIES IN CHILDREN USING THE CONSECUTIVE APPLICATION OF GUIDED GROWTH AND EXTERNAL FIXATION: PRELIMINARY REPORT

© V.A. Vilensky, E.A. Zakharyan, A.A. Pozdeev, T.F. Zubairov, A.P. Pozdeev

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

Received: 01.06.2018

Accepted: 03.09.2018

**目的。**本研究旨在评估使用序贯应用引导生长和外固定治疗先天性长骨畸形的结果。

**材料和方法。**对 38 名先天性长骨畸形儿童的治疗结果进行回顾性分析。第 1 组为 17 名儿童，他们接受了两种方法的序贯应用：引导生长和外固定。第 2 组（对照组）为 21 名儿童，他们接受了单独的延长和外固定畸形矫治。

**结果。**第 1 组并发症 14 例，第 2 组并发症 25 例。另外，第 1 组仅 7 例并发症需要手术治疗，而第 2 组有 17 例并发症需要手术治疗。再骨折发生率较低：第 1 组 0 例，第 2 组 3 例。最常见的并发症是伴随儿童持续生长的畸形复发：第 1 组 7 例，第 2 组 8 例。然而，第 1 组无病例出现畸形扭曲部分复发，6 例生长发育期儿童均接受了重复引导生长。

**结论。**序贯使用外固定和引导生长治疗先天性下肢畸形是小儿骨科的一个很有前途的方向，因为它减少了并发症的发生。由于其侵袭性较小，重复使用引导生长是治疗生长发育期儿童畸形复发的最有效的方法。

**关键词：**畸形矫治；外固定；引导生长；半骺阻滞。

**Aim.** This study aimed to estimate the results of congenital long bone deformities using the consecutive application of guided growth and external fixation.

**Materials and methods.** We performed a retrospective analysis of the treatment results of 38 children with congenital deformities of long bones. Group 1 consisted of 17 children who underwent consecutive application of two methods: guided growth and external fixation. Group 2 (control group) consisted of 21 children who underwent isolated lengthening and deformity correction by external fixation.

**Results.** There were 14 complications in group 1 and 25 complications in group 2. Moreover, only seven cases in group 1 had complications requiring surgical treatment, whereas 17 cases in group 2 required operative treatment for complications. There was a relatively low level of refractures: zero cases in group 1 and three cases in group 2. The most common complication was a recurrence of deformity associated with the continuous growth of children: seven cases in group 1 and eight cases in group 2. However, no recurrence of the torsion component of deformity was observed in any group 1 cases, and repeated guided growth could be performed in the six cases of growing children.

**Conclusion.** The consecutive use of external fixation and guided growth to treat congenital deformities of the lower limbs is a promising direction for pediatric orthopedics because it reduces the incidence of complications. The repeated use of guided growth, because of its minimal invasiveness, is the most effective solution for the recurrence of deformity in a growing child.

**Keywords:** deformity correction; external fixation; guided growth; hemiepiphysiodesis.

### 引言

患儿长管状骨畸形通常与这些骨骼的短缩有关。在大多数病例中，外科医生需要消除双肢的长度不等，纠正畸形。目前，经骨接骨术是治疗畸形合并骨短缩的标准方法 [1–3]。Ilizarov 装置及其

类似物的使用使得实现理想的节段长度并矫正各种复杂程度的畸形成为可能 [3–5]。广泛使用的基于计算机导航的经骨装置和重定位装置，即所谓的六足体，提供了最高的矫正精度 [3, 6–8]。然而，经骨接骨术尚无法解决与患儿长骨先天畸

形的相关问题。因此，经骨接骨术并不能解决各种先天性畸形（股骨先天性短缩、腓侧半肢畸形）典型的生长区不对称活动问题。因此，即使在理想的畸形伸长和矫正后，随着儿童的生长，与不对称生长相关的复发也会发生。

此外，还存在一个可以称为“关节畸形”的问题，视具体情况而定。这一术语指的是在关节水平或骨骺区域顶端的畸形。在这种情况下，在畸形顶端行截骨术是不可行的，因为需要稳定的经骨模块固定，所有的经骨成分必须放置在生长区外。当节段的机械轴恢复时，从畸形顶端切除截骨区会使骨块的宽度发生位移，即 Paley 第二规则 [9]。截骨距离畸形顶端越远，畸形矫正后（修复节段机械轴的正确通道）骨块的宽度位移越大。在这种情况下，牵引植骨获得一个“Z 字”形状，可能影响其强度。

近年来，对于患儿长骨畸形的纠正，使用 8 字形夹板螺钉的暂时半骺阻滞的控制生长成为普遍现象 [10, 11]。该方法通过单侧“抑制”生长区功能，微创消除同一平面长骨畸形。控制生长对矫正长骨额平面的“关节”畸形极为有效。这种方法在多平面畸形中使用有限，而且由于不能延长节段，限制了短缩相关畸形的治疗。

据我们所知，目前还没有关于长骨畸形患儿持续使用控制生长和经骨接骨术的数据。

**本研究旨在**通过持续应用控制生长牵引接骨术评价下肢先天性畸形的治疗结果。

## 材料和方法

对 38 名先天性长骨畸形患者的治疗结果进行回顾性分析。

第 1 组为 17 名患儿，治疗方法为序贯进行的经骨接骨术和控制生长。

第 2 组（对照组）为 21 名患儿。在这些患儿中，使用经骨接骨术的方法延长和矫正了节段畸形。

所有患者于 2010 年 8 月至 2017 年 8 月在特纳儿童骨科科学研究所第一科室接受治疗。表 1 和表 2 列出了手术治疗时按疾病分类和性别划分的患者分布情况。

第 1 组的平均年龄为  $7.6 \pm 3.4$  岁，第 2 组为  $9.6 \pm 2.9$  岁。

两组患者的研究入选标准如下：

- 1) 畸形伴短缩；
- 2) 有功能正常的生长区；以及
- 3) 关节或骨骺水平的顶端畸形（至少有一处有多水平的畸形）。

我们分析了以下指标：

- 使用控制生长方法矫正畸形所需的时间（从手术开始至取出钢板的时间）作为控制生长的时间；
- 延伸的程度；
- 修复机械轴参考值和节段角度导致的骨块宽度位移量；
- 外固定指数 (EFI)；
- 并发症的数量。

