



先天性 II 型桡侧球棒手患者桡骨延长术

LENGTHENING OF RADIUS IN PATIENTS WITH CONGENITAL RADIAL CLUB HAND, TYPE II

© N.V. Avdeychik, S.I. Golyana, A.V. Safonov, D.Yu. Grankin, E.A. Zakharyan

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

Received: 12.12.2018

Revised: 07.02.2019

Accepted: 05.03.2019

背景: 先天性桡侧球棒手 (CRCH) 的特点为前臂和手在桡骨表面的纵向发育不足, 其程度从桡骨发育不良到桡骨缺失不等。根据桡骨发育不良的程度, 专家提出了50多种矫正前臂畸形的方法。

目的: 我们评估了通过显微外科技术和外固定支架治疗CRCH的效果。

方法: 我们按照Bayne和Klug分级, 分析了1994年至2017年间的16例CRCH II 型患者 (年龄为 4.6 ± 0.9 岁)。患者被分为两组: 第一组患者接受了自体显微移植, 位于干骺端且附有生长板的第二跖骨被移植到桡骨缺陷处。第二组患者接受外固定法桡骨延长治疗。行延长术前, 我们分析了上肢关节的畸形类型、桡骨缺陷大小及活动度, 测定了外固定指数及并发症数量, 并且分析了复发性畸形的类型、数量及发现时间。

结果: 研究观察时间为12个月到10年 (平均3.8年) 不等。在第一组中, 62.5%的病例治疗效果良好。跖骨生长板移植后, 生长板继续发挥作用, 表现为观察后期桡骨增长。在第二组中, 50%的病例治疗效果良好。临床及X线检查示手部偏斜和桡骨缩短复发, 需再次行桡骨延长术。

结论: 对于CRCH II 型的患者, 第二跖骨生长板显微移植使桡骨远端形成了一个生长区, 因而在桡骨重建中的应用较多。桡骨外固定可用于稳定远端干骺端和正常桡骨横径。

关键词: 先天性桡侧球棒手; 延长术; 显微外科技术; 外固定。

Background. Congenital radial club hand (CRCH) is characterized by longitudinal underdevelopment of the forearm and hand on the radial surface. Underdevelopment can range from hypoplasia to aplasia of the radius. More than 50 methods to correct the forearm deformities, depending on the degree of radius underdevelopment, have been proposed.

Aim. We evaluated the results of CRCH treatment using microsurgical technique and external fixation.

Methods. We analyzed 16 patients (age, 4.6 ± 0.9 years) with CRCH type II, according to the classification of Bayne and Klug, treated between 1994 and 2017. The patients were divided into two groups: Group 1 were patients undergoing microsurgical autotransplants of the epimetaphyseal second metatarsal bone with growth plate to the position of the radius defect and group 2 were patients treated by lengthening of the radius with external fixation. We analyzed the types of deformities, size of the radius defects, and range of motion in upper limb joints before the stage of the lengthening. External fixation index and number of complications also were determined. The type and number of recurrent deformities and timing of their detection were analyzed.

Results. The observation period ranged from 12 months to 10 years (average, 3.8 years). In group 1, good results were obtained in 62.5% of cases. After transplantation of the metatarsal bone growth plate, the work of the growth plate continued, characterized by increasing radius length in the later observation period. In group 2, good results were obtained in 50% of cases. Clinical and X-ray examinations showed recurrent hand deviation and radius shortening, which required repeated radius lengthening.

Conclusion. Microsurgical transplantation of the second metatarsal bone with growth plate is accepted more in reconstruction of the radial bone in patients with CRCH type II due to creation of a growth zone in the distal part of the radius. Radius lengthening via external fixation is applicable while maintaining the distal epimetaphysis and normal transverse dimensions of the radial bone.

Keywords: congenital radial club hand; lengthening; microsurgical technique; external fixation.

