



儿童畸形股骨骨髓炎起源的矫正： 76例患者治疗结果分析

CORRECTION OF FEMORAL DEFORMITIES OF INFLAMMATORY GENESIS (OSTEOMYELITIS SEQUALAE) IN CHILDREN: AN ANALYSIS OF THE TREATMENT RESULTS OF 76 PATIENTS

© B.H. Dolgiev¹, Yu.E. Garkavenko^{1, 2}, A.P. Pozdeev¹

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

² North-Western State Medical University n.a. I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russia

■ For citation: Dolgiev BH, Garkavenko YuE, Pozdeev AP. Correction of femoral deformities of inflammatory genesis (osteomyelitis sequalae) in children: an analysis of the treatment results of 76 patients. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2019;7(4):37-48. <https://doi.org/10.17816/PTORS7437-48>

Received: 16.10.2019

Revised: 15.11.2019

Accepted: 09.12.2019

论证: 急性血源性骨髓炎在大多数情况下影响骨骼的长骨。病变多局限于下肢。血源性骨髓炎的骨科并发症在22-71.2%的儿童，并于16.2-53.7%情况导致早期残疾。

目的基于Ortho-SUV重新定位结的被动计算机导航和Ilizarov方法，对患有血源性骨髓炎的儿童股骨畸形矫正来进行回顾性的效果分析。

材料与方法: 该研究对年龄为8-17岁的76例男女患者进行了检查，患着下肢长骨的血源性骨髓炎的后果。对反映经骨骨缝术技术与Ortho-SUV医疗器械结合，并根据Ilizarov方法疗效的数据进行了对比评估。考虑到了术前后的参考线和角度值、延伸率、撑开时间、变形矫正时间、外固定指数、并发症数量和功能结果。

结果: 所有儿童都接受了畸形矫正，并恢复了患下肢部分的长度。当使用重新定位结时，与Ilizarov外固定架（30%）相比，股骨的校正精度（94.45%）更高。第一组患者获得良好功能结果的频率比第二组的多1.5倍，并满意结果的频率几乎少2倍。使用Ortho-SUV六脚器械时，并发症出现较少。

结论: 在股骨畸形矫正阶段使用Ortho-SUV医疗器械，可以提高经骨骨缝术方法的有效性。

关键词: 血源性骨髓炎的后果；变形的矫正；六脚器械。

Background. In most cases, haematogenic osteomyelitis affects the long bones of the skeleton. Predominantly, the centers of destruction are located in the lower extremities. The orthopedic complications of haematogenic osteomyelitis were observed (according to different data) in 22%–71.2% of childhood cases. In 16.2%–53.7% of cases, the complications can lead to childhood (nascent) disability.

Aim. The purpose of the research is to conduct a retrospective analysis of femoral deformity correction results in children with haematogenic osteomyelitis consequences by applying both an Ortho-SUV Frame™ (based on passive computer navigation) and following the Ilizarov method.

Materials and methods. The study examined 76 patients of both genders aged between 8 and 17 years old who were experiencing the consequences of haematogenic osteomyelitis in the long bones of the lower extremities. A comparative assessment of the parameters reflecting the effectiveness of circular external fixation in combination with an Ortho-SUV Frame™ and the Ilizarov method was conducted. Reference lines and angles before and after surgery, elongation size, distraction time, deformity correction period, external fixation index, number of complications, and the functional result were all considered.

Results. All the children underwent deformity correction surgery, and the length of the afflicted lower extremity segment was reconstructed (restored). The use of the repositioning unit enabled a higher correction accuracy (94.45%) of the femur in comparison with the Ilizarov frame (30%). The frequency of excellent functional results in the first group of patients was more than 1.5 times higher than in the second group, whereas the satisfactory results turned out to be almost twice as low. Fewer complications were observed while using the Ortho-SUV hexapod.

Conclusions. The application of the Ortho-SUV Frame™ at the long-bone-deformity-correction stage facilitates an increase in the efficiency of the circular external fixation method.

Keywords: haematogenic osteomyelitis consequences; deformity correction; hexapods.

急性血源性骨髓炎最常损害下肢长管骨[1, 2], 而且在22-71.2%例患者中引起骨科并发症[3]。

由于长骨干骨骺生长区的幼童发育不成熟, 以及具有经骨骺型的血管, 从干骺端开始的炎症过程可向骨骺端扩散, 导致骨骺端不同程度的退变[4]。

然而, 骨髓炎并不总是导致显着或完全破坏骨骺的骨和软骨组织。在某些情况下, 在一定程度上, 它只是减缓了骨化过程。在这种情况下, 炎症过程会影响干骨骺的骨生长面积。在这种情况下, 生长板本身可能会受到部分或完全的破坏, 因此其功能会随着特定方向的变形或损坏骨的缩短而减弱或完全中断[5]。在儿童的成长过程中, 长骨的畸形会发生动态变化, 导致下肢支撑能力的持续破坏。