第 2 组患者：

- 延伸的程度；
- 修复机械轴参考值和节段角度导致的骨块宽度位移量；
- EFI；
- 并发症的数量和性质。

表 1 按疾病分类的患者分布情况

诊断	第 1 组	第 2 组
	患者人数	
先天性髋关节短缩和畸形	11	15
腓侧半肢畸形（缺肢畸形）	6	6

表 2 按性别分类的分布情况

性别	第 1 组	第 2 组
	患者人数	
男性	10	9
女性	7	12

第 1 组中，治疗股骨畸形 11 例，胫骨畸形 6 例。根据长骨畸形的实用分类[12]，10 例为复杂畸形（二面、三面多部分畸形），7 例为中等复杂程度畸形（一面、二面、三面多部分畸形和二、三部分畸形）。在大多数病例 (14) 中，畸形的外翻部分可通过控制生长而消除；仅在 3 例中，内翻部分被移除。在所有病例中，如果矢状面有畸形，则发生前屈。任何髋关节或胫骨畸形病例均未出现畸形的反屈部分。参考线和角度值 [9,13] 以及畸形角度部分值如表 3 和表 4 所示。同样值得注意的是，在所有病例中，在存在扭转部分的情况下，股骨畸形时观察到外侧扭转，胫骨畸形时观察到内侧扭转。在 9 例患者中，手术治疗顺序如下：首先通过控制生长对额平面畸形进行矫正，然后对畸形的其余部分进行伸长和矫正。在 8 例患者中，首先进行畸形伸长和矫正，然后出现畸形和半髌阻滞的复发趋势。在 8 例胫骨畸形矫正中，在生长区的近端和远端均进行了半髌阻滞。

在第 2 组中，治疗股骨畸形 15 例，胫骨畸形 6 例。参考线和角度值以及畸形角度部分值见表 3 和表 4。在所有病例中，在额平面存在畸形的情况下，均存在外翻部分；在所有病例中均未观察到内翻。矢状面存在畸形时，进行前屈。在所有病例中，在存在扭转部分的情况下，

在股骨畸形中观察到外部扭转，在胫骨畸形中观察到内部扭转。此外，在 12 个病例中，这些畸形是复杂的，在 9 个病例中，它们具有平均程度的复杂性（一、二、三平面和二、三部分）。在 8 个病例中，畸形矫正为二级；因此，进行了两级截骨术。

在经骨接骨阶段实现精确畸形矫正，即，100% 符合直接投影节段机械轴所实现的值、侧面投影节段的解剖轴、在参考值范围内与关节线交叉形成的角，所谓的参考线和角，是一个纳入标准。在所有病例中，均使用基于 Orto-SUV 计算机导航的单元作为重新定位单元 [3, 6]。评估畸形、确定其顶端和控制矫正的一个必不可少的条件是术前对畸形扭转部分进行下肢全景 X 线照片和计算机断层扫描 (CT)。

使用 Microsoft Excel 2016 进行统计分析。对于定量变量，计算均值(M)和标准差(SD)。采用学生 t 检验确定平均值间差异的统计学意义。

### 研究结果

结果如表 5 所示。第 1 组控制生长的周期为  $485.1 \pm 77.1$  天。两组的伸长无显著差异；第 1 组是  $49.9 \pm 8.8\text{mm}$ ，第 2 组是  $47.7 \pm 8.9 \text{ mm}$  ( $p \geq 0.05$ )。第 1 组的牵引期为  $55.6 \pm 16.5$  天，第 2 组为  $50.9 \pm 9.7$  天( $p \geq 0.05$ )。第 1 组的畸形

表 3 髋关节畸形的参考线和角度（治疗前）

指标	正常值	第 1 组	第 2 组
<b>额平面</b>			
<b>外翻</b>			
DMA	向内 0-10 mm	向外 $29 \pm 5 \text{ mm}$	向外 $31 \pm 4 \text{ mm}$
MLPFA, °	85-95	$70 \pm 6$	$72 \pm 7$
MLDFA, °	85-90	$72 \pm 3$	$76 \pm 6$
畸形角度, °		$23 \pm 6$	$20 \pm 8$
<b>矢状面</b>			
<b>内屈</b>			
APDFA, °	73-84	$65 \pm 5$	$71 \pm 7$
畸形角度, °		$15 \pm 7$	$13 \pm 7$
<b>横截面</b>			
外部扭转, °		$30 \pm 7$	$27 \pm 8$

**注意：**MLPFA—机械外侧股骨近端角；MLDFA—机械外侧股骨远端角；DMA—机械轴的偏差；APDFA—解剖后股骨远端角。

表 4 胫骨畸形的参考线和角度 (治疗前)

指标	正常值	第 1 组	第 2 组
<b>额平面</b>			
<b>外翻</b>			
DMA	向内 0-10 mm	向外 33 ± 8 mm	
MMPAT, °	85-90	102 ± 3	98 ± 7
MLDAT, °	86-92	76 ± 4	74 ± 7
畸形角度, °		21 ± 3	19 ± 5
<b>内翻</b>			
DMO	向内 0-10 mm	向内 24 ± 5 mm	-
MMPAT, °	85-90	79 ± 4	-
MLDAT, °	86-92	106 ± 4	-
畸形角度, °		15 ± 5	-
<b>矢状面</b>			
<b>内屈</b>			
APPAT, °	77-84	66 ± 5	70 ± 3
AADAT, °	78-82	89 ± 4	92 ± 7
畸形角度, °		14 ± 7	18 ± 4
<b>横截面</b>			
内部扭转		27 ± 7	

**注意:** MMPAT - 机械内侧胫骨近端角; MLDAT - 机械外侧胫骨远端角; DMA - 机械轴偏差; APPAT - 解剖后胫骨近端角; AADAT - 解剖前胫骨远端角。

矫正期为 11.5 ± 4.1 天, 第 2 组为 17.9 ± 3.1 天 ( $p \geq 0.05$ )。第 1 组的 EFI 为 46.7 ± 10.3 天/cm, 第 2 组为 48.7 ± 10.5 天/cm ( $p \geq 0.05$ )。第 1 组的骨块宽度位移为 1.5 ± 1.7 mm, 第 2 组为 9.6 ± 5.5 mm ( $p \geq 0.05$ )。