引言

先天性桡侧球棒手是一种上肢畸形，伴有前臂和手部桡骨面纵向发育不足。这种缺陷可导致桡骨发育不良，程度从轻微发育不良到完全缺失不等。

不同研究表明，该病在新生儿中的发生率为1:30000至1:100000不等[1]。其病因尚不清楚。先天性桡侧球棒手多为散发性，常合并多种遗传综合征[2, 3]。该病的发病机制尚不清楚。

在临床实践中，Bayne和Klug是最常用的分类。按其分类，桡侧球棒手分为四型。I型桡骨远端骨骺有轻度缺陷，表现为最小程度的桡侧弯曲。II型的特征是近端和远端桡骨生长受限。临床表现为最小程度的桡骨内翻与中等程度的手偏斜。III型的特征是三分之二的桡骨缺如，最常见于在远端，伴有严重手部桡侧偏斜。IV型桡骨缺如，手垂直于前臂[4]。

III型和IV型桡侧球棒手最为常见。对于这两种类型，在桡骨发育严重不足或完全缺如的情况下，重建手术旨在稳定尺骨侧手部。根据文献研究，在这种情况下选择的手术是手向中复位[4-6]。I型和II型桡侧球棒手较为少见。桡侧球棒手I型患者不需要对前臂进行手术治疗。桡侧球棒手II型患者可能存在不同类型的桡骨发育不全，即1) 保有生长区的远端骨骺发育不全，2) 包括远端骨骺和骺板在内的桡骨远端缺如 [7]。

先天性桡侧球棒手患者手术治疗的目的是恢复短骨长度，固定腕骨在桡骨上的位置，消除手部桡侧偏斜。

根据文献研究和我们的临床经验，手术是II型桡侧球棒手最有效的治疗方法，即1) 带血管蒂骺端第二跖骨自体显微移植；2) 使用压缩-牵张接骨术伸长桡骨[6, 8, 9]。

带血管蒂骺端（包括骺板）第二跖骨自体显微移植的手术指征是桡骨远端骺端缺陷，且远端骺板损伤或缺如。在这种情况下，手术不仅要恢复管状骨的长度，还要在腕关节的关节表面形成一个生长区。由于生长区存在各种复杂组织，患者可以在年幼时重建关节[9]。

1940年，Dykhno[10]首次提出采用显微外科移植，将连有骨骺板的组织复合体替代缺如的桡骨远端。他建议使用跖骨骺端或腓骨头骺软骨和部分骺端进行自体移植。Heikel [7]的家兔实验有可能将骺板成功移植到桡骨缺损位置，并让接骨组织生长。I. V. Shvedovchenko的研究表明，先天性桡侧球棒手患者接受显微外科自体移植，把带血管蒂第二跖骨骺端（包括骺板）移植至桡骨缺损处后，均取得了长期良好的效果。这些患者腕关节的“榫眼”得以形成，运动功能得至保留，手部居中，球棒手不复存在，肢体生长无干扰[11]。

第二跖骨带血管蒂骺端显微外科自体移植的缺点是使用健康的足部作为供

区，前臂术后固定时间为1.5 至6个月[9, 12, 13]。

使用压缩-牵张接骨术也可以恢复发育不足的桡骨长度[6, 8, 14]。T. Matsuno认为，桡骨发育不全性II型桡侧球棒手患者应从幼年就开始接受桡骨延长术。在其研究中，患者的平均年龄为16个月。然而，随着患儿的生长，手部桡侧偏斜复发，这意味着矫正桡侧偏斜需要行多次延长术[6, 14]。

先天性桡侧球棒手手术治疗是一个复杂的过程，需要多个步骤。手术治疗方法的选择，取决于桡骨发育不良的程度、治疗的时机和频率，并发症数量尚未研究。

本研究依据Bayne和Klug分级，旨在探讨先天性桡侧球棒手II型患者的治疗效果。治疗方法为带血管蒂第二跖骨骺端（及骺板）显微外科自体移植，以及通过压缩-牵张接骨术进行的桡骨延长术。

材料与方法

对16例（男12例，女4例，平均年龄 4.6 ± 0.9 岁）先天性桡侧球棒手II型（按Bayne和Klug分级）患者在特纳儿童矫形科学研究所（Turner Scientific and Research Institute for Children's Orthopedics）重建显微外科和手部外科的治疗结果进行回顾性分析。本研究于1994年至2017年进行。

所有患者分为两组，每组8人。第一组的患儿接受带血管蒂第二跖骨骺端（带功能正常的骺板）显微外科自体移植，以恢复桡骨远端骺端长度和关节部位。第二组的患儿接受压缩-牵张接骨术延长桡骨，复位桡骨长度。两组随访时间均从12个月至10年不等，平均随访时间为 3.8 ± 0.9 年。