M. Waldegger与合著者(2001年)将生长区域损伤后膝关节角畸形的发展表征为生长区域损伤后的严重并发症, 而且注意到了, 35%的病例发生在股骨远端生长区域部分损伤后, 并30%的病例发生在胫骨近端生长区域[6]。

在以前的研究中, 也有迹象表明, 下肢的生理机械轴和关节的正常方向的变化将负荷向量转移到髋关节、膝关节和踝关节, 以为退变性营养不良的变化创造先决条件[7]。

因此, 由上述所决定及时矫正儿童下肢骨的畸形是十分必要的。

现已知, 只有使用外固定装置(EFD)才能得到治疗长骨的多组分、多平面畸形随着缩短, 从而及时消除所有变形分量, 并恢复下肢的长度[8]。该设备也适用于简单类型的畸形患者, 这由于存在明显的软组织瘢痕改变以及损坏段的循环系统紊乱的骨髓炎病例中尤为重要[9]。

六脚器械是近年来广泛应用于下肢多平面畸形矫形的一种矫形方法。它们排除了逐步替换统一结的需要, 这就导致了它们需求的增加[10]。

上述器械的突出代表之一是Ortho-SUV医疗器械, 它的一种全面的重新定位结, 其力学原理基于计算机导航, 既能同时消除三个平面的变形, 又能实现高精度的矫正[11]。

尽管在成人畸形治疗中, Ortho-SUV医疗器械的使用相当频繁, 但其在儿童实践中的应用尚未如此广泛[12]。

然而, 现有的文献并没有阐明发生炎症过程与结合使用这些手术干预方法后的儿童下肢长骨畸形的矫正问题。

目的基于Ortho-SUV重新定位结的被动计算机导航和Ilizarov方法, 对患有血源性骨髓炎的儿童股骨畸形矫正来进行回顾性的效果分析。

材料与方法

本研究是在2014-2017年骨病病理科对76例8-17岁儿童与下肢血源性骨髓炎的后果以初步综合检查治疗的基础上进行的。第一组包括40名患者，其治疗包括使用经骨骨缝术，随后使用Ortho-SUV重新定位结，第二组包括36名采用Ilizarov方法进行变形矫正的患者。

在8-15岁时，患者保留了功能生长区域，这在某些情况下影响了变形复发的可能性。各组按性别和年龄进行比较（见表1、2）。

在表格3的基础上，第二组的变形情况比较简单，而第一组的复杂程度和复杂变形的平均程度较高。

第一组所有患者术前、术后做了双投影下肢全景X线摄影。在X线片的基础上，按照公认的算法规划了股骨畸形的矫正，并确定了变形的特征（使用了参考线和角度（RLA）[14]（见表4）。第二组患者的资料为档案材料，他们的x线检查方式相似。

两组内翻足、后角变形、前角变形的差异有显著差异，而第一组畸形更为明显。

第一组的外科干预措施的实施包括于股骨缠上EFD、标准模式下在变形顶部的股骨进行单层截骨术，随后沿撑开棒延伸该节段、最后利用Ortho-SUV模块进行变形矫正。第二组的患者术中同时进行变形矫正，随着进一步的延长（24名患者）

按性别分列的患者分布情况

表1

组类型	性别		一共
	男生	女生	
	<i>n</i> (%)	<i>n</i> (%)	<i>n</i> (%)
第一组	21 (52.5)	19 (47.5)	40 (100)
第二组	22 (61)	14 (39)	36 (100)

按年龄分列的患者分布情况

表2

组类型	年龄，岁		一共 (%)	<i>M</i> ± <i>m</i>
	8-15	16-17		
	<i>n</i> (%)	<i>n</i> (%)	<i>n</i> (%)	
第一组	32 (80)	8 (20)	40 (100)	12.25 ± 2.88
第二组	27 (75)	9 (25)	36 (100)	12.58 ± 2.92

根据管状长骨畸形的实际分类按复杂程度的变形分布[13]

表3

组类型	变形类型			
	简单	平均	复杂	一共
	<i>n</i> (%)	<i>n</i> (%)	<i>n</i> (%)	<i>n</i> (%)
第一组	5 (12.5)	24 (60)	11 (27.5)	40 (100)
第二组	9 (25)	20 (55.5)	7 (19.5)	36 (100)

注： *n* — 一个例数，% — 百分比。

表4

变形类型及指标（术前数据）

变形类型（正常值）	第一组 <i>M ± m</i>	第二组 <i>M ± m</i>	<i>p</i>
缩短，厘米	4.01 ± 0.81	3.91 ± 0.98	>0.05
mLDFA外翻足（85-90°）	79.55 ± 2.97	78.53 ± 2.03	>0.05
mLPFA（85-95°）	80.38 ± 2.91	99.21 ± 2.45	>0.05
MAD（0-9.7 ± 6.8 毫米向里）	6.27 ± 1.96 向外	6.86 ± 1.24 向外	>0.05
mLDFA内翻足（85-90°）	94.5 ± 2.1	96 ± 2.21	>0.05
mLPFA（85-95°）	78.73 ± 2.68	101.75 ± 3.27	<0.05
MAD（0-9.7 ± 6.8 毫米向里）	5.14 ± 1.51 向里	6 ± 1.34 向里	>0.05
aPDFA后角变形（79-87°）	75.27 ± 1.84	73.2 ± 1.87	<0.05
aPDFA前角变形（79-87°）	91 ± 1.6	94.75 ± 1.7	<0.05