观察到的并发症见表 6。

第 1 组中, 53% 的患者出现并发症, 4 例患者出现至少 2 种并发症。

在半髌阻滞期, 有 1 个病例的额平面没有得到精确的矫正。也就是说, 在股骨半髌阻滞 2 年后, 畸形的外翻部分并没有消除。机械轴的偏差是向外 12 mm 和机械股骨远端外侧角为 78°。考虑到关于控制生长时间不应超过 2 年的建议, 决定去除 8 字形钢板并进行第二阶段治疗。其中 1 例的 8 字形钢板螺钉断裂, 出现计划外畸形过度矫正。我们认为这种并发症与不遵医嘱进行 X 光检查和患者父母不随访就诊有关。因此, 由于无法解释的原因, 建议的期限超过了 4 个

月。然而, 这种并发症并不影响最终的结果。在治疗的第二阶段, 通过经骨接骨术消除畸形。

在 5 例患者中, 在取出外固定装置 (EFD) 后发现膝关节挛缩。此外, 有 3 例挛缩是内屈的。在这些患者中, 活动范围分别是 15°/0°/0°, 30°/0°/0° (内屈不足为 145°, 130° 和 120°)。有 2 例挛缩是外展的。在这些患者中, 活动的范围是 160/20/0° 和 150/15/0° (外展不足为 20° 和 15°)。在上述所有病例中, 均通过康复和恢复措施恢复了膝关节功能。

在 5 个病例中, EFD 拆除后, 有 2 例在 8 字形钢板拆除后畸形复发。没有患者出现畸形扭转部分的复发。畸形复发的最短时间为 6 个月, 最长为 2 年。在 7 个病例中, 均采用手术矫形。此外, 在 6 名患儿中, 由于在所有病例中均保留了节段的长度, 因此均采用了重复半髌阻滞。在 4 个病例中, 重复半髌阻滞有效。其余 2 名患者在撰写本报告时正在接受治疗。在 15 岁的病例中,

表 5 治疗结果

参数	第 1 组	第 2 组	$p^1$
控制生长期, 天	485.1 ± 77.1	-	-
延长程度, mm	49.9 ± 8.8	47.7 ± 8.9	≥0.05
牵引期, 天	55.6 ± 16.5	50.9 ± 9.7	≥0.05
矫正期, 天	11.5 ± 4.1	17.9 ± 3.1	≥0.05
EFI, 天/cm	46.7 ± 10.3	48.7 ± 10.5	≥0.05
AD <sup>2</sup> , mm	1.5 ± 1.7	9.6 ± 5.5	≤0.05

注意: <sup>1</sup>组间差异具有统计学意义,  $p \leq 0.05$ ; AD - 因机械轴和节段角的参考值恢复导致的骨块宽度位移量; EFI - 外固定指数。

表 6 并发症

参数	第 1 组	第 2 组
畸形矫正不足	1	-
手术硬件部分骨折	1	-
关节挛缩 (s)	5	7
关节脱位或半脱位	-	2
萎缩形成再生	-	3
再骨折	-	3
畸形复发	7	8
髌骨脱位	-	2
合计	14	25

考虑到年龄、生长区功能的放射学征象缺失以及股骨畸形(额平面[外翻]和矢状面[前屈]),进行了矫形截骨和钢板接骨。

在所有病例中,在经骨接骨阶段,均在经骨部分出口区域发现炎症变化,并采用保守方法予以抑制。第 2 组中,81% 的患者出现并发症;6 名患者至少有 2 种并发症。

7 名患者出现关节挛缩固定,6 例出现膝关节挛缩固定,1 例出现踝关节挛缩固定。另外,5 例出现膝关节挛缩屈曲。屈曲不足是  $134^\circ \pm 18^\circ(150^\circ-110^\circ)$ 。在 1 个病例中,膝关节挛缩是合并的。在该患者中,活动幅度是  $90^\circ/20^\circ/0^\circ$ (外展不足为  $20^\circ$ ,内屈不足为  $70^\circ$ )。踝关节挛缩的患者中,EFD 切除后的活动幅度为  $40^\circ/20^\circ/0^\circ$ (背屈不足为  $20^\circ$ )。在上述所有病例中,均通过康复和恢复措施恢复了膝关节功能。

在 2 个病例中,取出固定膝关节的经骨模块后,尽管固定了膝关节,股骨伸长仍导致膝关节脱

位;这需要手术治疗。在 3 个病例中,观察到萎缩再生的形成,导致 2 例需要自体骨移植。在 2 个病例中,在牵引再生区出现一处再骨折。在 1 个病例中,再骨折发生在压缩牵引装置(CDA)拆除 5 天后,另 1 个病例中,发生在 25 天后。在 1 个病例中,取出一个经骨元件后,沿开口检测到骨折。在所有这些病例中,后期都需要手术治疗。

第 2 组的 8 例患者中,出现复发性畸形。在 5 个病例中,通过经骨接骨重复截骨,在 3 个病例中,采用外部接骨进行截骨。

在 2 个病例中,因髌骨脱位导致畸形矫正复杂化。在这 2 个病例中,均进行了 Ru-Friedland-Volkov 手术。

在第 2 组中,所有患者均出现经骨元件区域炎症改变。在 1 个病例中,需要移除经骨元件。在所有其他病例中,局部治疗和抗菌治疗足以阻止炎症进程。

### 临床病例 1

患者 P, 5 岁, 诊断为右下肢先天畸形, 收治特纳儿童骨科科学研究所诊所。患者右下肢缩短 6.5 cm, 股骨外翻扭转畸形, 右胫骨腓侧半肢畸形 (缺肢畸形)。入院时, 患者和母亲主诉右侧胫骨畸形和缩短。经全景 X 光片 (图 1) 检查分析, 患者右股骨顶端膝关节水平外翻畸形, 右股骨缩短 5 cm, 胫骨缩短 1.5 cm。根据 CT 数据, 右腿也有一个扭转变形部分等于 20°。根据实用分类, 畸形被认为是一种平均复杂程度的畸形。矫正之前, 股骨远端机械角为 80°, 股

骨的解剖后远端角为 79°, 机械轴的偏差为向外 22 mm。

影像学及 CT 图像显示, 右侧股骨外侧髁明显发育不全。考虑到畸形部位、患者年龄、外侧髁发育不全、股骨外扭转等因素, 我们决定进行两期畸形矫正。第一阶段为右侧股骨远端生长区内段的暂时性半骺阻滞, 采用 8 字形钢板消除畸形的内翻部分, 修正股骨髁的大小。术后恢复期一切顺利。出院时 (术后 5 天) 膝关节功能完全。患者每 3 个月随访一次。畸形消除 (图 1, d), 一期手术 380 天后取出钢板。