手术干预前后使用了研究中的临床检查、放射学（包括计算机断层扫描）检查和统计学方法。

在临床检查中，在术前术后测量肘腕关节的运动幅度，前臂的旋后旋前状况，以及手部桡侧偏转角。

前臂带骨X线片（盖住手关节和肘关节）在两种标准视图下拍摄。此外，还拍摄了足部额状面X线片来评估使用跖骨作为供体的可能性。使用X线检查确定前臂骨的长度、桡骨相对尺骨缩短的程度、桡骨远端节段外侧尺寸，以及桡骨远端骨骺的保存情况。

对桡骨缺陷部位进行第二跖骨自体显微移植手术的指征包括：桡骨相对尺骨明显缩短、桡骨远端侧位尺寸减小，以及桡骨远端骺缺如。

通过压缩-牵张接骨术伸长桡骨的手术指征包括：X线检查或其软骨模型可见患者桡骨纵向尺寸减小但侧位尺寸正常，保有远端骨骺。

术后对两组患者的指标进行评估，即第一组患者的植骨长度、接骨时间，第二组患者的牵张时间、矫正时间、外固定指数和再生时间。我们根据J. Caton分级，分析了两组患者的术后并发症情况[15, 16]。

第二跖骨带血管蒂骺端显微外科自体移植术涉及多个阶段。受区经历的阶段包括桡侧腕屈肌肌腱伸长、腕骨与桡骨脱离、释放神经血管束（包括头静脉、桡动脉或正中神经动脉）。供区经历的阶段包括从第二跖骨中获取骨移植物，并保存通往骨干的血管（大隐静脉、足背动脉、足背或足底跖动脉）；切开跖趾关节囊和跖骨近端干骺端。为了避免在移植骨的生长过程中前臂骨长度差异进一步扩大，我

们选择了明显长于手术所需长度的移植骨（1-1.5 cm）。为了评估移植物的血液供应状况，我们在移植骨中加入了皮瓣（所谓的“浮标”）。

移植骨从足部转移到受区，放置于桡骨与腕骨之间形成的脱离区，位于手部过度矫正位；采用克氏针固定，经第二掌骨、移植骨和桡骨纵向插入。接合移植骨与前臂的血管。取出夹子，监测移植后血液循环的恢复情况，之后在皮下脂肪组织和皮肤上逐层缝合。

在供区，对7例患者进行第二跖骨重建。对于其中一例病例，医生决定切除第二足趾。第二跖骨重建包括对第一跖骨（71.4%）或第三跖骨（28.6%）进行纵向截骨，之后其中一个碎片被移至食指近端指骨下。碎片用克氏针固定在手部轴侧，为期4-6周；四肢用石膏固定。

克氏针被移除后，所有患者均接受物理治疗和保守治疗，以加强前臂和足关节的运动功能。

按标准方法通过压缩-牵张接骨对第二组患者行桡骨延长术。克氏针被插入前臂骨的近端和远端，并固定在两个经骨支架上。克氏针经掌骨2-5横向插入，手被固定在外支架上。对桡骨骨干干骺端远端实施截骨术。

术后第7天开始使用牵张杆进行牵张，每天三次，每次0.25 mm。在整个牵张期间，所有患者均接受保守治疗（物理治疗、运动治疗与按摩）。牵张再生成熟后，拆除压缩-牵张装置，用石膏固定两周。

采用参数统计和非参数统计方法，在Windows系统下通过Statistica 7.0对综合检查结果进行统计处理，进行相关分析并计算相关系数，确定均值和标准差。

研究结果

研究结果如图1所示。

两组先天性桡侧球棒手患者手术前后的肘关节运动幅度无显著差异，均在正常范围内。第一组2例患者与第二组3例患者出现肘关节轻度伸展挛缩，腕关节屈伸受限，以及与桡尺关节远端发育不良有关的旋前和旋后幅度减小。

两组患者的手部偏斜角度相当。第一组患者桡骨长度比第二组患者短12%，但该差异无统计学意义。两组患者尺骨长度相当。与第二组相比，第一组桡骨相对尺骨缩短41.5%。第二跖骨形成的植骨长度比原短骨长76.9%（平均 11 ± 0.3 mm）。在第二组患者中，再生长度比初始缩短长度高64.4%（平均 9.9 ± 0.4 mm）。由于桡骨生长可能会迟缓，我们谨慎地对其进行过正矫正。第一组患者术后固定时间为 42.8 ± 0.9 天，第二组为 73.2 ± 5.9 天（固定指数平均47.8天/cm；骨合成指数平均为52.1天/cm）。因此，第一组的固定时间比第二组少59%，这使得上肢的关节运动更早开始恢复。