注：mLPFA（mechanical lateral proximal femoral angle）— 机械股骨近端角；mLDFA（mechanical lateral distal femoral angle）— 机械股骨远端角；MAD（mechanical axis deviation）— 机械轴偏向；aPDFA（anatomical posterior distal femoral angle）— 解剖型股骨远端后角。

或术后采用统一结Ilizarov固定架的矫正（12名患者）。为了防止在一些病例中股骨远端生长区域部分闭合时股骨畸形的复发，外科手术通过铰孔将剩下的完整部分进行骺骨干固定术，并在使用Ortho-SUV重新定位结进行矫枉过正手术RLA极端的正常价值的范围内（第一组）。第二组的患者未进行矫枉过正手术。

结果分析使用基于RLA的X射线数据，包括机械轴偏向（MAD）偏差。将所得结果与术前值及正常值进行比较。MAD仅在单级变形的情况下进行评估。于其他患者（2例多节段畸形患者）仅考虑到了股骨的RLA。我们也评估了巩固的时间，并发症的数量和性质，以及使用下肢功能量表（Lower extremity functional scale — LEFS）治疗的结果。评估长期结果的时间范围从1年到3年。

根据J. Caton将所有并发症分为三类[15]。

第一类：无并发症或以最小并发症的患者，并不影响治疗的结果（所经保守治疗完全消除的股骨的残余变形、无改变下肢的轴线、与轻度关节的细长段有关的挛缩、软组织炎症周围的骨间元素和牵拉神经病）。

第二类：出现并发症的患者，需要额外的外科手术，但不影响最终结果（股骨伸长时过早的巩固，在手术治疗的主要阶段后，可在再生水平上发生畸形或骨折，可进行闭合复位或再截骨术于恢复下肢长度和轴线，软组织炎症周围的骨间元素，需要其反复进行）。

第三类：需要额外手术干预并影响最终治疗结果的患者发生的严重并发症，— 计划治疗目标没有达到的患者，或在长期的观察期间出现并发症，导致达到的结果无效（在再生水平股骨的骨折和畸形，并使用重新定位术无法矫正变形及恢复下肢达到的长度）。

对材料进行统计处理使用了Statistica软件对Windows系统（版本13）。

结果

所有患儿进行了变形矫正，并把下肢患段长度恢复正常。当股骨撑开再生达到足够的密度时，取出了外固定装置，这与股骨牵张再生的 III-IV 阶段相对应[16]。考虑许多指标确定了治疗效果，包括矫正的准确性、撑开时间、伸长率、变形矫正时间、外固定的指标，并发症的数量。股骨段畸形矫正的准确性由RLA指标确定（见表5）。

第二组注意到了内翻足（75%）时MAD校正相对较高的准确性，而且内翻变形的矫

正程度较低（16.66%），是由机械轴初始内侧通道允许偏差（0-9.7 ± 6.8毫米向里）所解释的。第二组在某些情况下变形矫正的结果与正常RLA值的范围有较小的偏差（在范围几度）。因此，该样本的平均值与第一组样本的平均值并无差异，但超过正常参数的例数仍与校正精度低有关。

在第一组的所有观察中，前、矢状面变形矫正的准确率均较高，达到94.45%。

在表6显示了各组治疗后经骨内固定的各项指标。

表6数据显示了，在牵张长度和撑开时间上，第一组的外固定指数明显低于第

表5
畸形矫正的结果（参考线和角度）

变形类型（正常值）	第一组 <i>M ± m</i>	AC, %	第二组 <i>M ± m</i>	AC, %	<i>p</i>
mLDFA外翻足（85-90°）	87.11 ± 1.99	94.45	85.4 ± 6.45	26.66	>0.05
mLPFA（85-95°）	88.66 ± 3.81		86.13 ± 6.58		<0.05
MAD（0-9.7 ± 6.8 毫米向里）	4.66 ± 3.14 向外	88.89	9.2 ± 2.59 向外	13.3	>0.05
mLDFA内翻足（85-90°）	87.35 ± 1.94	92.86	94.58 ± 4.46	16.66	<0.01
mLPFA（85-95°）	92.14 ± 2.79	-	99.58 ± 3.55		<0.01
MAD（0-9.7 ± 6.8 毫米向里）	3.71 ± 2.58 向外	85.72	9.58 ± 3.17 向外	75	<0.01
aPDFA后角变形（79-87°）	82.81 ± 2.71	91.67	80.3 ± 5.53	30	>0.05
aPDFA前角变形（79-87°）	85.5 ± 2.13	87.50	90.25 ± 3.59	25	<0.05