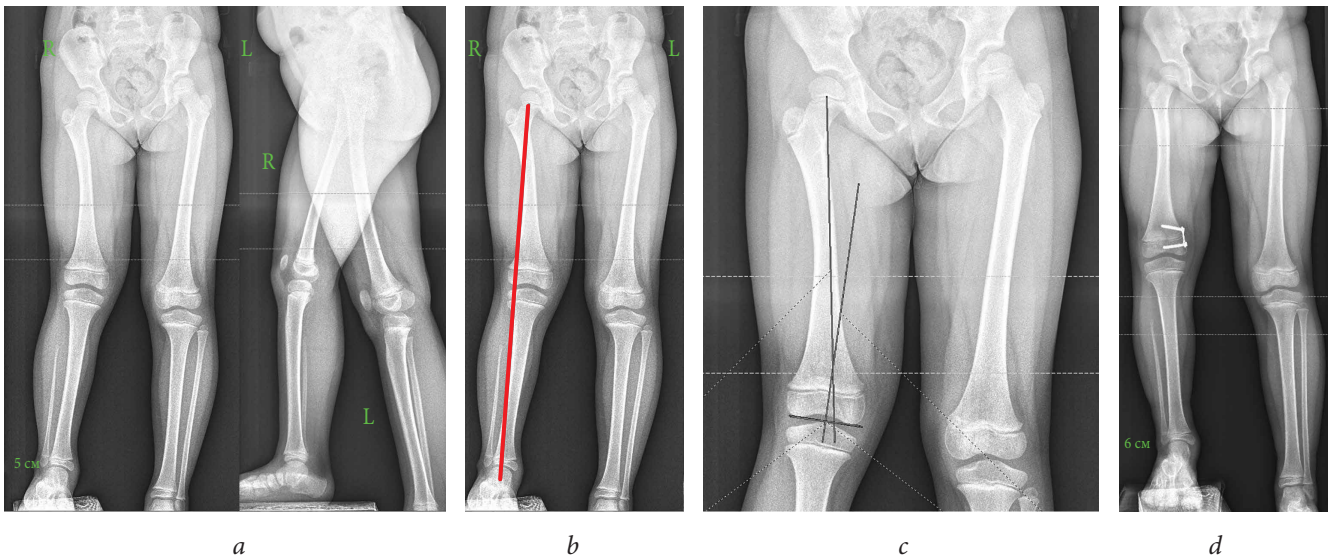
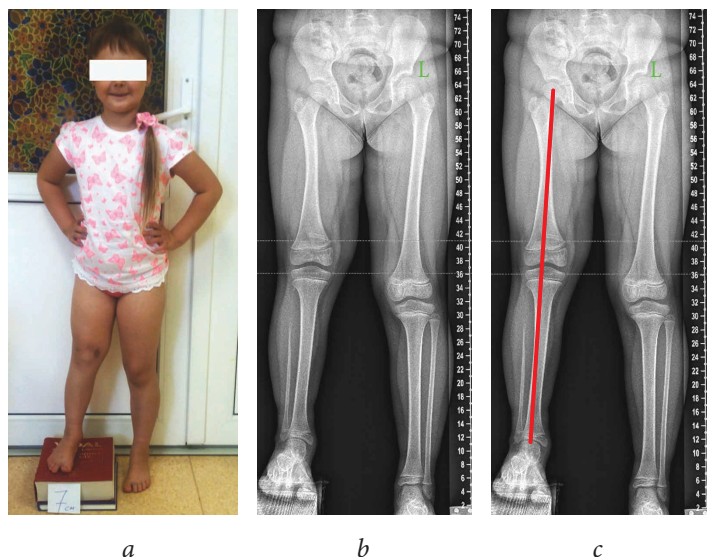


图 1. 患者P在治疗第一阶段: a - 术前下肢的全景 X 光片; b - 在全景 X 光片上绘制的肢体共同机械轴; c - 在 X 光片上绘制的近端和远端骨块的机械轴, 已发现畸形的顶端; d - 第一阶段结束时的下肢全景 X 光片 (拆除 8 字钢板前)