根据Caton分级，I级与II级并发症仅在第二组患者中有记录。12.5%的病例记录了I级并发症。抗生素治疗和多种抗菌剂敷料使炎症得以消退。未见深部感染体征。第二组有3例（37.5%）出现II级并发症。由于牵张后成骨延迟，桡骨缺损植骨需要游离皮质/海绵植骨。

第一组患者III级并发症的发生率为12.5%。术后两个月，由于克氏针固定时间不足，桡骨植骨愈合区出现骨折。

两组患者均出现手部偏斜复发。第一组有2例患者出现复发，原因是移植体生长迟缓，需另行手术消除现有畸形。第二

图1

先天性桡侧球棒手 II 型患者手术治疗效果评估

指标	1组		<i>p</i>	2组		<i>p</i>
	术前	术后		术前	术后	
临床检查						
肘关节屈曲, °	142.5 ± 8.5	143.8 ± 7.4	≥0.05	145 ± 5.4	146.3 ± 5.2	≥0.05
肘关节伸展, °	8.2 ± 2.6	7.5 ± 3.7	≥0.05	8.8 ± 2.3	8.1 ± 2.5	≥0.05
腕关节屈曲, °	48.1 ± 3.7	50 ± 5.3	≥0.05	55 ± 7.5	60 ± 13	≥0.05
腕关节伸展, °	12.5 ± 3.8	13.2 ± 4.6	≥0.05	14 ± 4.2	15 ± 4.6	≥0.05
前臂旋后, °	58.8 ± 8.3	63.1 ± 5.3	≥0.05	42.5 ± 11.7	43.8 ± 10.9	≥0.05
前臂旋前, °	36.3 ± 7.4	37.5 ± 7.5	≥0.05	68.8 ± 8.4	75 ± 6.6	≥0.05
手偏斜角, °	36.3 ± 5.3	14.3 ± 8.68	≤0.05	33.3 ± 8.6	14.7 ± 10.9	≤0.05
X线检查						
桡骨长度, mm	72.1 ± 20	95.4 ± 14	≤0.05	80.9 ± 46.3	91.3 ± 27.5	≤0.05
尺骨长度, mm	99.1 ± 14	106.9 ± 10.5	≥0.05	96.6 ± 26.9	102.1 ± 25.1	≥0.05
桡骨相对尺骨的缩短长度, mm	14.3 ± 1.9	4.7 ± 2.2	≤0.05	10.1 ± 0.8	6.7 ± 3.6	≤0.05
术后早期						
桡骨延长长度, mm	25.3 ± 2.1			16.6 ± 2.1		≤0.05
稳定期, 天数	42.8 ± 0.9			73.2 ± 5.9		≤0.05
并发症						
经骨组织出口部位软组织炎症	0 (0%)			1 (12.5%)		
假关节形成或萎缩再生	0 (0%)			3 (37.5%)		
牵引疤痕	1 (12.5%)			0 (0%)		
再生骨折	1 (12.5%)			0 (0%)		

组患者中有4例, 由于桡侧骨相对尺侧骨生长迟缓, 导致手部偏斜复发。有3例患者需要额外延长桡侧骨。有一例由于桡骨明显变薄, 我们必须进行针对带血管蒂第二跖骨骺端(包括骺板)进行显微外科自体移植。

讨论

我们研究了先天性桡侧球棒手 II 型患者桡骨长度恢复最常用的两种方法, 即第二跖骨带血管蒂骺端(包括骺板)显微外科自体移植术和使用牵张成骨术延长桡骨。

检查结果回报后, 桡骨长度的恢复方法根据每位患者具体情况确定。由于桡侧骨较尺侧骨明显缩短, 远端节段横向尺寸减小, 桡侧骨远端骨骺缺如, 选择第二跗骨(包括骺板)显微外科自体移植术。