注：AC — 修正的准确性。参见表4中的解释。

表6
经骨骨缝的指标

指标	第一组 <i>M ± m</i>	第二组 <i>M ± m</i>	<i>p</i>
伸长率，厘米	4.16 ± 0.83	3.83 ± 0.94	>0.05
撑开时间，天数	41.5 ± 9.82	40.94 ± 10.36	>0.05
变形矫正周期，天数	9.52 ± 2.97	-	
外固定指数，天/厘米	35.9 ± 6	40.26 ± 9.21	<0.05

二组。第二组的变形矫正时间没有规定，因为在绝大多数情况下，矫正是同时进行的，即直接在手术过程中进行。

反映各组治疗前后下肢功能状态的数据见表7。

治疗前后两组间这一指标的差异不可靠。但第一组优秀率比第二组的多1.5倍，而满意率几乎比第二组少2倍（见表8）。

图1-3为第一组患者的临床病例。

并发症的性质和发生频率见表9。

两组患者中绝大多数都发现了骨性成分周围软组织的炎症，且发生频率相同（采用了保守治疗—消毒药和抗生素疗法改变）。可归为第一类并发症的骨间骨折，是对辐条完整性的破坏，消除辐条并不影响EFD的稳定性，由于结构刚度的降低第二组中第二类并发症的一个病例导致了辐条的重复的安装。

尽管进行了治疗性运动，但在撑开时仍形成了膝关节挛缩，并在所有病例中

15至17岁年龄的患者出现了挛缩的情况。可能是体积也有影响，从而影响了软组织的抵抗力。由于额外治疗性运动和物理治疗的疗程，消除了挛缩的出现，除了两例以外（每组各1例），需要手术的治疗（中间大腿阔肌肌切开术）。

第一组1例，并第二组2例，记录了牵引神经病。牵引神经病的原因是在某一阶段为了防止骨过早固结而加快了牵张速度。尽管达到了目标，但仍有必要暂时降低或暂停撑开的速度，并进行神经药物治疗。在有些病例中所有的都不能防止过早的巩固，在再生的水平上进行了再截骨术（3例患者）。

第二组有3例发育不全的再生形成，其中2例发生EFD所谓的《动力化》，并1例出现延迟固结区自体移植术，这最终导致了外固定指数的增加。

在第二组中发现了第三类并发症的一个单一病例因为在EFD中受伤而导致再生骨折矫正以及段长度（5厘米）的损失。在重新安装EFD，使其稳定，然后巩固股骨后，患者再次住院接受手术治疗。

表7

根据LEFS下肢功能的状态

调查期间	第一组，分数 $M \pm m$	第二组，分数 $M \pm m$	p
治疗前	45.55 ± 11.07	44.94 ± 9.8	>0.05
治疗后一年	64.3 ± 9.5	61.38 ± 9.73	>0.05

表8

优良率、良好率、及格率治疗组的疗效显著

组类型	优良结果 (70-80分数)，%	良好结果 (51-69分数)，%	及格结果 (45-50分数)，%
第一组	32.5	57.5	10
第二组	19.5	61	19.5