### 图 2. 患者P在第二阶段手术治疗前:

a - 患者的照片; b - 下肢的全景 X 光片; c - 在全景 X 光片上绘制的肢体的共同机械轴。



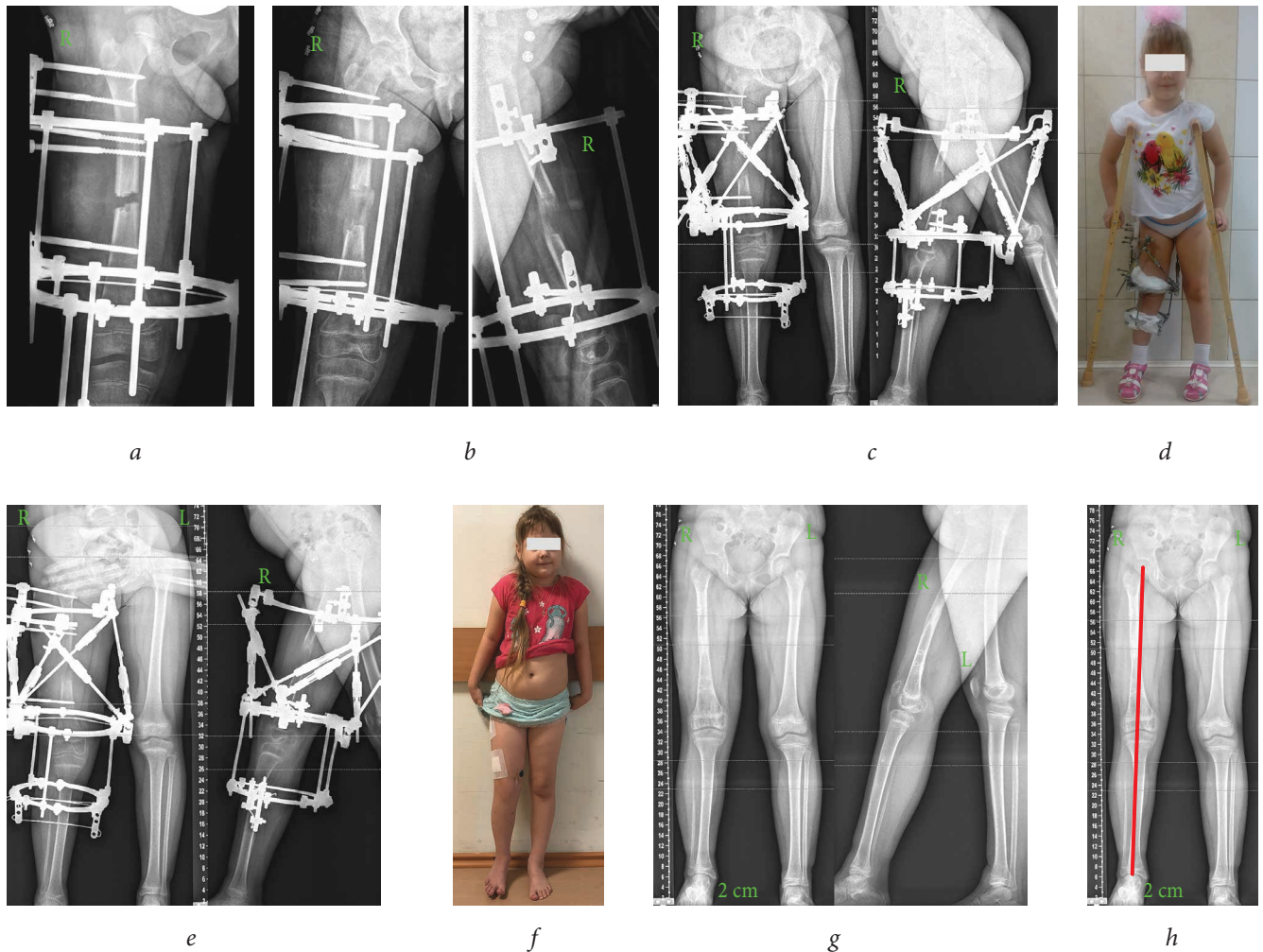


图 3. 患者P在治疗第二阶段: *a-b*—伸长阶段的 X 光片; *c*—安装 Orto-SUV 元件后的下肢全景 X 光片; *d*—带装置的患者照片; *e*—下肢畸形矫正后的全景 X 光片; *f*—CDA 拆除后的患者照片; *g-h*—CDA 拆除后的全景 X 光片。

评价了全景 X 光片的 X 光结果; 我们发现股骨远端机械角是  $88^\circ$ , 解剖后远端股骨角是  $82^\circ$ , 机械轴偏差是  $0\text{ mm}$ 。在 X 光片和计算机断层扫描图上, 发现股骨髁大小一致。第二阶段 (图2、3), 取出钢板 1 个月后, 行右股骨经骨接骨术联合右股骨中、下三分之一缘折骨骨皮质切开术。术后第 5 天开始, 沿着 Ilizarov 装置棒牵引。牵引期为 67 天。节段延长 55 mm 后, 安装 Orto-SUV 复位元件。根据计算机导航程序的计算结果, 对畸形的扭转部分和残余畸形进行了矫正。此后, 该患者每月接受门诊随访。观察到牵生再生的骨重建的影像学征象后, 拆除 EFD。固定期为 227 天, EFI 为  $42\text{ 天/cm}$ 。CDA 拆除后, 膝关节的活动幅度是  $80^\circ/0^\circ/0^\circ$ 。在 3 周的机械疗法和运动疗法期间, 活动振幅达到  $120^\circ/0^\circ/0^\circ$ 。

## 临床病例 2

患者R., 8 岁, 诊断为右下肢先天畸形, 收治特纳儿童骨科科学研究所诊所。患者右下肢胫骨缩短 3 cm, 左胫骨前外翻畸形伴左脚畸形。早些时候, 在 6 岁时, 在初级保健机构进行左腿伸长。根据母亲的说法, 在拆除 EFD 后立即发现畸形复发。入院时, 患者和母亲主诉左腿畸形和缩短。通过对全景 X 光片 (图 4) 的检查和析, 我们发现患儿左胫骨前外翻畸形, 左下肢缩短 3 cm。根据实用分类, 认为该畸形具有中等复杂性。矫正前, 胫骨机械内侧近端角为  $99^\circ$ , 胫骨机械外侧远端角为  $92^\circ$ , 机械轴偏差为向外 34 mm, 胫骨解剖近端后角为  $64^\circ$ , 解剖远端前角为  $98^\circ$ 。