研究表明, 进行包括“活”骺板在内的第二跗骨显微外科自体移植后, 接骨纵向生长良好[8, 9, 13, 17, 18]。在我们的病例中, 62.5%的病例有类似结果。该手术治疗的主要缺点是使用健康的脚作为供区, 同时进行重建。不过, 足部手术后外观效果好, 且无疼痛综合征, 不影响患者的生活质量[8, 12, 17]。长期而言, 1组患者中仅有1例出现足背牵引疤痕, 需要手术治疗。

根据文献记载, 第二跗骨显微外科自体移植术后最常见的并发症是炎症, 但本研究未见任何严重状况。此外, 移植的第二跗骨生长速度变缓, 需要对桡骨进行矫正手术, 以防止手部偏斜复发[12, 13]。在本研究病例中, 第一组的两名患者使用压缩-牵张接骨术对桡骨进行单次延长。

I. V. Shvedovchenko报告称, 用于固定自体移植物的克氏针在术后4至6周被移除[9]。术后4至6周, S. Vilkki采用联合接骨术(用克氏针固定碎片, 为期4至6周, 取下克氏针后, 用Ilizarov器械固定前臂8-9周), 然后用石膏绷带固定上肢长达4周[12, 13]。对第一组患者, 我们在术后4-6周拆除了克氏针。12.5%的患者由于固定期限缩短, 关节提前活动, 导致在骨愈合期间骨折, 手部偏斜复发。通过用克氏针或皮质外接骨加强固定, 可以降低骨愈合部位骨折的风险, 从而预防手部偏斜复发。

关于先天性桡侧球棒手II型患儿桡骨骨延长的研究较少。然而, 所有报告都提到了在使用压缩-牵张接骨术时手部偏斜复发的复发[6, 14, 19]。桡骨长度的缩短可能是由于伸长后再生高度的降低和桡骨远端

骨吸收所致。第二组患者中, 有50%的病例在延长部位出现了这种类型的营养不良。研究表明, 造成这一过程的原因包括桡骨远端周围软组织和血管发育不良, 桡尺远端关节受压不足, Ilizarov器械压力与张力失衡[14, 20, 21]。

第二组患者平均固定指数为47.8天/cm, 骨合成指数为52.1天/cm, 与文献数据相当[14, 22, 23]。

第一组一例手术治疗临床病例

患者D., 6岁, 先天性右桡侧球棒手, 食指发育不全。患者接受保守治疗(石膏、物理治疗)长达3年。3岁时, 安装了压缩-牵张装置, 使手居中。一年后手部偏斜复发。临床检查发现前臂缩短7 cm, 手桡骨偏斜 32° 。由于不能将手被动移到中间位置, 并且X线片示存在发育不良(图1a), 因此决定通过带血管蒂第二跗骨骺端(包括骺板)显微外科自体移植来恢复桡骨。术后无异常。术后6周取出前臂和足部髓内针。

术后3年(图1b)、8年(图1c)检查示手部居中, 影像学检查可见桡骨轻度缩短。

第二组一例手术治疗临床病例

患者A., 4岁, 因先天性右桡侧球棒手(食指发育不全)入院。其未在初级医疗机构接受保守治疗或外科治疗。临床检查时发现右前臂缩短3cm, 手桡侧偏斜约 45° , 不能被动地将手移至中间位置, 最初X线可见发育不良(图2a)。考虑到桡骨与尺骨相比轻度缩短, 桡骨发育良好, 决定采用压缩-牵张接骨术修复桡骨。术后在经骨组织出口部位出现炎症反应, 经表面抗菌敷料及口服抗生素治疗后炎症反应消退。



图1. 患者D. 上肢X线片 (a) 手术前; (b) 第二跖骨带血管蒂骺端 (包括骺板) 显微外科自体移植手术3年后 (c) 手术8年后

取出外固定装置后，桡骨逐渐变薄（图2b）。1年后随访记录可见手部偏斜和桡骨缩短复发。

植较其他方法更具优势。然而，不应排除通过压缩-牵张接骨术来延长桡骨，同时稳定远端骺端和正常发育桡骨横向尺寸的方法。

结论

本研究发现，在先天性桡侧球棒手II型患者桡骨重建治疗中，由于桡骨远端存在生长区，第二跖骨（带骺板）显微外科自体移

其他信息

经费来源。 本研究无经费来源。

利益冲突。 作者声明，不存在与本文发表有关的明显及潜在利益冲突。



图2. 患者A. 前臂X线片。 (a) 手术治疗4年前, (b) 拆除外固定装置后, (c) 1年后

伦理审查。本研究依照俄罗斯卫生部修订后的世界医学协会 (World Medical Association) 《赫尔辛基宣言》 (Helsinki Declaration) 伦理标准, 通过特纳儿童矫形科学研究所 (Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics) 伦理委员会批准。患者 (及其代理人) 签署了知情同意书, 同意参与研究并发表医疗数据。