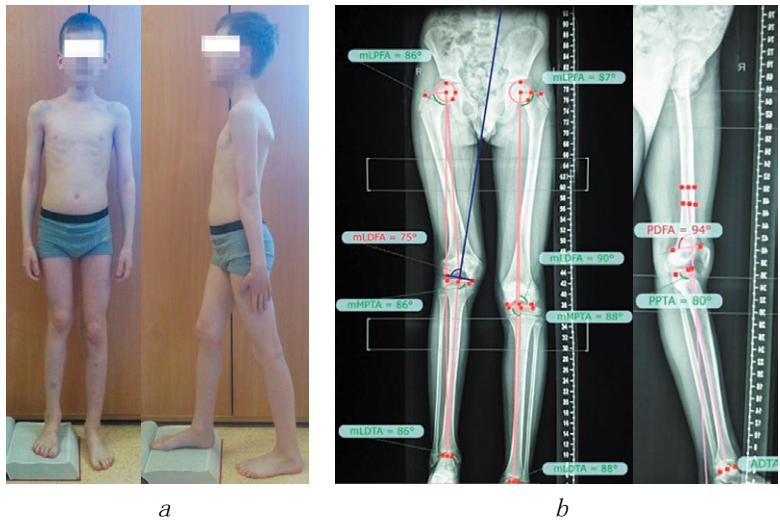


图 1。G. 患者，12岁，治疗前右髌关节血性骨髓炎的后果：
a—外观；b—下肢的全景射线照片，进行了近端和远端切片的机械轴

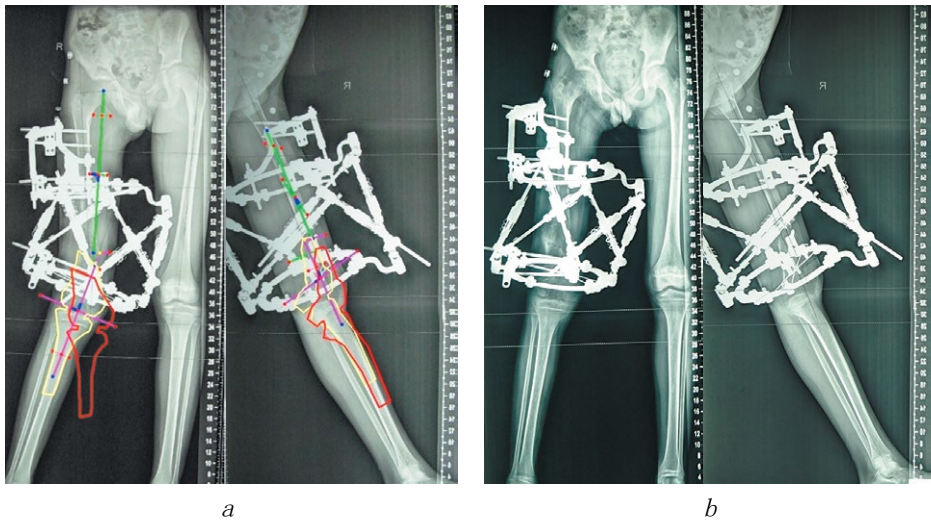


图 2。G. 患者，12岁，右髌关节血性骨髓炎的后果。变形的计划和矫正阶段：
a—Ortho-SUV医疗器械计算机程序中的变形矫正的规划；b—变形矫正后

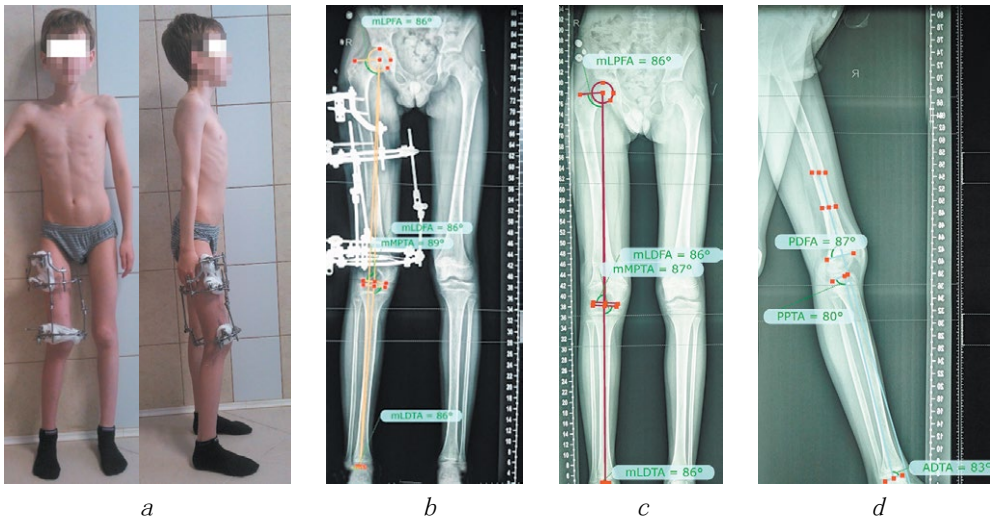


图 3。G. 患者，12岁，右髌关节血性骨髓炎的后果。治疗后：a—外观；b—消除外固定装置前的全景X射线照片；c、d—治疗一年后的全景X射线照片，近端和远端切片的机械轴与正常值相一致

表9

研究组内并发症的种类和数量

并发症	第一组, n (%)	第二组, n (%)	p
第一类			
周围软组织的炎症	37 (92. 5)	32 (88. 9)	<0. 05
膝关节屈曲挛缩	3 (7. 5)	5 (13. 9)	>0. 05
跨骨元素骨折	1 (2. 5)	2 (5. 5)	>0. 05
牵引性神经病	1 (2. 5)	2 (5. 5)	>0. 05
一共	42 (105)	41 (114)	<0. 05
第二类			
周围软组织的炎症	1 (2. 5)	2 (5. 5)	>0. 05
跨骨元素骨折	0 (0)	1 (2. 8)	>0. 05
再生体的过早固结	2 (5)	1 (2. 8)	>0. 05
膝关节屈曲挛缩	1 (2. 5)	1 (2. 8)	>0. 05
再生不良再生, 延迟固结	0 (0)	3 (8. 3)	>0. 05
一共	4 (10)	8 (22. 2)	>0. 05
第三类			
再生的断口, 并节段长度和矫正的损失	0 (0)	1 (2. 8)	>0. 05
一共	0 (0)	1 (2. 8)	>0. 05
总计	46 (115)	50 (139)	<0. 05

每一种类型的并发症的频率，分别采取，并组之间没有差异。然而，第二类并发症在对照组中出现的频率是比主要组中的多2倍。第三类的唯一并发症是受伤而引起的，这完全并没有表征这种方法。