第一阶段 (见图 4), 行左胫骨经骨接骨联合左胫骨和腓骨上三分之一和中三分之一缘截骨。术后第 5 天开始, 沿着 Ilizarov 装置棒开始

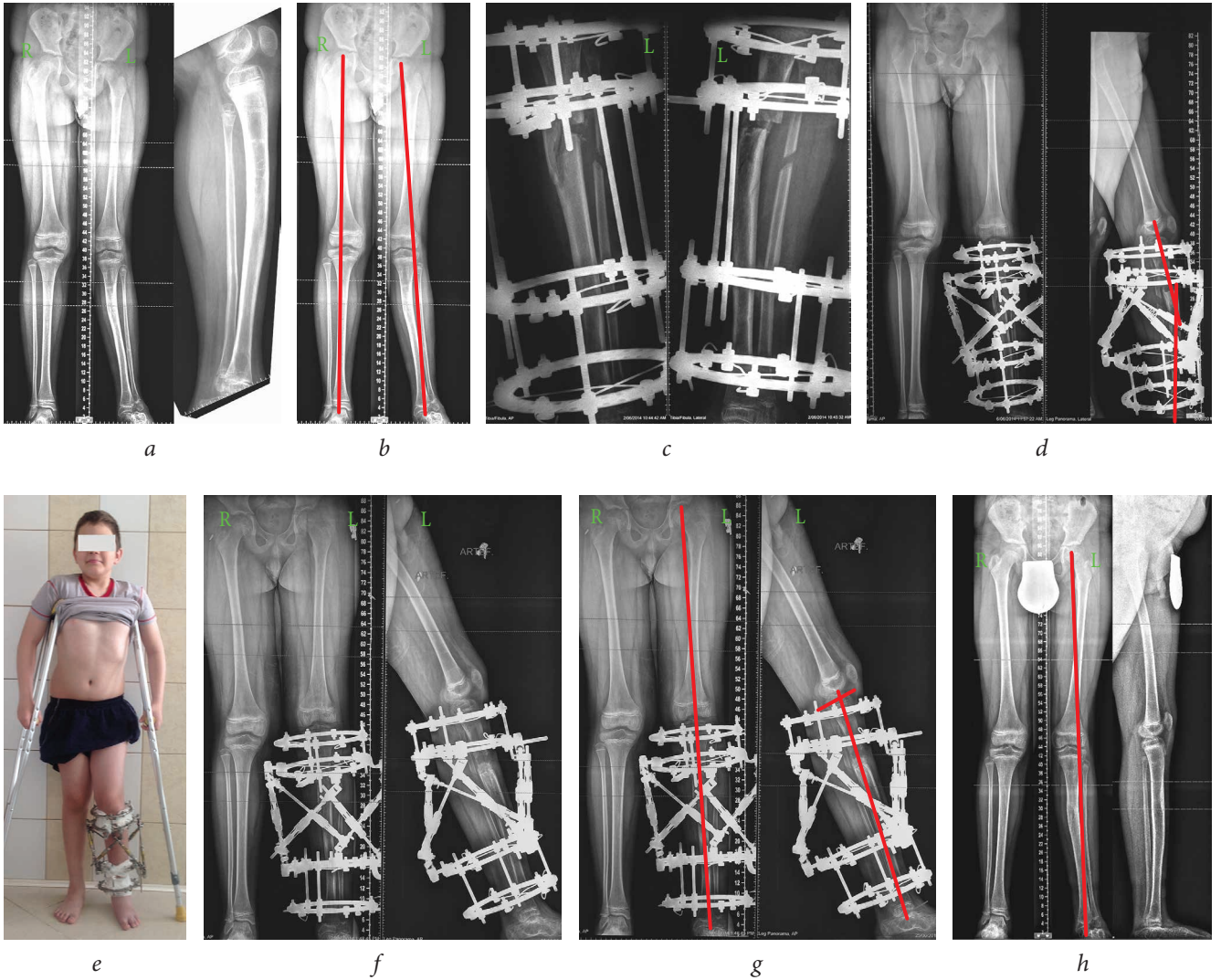


图 4. 患者 R. 在治疗第一阶段: *a-b* - 术前下肢全景 X 光片 (绘制了下肢的一般机械轴); *c* - 术后 X 光片; *d* - 畸形矫正前全景 X 光片 (安装了 Ortho-SUV 元件); *e* - 患者矫正畸形过程中的 X 光片; *f* - 畸形矫正后患者的全景 X 光片; *g* - 矫正畸形后患者的全景 X 光片 (直接在 X 光片上绘制了机械轴, 在横轴上绘制了解剖轴); *h* - EFD 拆除 3 个月后患者的全景 X 光片 (畸形外翻部分复发)。

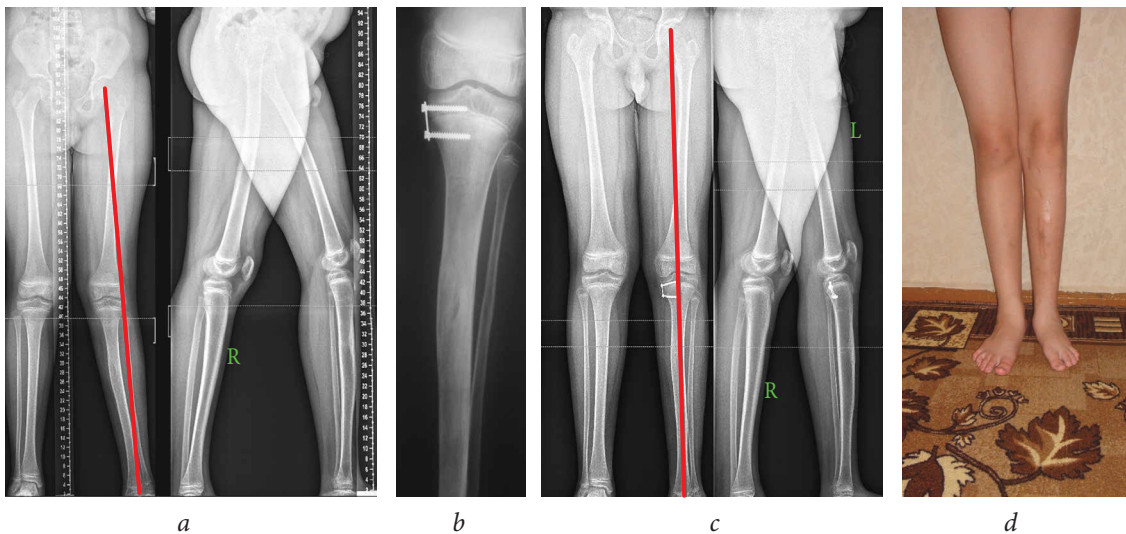


图 5. 患者 R. 手术治疗的第二阶段: *a* - 患者术前全景 X 光片; *b* - 患者术后 X 光片; *c* - 取出钢板前患者的全景 X 光片; *d* - 取出钢板后患者的照片。



牵引。牵引期为 40 天。节段延长 35 mm 后，安装复位单元 Ortho-SUV。根据计算机导航程序的计算结果进行畸形矫正。矫正后，胫骨机械内侧近端角为 86°，胫骨机械外侧远端角为 94°，机械轴偏差为 0 mm，胫骨解剖近端后角为 82°，胫骨解剖远端前角为 80°。

此后，该患者每月接受门诊随访。出现牵生再生的骨重建的影像学征象后，拆除 EFD。固定期为 168 天。外固定指数为 48 天/cm。在 3 个月后的对照 X 光检查中，我们发现外翻畸形复发。

考虑到四肢等长，我们决定对左胫骨近端生长区的内侧部分进行暂时性半髓阻滞作为第二阶段的治疗，以消除畸形的的外翻部分。术后恢复期一切顺利。出院时膝关节功能完全。每 3 个月随访一次。畸形消除（图 5），一期手术 525 天后取出钢板。

## 讨论

控制生长广泛应用于患儿下肢畸形的矫正 [10, 11, 14, 15]。

一些全球研究报告了控制生长治疗特发性畸形和多发性外生软骨发育异常所致畸形的疗效。很少有研究评估通过控制生长来矫正与节段缩短相关的先天性畸形。因此，在 B. Danino 等人进行的一项多中心、多国研究中 [14]，对 537 名患者（967 个节段）的治疗结果进行了分析。其中仅 105 名患有先天性畸形。据我们所知，目前的队列是使用控制生长的先天性畸形患者数量最大的组别。数据显示，70% 的股骨畸形和 80% 的胫骨畸形均可通过控制生长予以有效矫正。使用控制生长法治疗先天性畸形的局限性很明显 [15]；包括 8 字形钢板仅可在一个平面（矢状面或额平面）“工作”，无法消除畸形的扭转部分，也无法使节段伸长。因此，考虑到先天性畸形很少是“一个平面”的，在大多数情况下是复杂的、多平面的，包括含有扭转部分的畸形，且常与节段缩短有关，因此使用控制生长存在多种限制。