作者贡献

N. V. Avdeychik 参与研究方法的制定、撰写本文所有章节以及文献收集与处理工作, 为三例患者进行手术。

S. I. Golyana 负责管理研究小组并参与研究方法的制定, 为10例患者进行手术。

A. V. Safonov 参与研究进程, 为7例患者进行手术。

D. Yu. Grankin 参与数据处理, 撰写总结部分和参考书目。

E. A. Zakharyan 参与文章的数据处理和修正。

References

1. Ekblom AG, Laurell T, Arner M. Epidemiology of congenital upper limb anomalies in 562 children born in 1997 to 2007: a total population study from stockholm, sweden. *J Hand Surg Am.* 2010;35(11):1742-1754. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2010.07.007>.
2. Goldfarb CA, Wall L, Manske PR. Radial longitudinal deficiency: the incidence of associated medical and musculoskeletal conditions. *J Hand Surg Am.* 2006;31(7):1176-1182. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2006.05.012>.
3. Авдейчик Н.В., Говоров А.В., Голяна С.И., Сафонов А.В. Врожденная лучевая косорукость у детей в структуре генетических синдромов // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. – 2015. – Т. 3. – № 4. – С. 29–36. [Avdeychik NV, Govorov AV, Golyana SI, Safonov AV. Vrozhden'naya luche'vaya kosorukost' u detey v strukture geneticheskikh sindromov. *Pediatric traumatology, orthopaedics and reconstructive surgery.* 2015;3(4):29-36. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17816/PTORS3429-36>.
4. Bayne LG, Klug MS. Long-term review of the surgical treatment of radial deficiencies. *J Hand Surg Am.* 1987;12(2):169-179. [https://doi.org/10.1016/s0363-5023\(87\)80267-8](https://doi.org/10.1016/s0363-5023(87)80267-8).
5. Paley D. The Paley ulnarization of the carpus with ulnar shortening osteotomy for treatment of radial club hand. *SICOT J.* 2017;3:5. <https://doi.org/10.1051/sicotj/2016040>.
6. Takagi T, Seki A, Takayama S, Watanabe M. Current Concepts in Radial Club Hand. *Open Orthop J.* 2017;11:369-377. <https://doi.org/10.2174/1874325001711010369>.
7. Heikel HV. Aplasia and hypoplasia of the radius: studies on 64 cases and on epiphyseal transplantation in rabbits with the imitated defect. *Acta Orthop Scand.* 1959;30(s39):3-155.
8. de Jong JP, Moran SL, Vilkki SK. Changing paradigms in the treatment of radial club hand: microvascular joint transfer for correction of radial deviation and preservation of long-term growth. *Clin Orthop Surg.* 2012;4(1):36-44. <https://doi.org/10.4055/cios.2012.4.1.36>.
9. Шведовченко И.В. Микрохирургическая аутотрансплантация костной ткани при лечении дефектов костей предплечья у детей: методические рекомендации. – СПб., 1996. [Shvedovchenko IV. Mikrokhirurgicheskaya autotransplantatsiya kostnoy tkani pri lechenii defektov kostey predplech'ya u detey: metodicheskkiye rekomendatsii. Saint Petersburg; 1996. (In Russ.)]
10. Дыхно А.М. О врожденной локтевой косорукости и множественных экзостозах. – Хабаровск, 1940. [Dykhno AM. O vrozhdennoy loktevoy kosorukosti i mnozhestvennykh ekzostozakh. Khabarovsk; 1940. (In Russ.)]
11. Шведовченко И.В., Прокопович В.С., Прокопович Е.В. Метод микрохирургического восстановления лучезапястного сустава при врожденной лучевой косорукости // Травматология и ортопедия России. – 2002. – № 3. – С. 116–119. [Shvedovchenko IV, Prokopovich VS, Prokopovich EV. Metod mikrokhirurgicheskogo vosstanovleniya luche'zapyastnogo sustava pri vrozhdennoy luche'voy kosorukosti. *Travmatologiya i ortopediya Rossii.* 2002;(3):116-119. (In Russ.)]
12. Vilkki SK. Vascularized metatarsophalangeal joint transfer for radial hypoplasia. *Semin Plast Surg.* 2008;22(3):195-212. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1081403>.