在第一组中，为了防止远端生长区域部分闭合时变形的复发，3例患者在手术干预时同时，通过扩孔术将其剩余的完整部分植骨融合，并4例患者在RLA极值范围内进行矫枉过正，这只有在使用六脚器械时才有可能。尽管采取了措施，在长期的观察期（1至3年），一些患者由于持续生长而出现反复的股骨畸形。第一组记录了1例，可能是由于骺骨干固定术没有功效，而第二组3例，可能是由于骺骨干固定术未进行。

讨论

得到的数据与文献一致，说明使用Ortho-SUV重新定位结可以避免EFD的多个重新安装为消除每个变形的成分。在Ilizarov外固定架中，如果无法同时消除变形，则需要使用统一结点反复（3至5）改善设计[10, 17, 18]。在使用Ortho-SUV医疗器械时，由于EFD不需要多次重新安装，可以减少变形矫正的时间。

文献中提供的数据反映了Taylor Spatial Frame (TSF) 设备与其他设备治疗畸形的时间相比，并比较了与TSF、Ilizarov设备和单边外固定架Orthofix的骨缝术的时期。TSF设备的骨缝术时期比Ilizarov

及Orthofix设备较少，而三组骨缝术的指数无统计学意义的差异[19]。在我们的研究中，只有外固定指数有显著性差异，在使用Ortho-SUV医疗器械时较低。随着矫正速度的提高，具有高精度的特点[20]。在D. Dammerer的研究中（2011年）对三种不同装置的矫正精度进行了比较评估。作者报告说，矫正结束时各项指标的平均值没有显著差异。然而，在我们的研究中，使用重新定位结使我们获得了比Ilizarov装置（30%）更高的股骨矫正精度（94.45%）。这是由于Ilizarov装置的技术特点。

结果发现，与Ilizarov装置相比Ortho-SUV医疗器械的变形矫正时间不依赖于其复杂性。对于中等和复杂的变形，Ortho-SUV医疗器械比Ilizarov装置少得多，但对于简单变形情况来说，没有那么明显的优势[21]。确实，在矫正中等和复杂变形时，由于能够同时消除这些变形的所有成分，Ortho-SUV医疗器械有明显的优势，而外固定指数的下降可能是由于Ortho-SUV医疗器械的矫正是沿着单一的整体轨迹进行的，这对撑开再生的性能有积极的影响。

在经骨内固定时《并发症》术语是解释不清楚：可以找到不同的方法来定义和分类并发症[22-25]。不同方法延长和/或矫正髋部畸形的并发症的数据也有显著差异，从39.6%[26]到100%[27]不等。最能提供资料的并发症分类是根据J. Catton（1991年），其充分评估治疗结果。不同作者认为，经骨内周围软组织炎症的发生率为8.2%至96%[8, 19, 23, 25, 26]。在我们的研究中，第一类并发症的高发生率（>100%）是由于一名患者有多个并发症，而第一组的并发症总数较少。

关于治疗的功能参数，我们发现EFD的类型并没有明显的差异，这可能是由于病理的影响，而不是EFD的使用。

为预防起见，对股骨远端生长带的完整部分进行部分闭合的骨骺固定术是合理的，但在RLA的极值范围内进行矫正过正也是合适的，在保持节段机械轴在允许偏差范围内的同时，在骨骺固定术效率不足的情况下，进一步提高预防措施的有效性。

结论

因此，使用Ortho-SUV重新定位结矫正股骨畸形具有更高的准确性，其优势在矫正中等、复杂程度的畸形时最为明显。在用Ortho-SUV医疗器械矫正股骨畸形时，注意到了更完整的撑开再生的形成，而记录了并发症的较少。对于股骨远端生长区域的部分损伤，其骨骺融合表现为孤立或合并RLA极值范围内的变形过度矫正。

总结起来，我们认为，在股骨畸形矫正阶段使用万能Ortho-SUV重新定位结可以显著提高经骨内固定技术的有效性。

附加信息

资金来源。这项研究是作为俄罗斯联邦卫生部国家任务的一部分进行的，编号为AAAA-A18-118122690156-8。

利益冲突。作者声明本文章的发表方面不存在明显或潜在的利益冲突。

伦理审查。该研究是根据《世界医学会赫尔辛基宣言》经俄罗斯卫生部修订的伦理标准进行，被俄罗斯联邦卫生部的联邦预算机构The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics道德委员会批准（2017年11月28日议定书编号2017/6）。