然而，P. Stevens [16] 在矫正先天性股骨畸形方面证实了控制生长的优势。因此，在大多数情况下，先天性股骨畸形包括外翻部分、扭转部分、外侧髁缩短和发育不全。8 字形钢板安装在远端生长区的内侧，不仅可以消除畸形的的外翻部分，还可以平衡股骨髁的大小。这一观察结果为我们选择序贯方法治疗这些缺陷（控制生长，然后进行经骨接骨）提供了主要依据。因此，采用使用经骨接骨的传统畸形伸长和矫正术，在股骨外侧

髁发育不全的情况下消除畸形的扭转成分，增加了髁骨外脱位的风险。从概念上讲，我们的想法与 Stevens 方法是一致的，事实上，第一步是实现控制生长，消除畸形的的外翻部分，并统一髁突的大小。在第二阶段中，Stevens 建议通过使用 2 个或 4 个 8 字形钢板对对侧健康的下肢进行临时髁骨干固定来统一四肢的长度，从而抑制其生长。从我们的观点来看，这是反逻辑的，畸形节段的扭转部分不会得到矫正，“慢减缓”健康腿的生长速度并不总是能解决这个问题，因为它会导致儿童身材矮小，下肢与身体和上肢不成比例。

此外，在大多数病例下，外翻畸形的顶端在关节水平上。截骨联合经骨接骨无法在畸形的顶端进行。此外，因为需要稳定地固定远端骨块，且经骨元件穿过生长区是不可接受的，截骨区与畸形顶端通常距离较远。在这种情况下，畸形矫正导致骨块宽度移位；如前所述，这可能会影响再生的强度。目前的结果表明，在第 2 组中，仅采用经骨接骨联合截骨，二次位移的宽度是  $9.6 \pm 5.5 \text{ mm}$ ，而在第 1 组中，序贯使用控制生长和经骨接骨，宽度是  $1.5 \pm 1.7 \text{ mm}$ 。在本例中，第 2 组有 3 例再次骨折，而在研究组中，无该并发症的记录。

据我们所知，之前没有关于序贯使用经骨接骨和控制生长的试验报告。几项研究表明，采用经骨接骨治疗先天性髁关节和胫骨畸形的并发症风险极高（50%–150%）[7, 8, 17–20]。总的来说，我们的研究证实了这一数据。因此，研究组（第 1 组）出现并发症 14 例（占全部患者的 53%），对照组（第 2 组）出现并发症 25 例（占所有患者的 81%）。但需要明确的是，第 1 组仅 7 例的并发症需要手术治疗。第 2 组有 17 例的并发症需要手术治疗。

既往报告显示，最常见的并发症是再骨折。J. Horn 等人 [7] 报告 81 例患者中有 8 例出现再骨折，Aston 等人 [18] 发现 56.7% 的受试者出现了再骨折。Launay 等人 [19] 报告通过对 58 例患者的治疗结果进行分析，检测出再骨折比例约为 28%。

为了解决这个问题，许多研究人员 [18, 19] 提出对延长节段进行强化。在我们的研究中，没有使用强化；然而，我们注意到再骨折的发生率相对较低。这可能是由于分析的病例较少，而且我们组的 EFI 相对较大；第 1 组的 EFI 为  $46.7 \pm 10.3 \text{ 天/cm}$ ，而第 2 组的是  $48.7 \pm 10.5 \text{ 天/cm}$ 。

此外, 据我们所知, 之前没有任何试验研究过不是由再骨折引起的、而是与生长区不对称手术继续进行有关的节段畸形伸长和矫正后畸形复发的问题。根据目前的结果, 序贯使用控制生长和外固定不会降低畸形复发的风险; 第 1 组有 7 例, 第 2 组有 8 例。然而, 在研究组中, 没有一例患者出现畸形扭转部分的复发, 在所有保留生长能力的患儿 (6 例) 中, 均有可能再次应用控制生长。在对照组中, 未采用控制生长治疗复发, 因为这一组主要是回顾性的, 在我们的实践中, 在控制生长可用之前就对儿童提供了帮助。

## 结论和总结

本研究结果表明, 在儿童先天性下肢畸形的治疗中, 序贯应用经骨接骨和控制生长的方法是一种很有前途的方法, 因为它减少了并发症的发生。由于其发病率低, 反复使用控制生长的方法可有效地解决正在生长发育的儿童畸形复发的问题。

## 其他信息

**科研资金来源。** 这项研究得到了特纳儿童骨科科学研究所的支持。

**利益冲突。** 作者 V.A.Vilensky 称自己是 Orto-SUV 公司的雇员。作者声明, 发表这篇文章没有明显和潜在的利益冲突。

**伦理审查。** 患者及其代表同意处理及公布个人资料。

## 作者贡献

V.A. Vilensky – 开发一种治疗先天性髋关节、胫骨畸形患者的新算法, 并将这些患者组成研究组。撰写文章的所有章节。文献收集与整理。他给 8 名患者进行了手术。