13. Vilkki SK, Paavilainen P. Vascularized second metatarsophalangeal joint transfer for radial deficiency — an update. *J Hand Surg Eur Vol.* 2018;43(9):907-918. <https://doi.org/10.1177/1753193418793597>.
14. Matsuno T, Ishida O, Sunagawa T, et al. Radius lengthening for the treatment of Bayne and Klug type II and type III radial longitudinal deficiency. *J Hand Surg Am.* 2006;31(5):822-829. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2006.01.017>.
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(1):74-77.
16. Виленский В.А., Поздеев А.А., Зубаиров Т.Ф., и др. Лечение детей с деформациями длинных трубчатых костей нижних конечностей методом чрезкостного остеосинтеза с использованием аппарата Орто-СУВ: анализ 213 случаев // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. – 2016. – Т. 4. – № 4. – С. 21–32. [Vilenskiy VA, Pozdeyev AA, Zubairov TF, et al. Treatment of pediatric patients with lower extremity deformities using software-assisted Ortho-SUV Frame: analysis of 213 cases. *Pediatric traumatology, orthopaedics and reconstructive surgery.* 2016;4(4):21-32. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17816/PTORS4421-32>.
17. Шведовченко И.В. Микрохирургическая аутотрансплантация комплексов тканей при лечении дефектов суставов у детей: методические рекомендации. – СПб., 1999. [Shvedovchenko IV. *Mikrokhirurgicheskaya autotranplantatsiya kompleksov tkaney pri lechenii defektov sustavov u detey: metodicheskiye rekomendatsii.* Saint Petersburg; 1999. (In Russ.)]
18. Hierner R, Berger AK, Shen ZL. Vascularized joint transfer for finger joint reconstruction. *Handchir Mikrochir Plast Chir.* 2007;39(4):249-256. <https://doi.org/10.1055/s-2007-965229>.
19. Takagi T, Seki A, Mochida J, Takayama S. Bone lengthening of the radius with temporary external fixation of the wrist for mild radial club hand. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2014;67(12):1688-1693. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2014.08.048>.
20. Werner FW, Palmer AK. Biomechanical evaluation of operative procedures to treat Kienbock's disease. *Hand Clin.* 1993;9(3):431-443.
21. Palmer AK, Werner FW. Biomechanics of the distal radioulnar joint. *Clin Orthop Relat Res.* 1984(187):26-35. <https://doi.org/10.1097/00003086-198407000-00005>.
22. Kawabata H, Shibata T, Masatomi T, Yasui N. Residual deformity in congenital radial club hands after previous centralisation of the wrist. Ulnar lengthening and correction by the Ilizarov method. *J Bone Joint Surg Br.* 1998;80(5):762-765. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.80B5.0800762>.
23. Pickford MA, Schecker LR. Distraction lengthening of the ulna in radial club hand using the Ilizarov technique. *J Hand Surg Br.* 1998;23(2):186-191. [https://doi.org/10.1016/S0266-7681\(98\)80172-1](https://doi.org/10.1016/S0266-7681(98)80172-1).

Information about the authors

Natalia V. Avdeychik — MD, Orthopedic Surgeon of the Department of Reconstructive Microsurgery and Hand Surgery. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0001-7837-4676>. E-mail: natali_avdeichik@mail.ru.

Sergey I. Golyana — MD, PhD, Scientific Supervisor Department of Reconstructive Microsurgery and Hand Surgery. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0003-1319-8979>. E-mail: ser.golyana@yandex.ru.

Andrey V. Safonov — MD, PhD, Chief of the Department of Reconstructive Microsurgery and Hand Surgery. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0003-1923-7289>. E-mail: safo125@gmail.com.

Denis Yu. Grankin — MD, Research Associate of the Department of Reconstructive Microsurgery and Hand Surgery. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0001-8948-9225>. E-mail: grankin.md@gmail.com.

Ekaterina A. Zakharyan — MD, PhD, Researcher of the Department of Bone Pathology. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0001-6544-1657>. E-mail: zax-2008@mail.ru.