患者（其代表）同意处理及公布个人资料。

作者贡献

B. H. Dolgiev — 负责研究方法的发展。写文章的所有部分。文献资料的收集与处理。给40名患者进行了手术治疗。

Yu. E. Garkavenko — 领导和参与研究方法的开发。给36名患者进行了手术治疗。

A. P. Pozdeev — 领导和参与研究方法的开发。负责编辑文章的文本。

所有作者都对文章的研究和准备做出了重大贡献，在发表前阅读并批准了最终版本。

References

1. Минаев С.В., Моторина Р.А., Лескин В.В. Комплексное лечение острого гематогенного остеомиелита у детей // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. – 2009. – № 8. – С. 41–44. [Minaev SV, Motorina RA, Leskin VV. Complex treatment of acute hematogenous osteomyelitis in children. *Khirurgiia (Mosk)*. 2009;(8):41–44. (In Russ.)]
2. Бландинский В.В., Нестеров А.Л., Афиногенов В.А., и др. Острый гематогенный остеомиелит у новорожденных // Сборник тезисов республиканского симпозиума по детской хирургии с международным участием «Остеомиелит у детей». Ч. I; Ижевск, 18 апреля 2006 г. – Ижевск, 2006. – С. 33–34. [Blandinskiy VV, Nesterov AL, Afinogenov VA, et al. Ostryy gematogennyy osteomielit u novorozhdennykh. In: Proceedings of the Republican Symposium on pediatric surgery with international participation “Osteomielit u detey”. Part I; Izhevsk, 18 Apr 2006. Izhevsk; 2006. P. 33–34. (In Russ.)]
3. Скворцов А.П., Гильмутдинов М.Р. Современные особенности течения острого гематогенного метаэпифизарного остеомиелита у детей // Тезисы XIV российского национального конгресса «Человек и его здоровье»; Санкт-Петербург, 20–23 октября 2009 г. – СПб., 2009. – С. 105–106. [Skvortsov AP, Gil'mutdinov MR. Sovremennye osobennosti techeniya ostrogo gematogennogo metaepifizarnogo osteomielita u detey. In: Proceedings of the 14th Russian National Congress “Chelovek i ego zdorov'e”; Saint Petersburg; 20–23 Oct 2009. Saint Petersburg; 2009. P. 105–106. (In Russ.)]
4. McPherson DM. Osteomyelitis in the neonate. *Neonatal Netw*. 2002;21(1):9–22. <https://doi.org/10.1891/0730-0832.21.1.9>.
5. Гаркавенко Ю.Е. Ортопедические последствия гематогенного остеомиелита длинных трубчатых костей у детей (клиника, диагностика, лечение): Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – СПб., 2011. [Garkavenko YE. Ortopedicheskie posledstviya gematogennogo osteomielita dlinnykh trubchatykh kostey u detey (klinika, diagnostika, lechenie). [dissertation] Saint Petersburg; 2011. (In Russ.)]
6. Waldegger M, Huber B, Kathrein A, Sitte I. Correction of the leg axis after epiphyseal fracture and progressive abnormal growth of the proximal tibia. *Unfallchirurg*. 2001;104(3):261–265. <https://doi.org/10.1007/s001130050724>.
7. Brouwer GM, van Tol AW, Bergink AP, et al. Association between valgus and varus alignment and the development and progression of radiographic osteoarthritis of the knee. *Arthritis Rheum*. 2007;56(4):1204–1211. <https://doi.org/10.1002/art.22515>.
8. Hasler CC, Krieg AH. Current concepts of leg lengthening. *J Child Orthop*. 2012;6(2):89–104. <https://doi.org/10.1007/s11832-012-0391-5>.
9. Поздеев А.П. Ложные суставы и дефекты костей у детей: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – СПб., 1999. [Pozdeev AP. Lozhnye sustavy i defekty kostey u detey. [dissertation] Saint Petersburg; 1999. (In Russ.)]
10. Соломин Л.Н., Виленский В.А., Утехин А.И., и др. Сравнительный анализ репозиционных возможностей чрескостных аппаратов, работающих на основе компьютерной навигации и аппарата Илизарова // Гений ортопедии. – 2009. – № 1 – С. 5–10. [Solomin LN, Vilenskiy VA, Utekhin AI, et al. The comparative analysis of the reposition potentials of transosseous devices operating on the basis of computer navigation and the Ilizarov fixator. *Genij ortopedii*. 2009;(1):5–10. (In Russ.)]
11. Виленский В.А., Поздеев А.П., Бухарев Э.В., и др. Ортопедические гексаподы: история, настоящее, перспективы // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. – 2015. – Т. 3. – № 1. – С. 61–69. [Vilenskiy VA, Pozdeev AP, Bukharev EV, et al. Ortopedicheskie geksapody: istoriya, nastoyashchee, perspektivy. *Pediatric traumatology, orthopaedics and reconstructive surgery*. 2015;3(1):61–69. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17816/PTORS3161-69>.
12. 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