E.A. Zakharyan – 统计数据处理参与开发一种新的治疗算法。12 名患者的 X 光数据处理。

A.A. Pozdeev – 对 9 名患者进行了手术。参与开发一种新的治疗算法。8 名患者的 X 光数据处理。

T.F. Zubairov – 对 6 名患者进行了手术。11 名患者的 X 光数据处理。

A.P. Pozdeev – 对 8 名患者进行了手术。管理和参与开发一种新的治疗算法。

致谢。我们对 E.V. 表示感谢。医学博士、博士 Bukharev 为开发一种新的治疗算法做出了重大贡献。

## References

1. Birch J.G., Samchukov M.L. Use of the Ilizarov method to correct lower limb deformities in children and adolescents. *J Am Acad Orthop Surg.* 2004; 12(3): 144–154.
2. Gubin A.V., Borzunov D.Y., Malkova T.A. The Ilizarov paradigm: thirty years with the Ilizarov method, current concerns and future research. *Int Orthop.* 2013; 37(8): 1533–1539. <https://doi.org/10.1007/s00264-013-1935-0>.
3. Соломин Л.Н. Основы чрескостного остеосинтеза. Т. 3. Частные вопросы – 2. – М.: БИНОМ, 2015. [Solomin LN. Osnovy chreskostnogo osteosinteza. Vol. 3. Chastnye voprosy – 2. Moscow: BINOM; 2015. (In Russ.)]
4. Илизаров Г.А., Девятков А.А. Оперативное удлинение голени с одновременным устранением деформаций // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1969. – № 3. – С. 32–37. [Ilizarov GA, Devyatov AA. Operativnoe udlineniye goleni s odnovremennym ustraneniem deformatsiy. *Orthopaedics, Traumatology and Prosthetics.* 1969; (3): 32–37. (In Russ.)]
5. Попков А.В., Аранович А.М., Попков Д.А. Особенности оперативного лечения детей с врожденной гемимелией малоберцовой кости // Гений ортопедии. – 2013. – № 1. – С. 55–60. [Popkov AV, Aranovich AM, Popkov DA. Features of surgical treatment of children with congenital fibular hemimelia. *Genii ortopedii.* 2013; (1): 55–60. (In Russ.)]
6. Соломин Л.Н., Щепкина Е.А., Виленский В.А., и др. Коррекция деформаций бедренной кости по Илизарову и основанным на компьютерной навигации аппаратом «Орто-СУВ» // Травматология и ортопедия России. – 2011. – № 3. – С. 32–39. [Solomin LN, Shchepkina EA, Vilenskiy VA, et al. Correction of femur deformities by Ilizarov method and by apparatus “Ortho-SUV” based on computer navigation. *Travmatologiya i ortopediya Rossii.* 2011; (3): 32–39. (In Russ.)]
7. Horn J., Steen H., Huhnstock S., et al. Limb lengthening and deformity correction of congenital and acquired deformities in children using the Taylor Spatial Frame. *Acta Orthop.* 2017; 88 (3): 334–340. <https://doi.org/10.1080/17453674.2017.1295706>.
8. Tsibidakis H., Kanellopoulos A.D., Sakellariou V.I., et al. The role of Taylor Spatial Frame for the treatment of acquired and congenital tibial deformities in children. *Acta Orthop Belg.* 2014; 80(3): 419–425.
9. Paley D. Principles of deformity correction. New York: Springer; 2005.
10. Stevens P.M. Guided growth for angular correction: a preliminary series using a tension band plate. *J Pediatr Orthop.* 2007; 27 (3): 253–259. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e31803433a1>.
11. Burghardt RD, Herzenberg JE. Temporary hemiepiphyodesis with the eight-Plate for angular deformities: mid-term results. *J Orthop Sci.* 2010; 15 (5): 699–704. <https://doi.org/10.1007/s00776-010-1514-9>.

12. Соломин Л.Н., Виленский В.А. Практическая классификация деформаций длинных трубчатых костей // Травматология и ортопедия России. – 2008. – № S3. – С. 44. [Solomin LN, Vilenskiy VA. Prakticheskaya klassifikatsiya deformatsiy dlinnykh trubchatykh kostey. *Travmatologiya i ortopediya Rossii*. 2008; (S3): 44. (In Russ.)]
13. Соломин Л.Н., Щепкина Е.А., Кулеш П.Н., и др. Определение референтных линий и углов длинных трубчатых костей: пособие для врачей. – СПб.: РНИИТО им. Р.Р. Вредена, 2010. [Solomin L.N., Shchepkina E.A., Kulesh P.N., et al. Opredelenie referentnykh liniy i uglov dlinnykh trubchatykh kostey: posobie dlya vrachey. Saint Petersburg: RNIITO im. R.R. Vredena; 2010. (In Russ.)]
14. Danino B., Rodl R., Herzenberg J.E., et al. Guided growth: preliminary results of a multinational study of 967 physes in 537 patients. *J Child Orthop*. 2018; 12(1): 91–96. <https://doi.org/10.1302/1863-2548.12.170050>.
15. Shabtai L., Herzenberg J.E. Limits of Growth Modulation Using Tension Band Plates in the Lower Extremities. *J Am Acad Orthop Surg*. 2016; 24(10): 691–701. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-14-00234>.
16. Stevens P.M. The role of guided growth as it relates to limb lengthening. *J Child Orthop*. 2016; 10(6): 479–486. <https://doi.org/10.1007/s11832-016-0779-8>.
17. Velazquez R.J., Bell D.F., Armstrong P.F., et al. Complications of use of the Ilizarov technique in the correction of limb deformities in children. *J Bone Joint Surg Am*. 1993; 75(8): 1148–1156.
18. Aston W.J., Calder P.R., Baker D., et al. Lengthening of the congenital short femur using the Ilizarov technique: a single-surgeon series. *J Bone Joint Surg Br*. 2009; 91(7): 962–967. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.91B7.21304>.
19. Launay F., Younsi R., Pithioux M., et al. Fracture following lower limb lengthening in children: a series of 58 patients. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2013; 99(1): 72–79. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2012.08.005>.
20. Hasler C.C., Krieg A.H. Current concepts of leg lengthening. *J Child Orthop*. 2012; 6(2): 89–104. <https://doi.org/10.1007/s11832-012-0391-5>.

### Information about the authors

**Victor A. Vilensky** – MD, PhD, Senior Researcher of the Department of Bone Pathology. The Turner Scientific Research Institute for Children’s Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2702-3021>. E-mail: [vavilensky@mail.ru](mailto:vavilensky@mail.ru).

**Ekaterina A. Zakharjan** – MD, PhD, Researcher of the Department of Bone Pathology. The Turner Scientific Research Institute for Children’s Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. E-mail: [zax-2008@mail.ru](mailto:zax-2008@mail.ru).

**Andrej A. Pozdeev** – MD, PhD, Orthopedic Surgeon of the Department of Bone Pathology. The Turner Scientific Research Institute for Children’s Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. E-mail: [aapozdeev@gmail.com](mailto:aapozdeev@gmail.com).

**Timur F. Zubairov** – MD, PhD, Researcher of the Department of Bone Pathology. The Turner Scientific Research Institute for Children’s Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. E-mail: [zax-2008@mail.ru](mailto:zax-2008@mail.ru).

**Alexander P. Pozdeev** – MD, PhD, Professor, Chief Researcher of the Department of Bone Pathology. The Turner Scientific Research Institute for Children’s Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. E-mail: [prof.pozdeev@mail.ru](mailto:prof.pozdeev@mail.ru).