12. для 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. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2011;(3):32-39. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2011-0-3-32-39>.
13. 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. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2008;(S3):44. (In Russ.)]
14. Paley D. Principles of deformity correction. – New York: Springer-Verlag; 2005. – 806 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-59373-4>.
15. Caton J. L'allongement bilatéral des membres inférieurs chez les sujets de petite taille en France. Résultats de l'enquête GEOP; notre expérience: Traitement des inégalités de longueur des membres inférieurs et des sujets de petite taille chez l'enfant et l'adolescent: Symposium sous la direction de J. Caton (Lyon). *Rev Chir Orthop*. 1991;77(S1):74-77.
16. Садофьева В.И., Корнилов Н.В., Корнилов Н.Н. Особенности консолидации переломов костей голени в условиях неблагоприятной экологической обстановки // Травматология и ортопедия России. – 1998. – № 2. – С. 58–61. [Sadof'eva VI, Kornilov NV, Kornilov NN. Osobennosti konsolidatsii perelomov kostey goleni v usloviyakh neblagopriyatnoy ekologicheskoy obstanovki. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 1998;(2):58-61. (In Russ.)]
17. Feldman DS, Madan SS, Koval KJ, et al. Correction of tibia vara with six-axis deformity analysis and the Taylor Spatial Frame. *J Pediatr Orthop*. 2003;23(3):387-391. <https://doi.org/10.1097/01241398-200305000-00022>.
18. Feldman DS, Shin SS, Madan S, Koval KJ. Correction of tibial malunion and nonunion with six-axis analysis deformity correction using the Taylor Spatial Frame. *J Orthop Trauma*. 2003;17(8):549-554. <https://doi.org/10.1097/00005131-200309000-00002>.
19. Dammerer D, Kirschbichler K, Donnan L, et al. Clinical value of the Taylor Spatial Frame: a comparison with the Ilizarov and Orthofix fixators. *J Child Orthop*. 2011;5(5):343-349. <https://doi.org/10.1007/s11832-011-0361-3>.
20. Paley D, Herzenberg JE, Tetsworth K, et al. Deformity planning for frontal and sagittal plane corrective osteotomies. *Orthop Clin North Am*. 1994;25(3):425-465.
21. Скоромошко П.В. Оптимизация лечения больных с диафизарными деформациями бедренной кости на основе использования чрескостного аппарата со свойствами пассивной компьютерной навигации (экспериментально-клиническое исследование): Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – СПб., 2014. [Skoromoshko PV. Optimizatsiya lecheniya bol'nykh s diafizarnymi deformatsiyami bedrennoy kosti na osnove ispol'zovaniya chreskostnogo apparata so svoystvami passivnoy komp'yuternoy navigatsii (eksperimental'no-klinicheskoe issledovanie). [dissertation] Saint Petersburg; 2014. (In Russ.)]
22. Dahl MT, Gulli B, Berg T. Complications of limb lengthening. A learning curve. *Clin Orthop Relat Res*. 1994(301):10-18. <https://doi.org/10.1097/00003086-199404000-00003>.
23. Попков А.В. Ошибки и осложнения при оперативном удлинении нижних конечностей методом Илизарова у взрослых // Вестник хирургии. – 1991. – № 1. – С. 113–116. [Popkov AV. Oshibki i oslozhneniya pri operativnom udlinenii nizhnikh konechnostey metodom Ilizarova u vzroslykh. *Vestnik khirurgii*. 1991;(1):113-116. (In Russ.)]
24. Ilizarov GA. Clinical application of the tension-stress effect for limb lengthening. *Clin Orthop Relat Res*. 1990(250):8-26. <https://doi.org/10.1097/00003086-199001000-00003>.
25. Paley D. Problems, obstacles, and complications of limb lengthening by the Ilizarov technique. *Clin Orthop Relat Res*. 1990(250):81-104. <https://doi.org/10.1097/00003086-199001000-00011>.
26. Шевцов В.И., Попков А.В., Попков Д.А. Осложнения при удлинении бедра в высокоточном автоматическом режиме // Гений ортопедии. – 1997. – № 4. – С. 24–28. [Shevtsov VI, Popkov AV, Popkov DA. Oslozhneniya pri udlinenii bedra v vysokodrobnom avtomaticheskom rezhime. *Genij ortopedii*. 1997;(4):24-28. (In Russ.)]
27. Noonan KJ, Lyes M, Forriol F, Canadell J. Distraction osteogenesis of the lower extremity with use of monolateral external fixation. A study of two hundred and sixty-one femora and tibiae. *J Bone Joint Surg Am*. 1998;80(6):793-806. <https://doi.org/10.2106/00004623-199806000-00003>.

Information about the authors

Bagauddin H. Dolgiev* — MD, Orthopedic and Trauma Surgeon of the Department of Bone Pathology. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0003-2184-5304>. E-mail: dr-b@bk.ru.

Yuriy E. Garkavenko — MD, PhD, D.Sc., Professor of the Chair of Pediatric Traumatology and Orthopedics. North-Western State Medical University n.a. I.I. Mechnikov; Leading Research Associate of the Department of Bone Pathology of The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0001-9661-8718>. E-mail: yurijgarkavenko@mail.ru.

Alexander P. Pozdeev — MD, PhD, D.Sc., Professor, Chief Researcher of the Department of Bone Pathology. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0001-5665-6111>. E-mail: prof.pozdeev@mail.ru.