



# 巨指症儿童的显微足趾移植手指再造术

## MICROSURGICAL TOE-TO-HAND TRANSFER IN CHILDREN WITH MACRODACTYLY OF THE HAND

© S.I. Golyana, T.I. Tikhonenko, A.V. Govorov, N.V. Zaytseva

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

Received: 25.05.2018

Accepted: 07.09.2018

**背景。**目前，儿童巨指症的治疗方法很多。此外，没有关于巨指症儿童矫正手术与显微外科移植手术的整形和功能方面的比较数据，使得这项研究特别重要。

**目的。**该研究的目的是根据各种外科手术干预的比较分析，确定足趾显微外科移植术在治疗孤立性巨指症儿童中的作用。

**材料和方法。**从 2013 年到 2017 年，25 名患有先天性巨指症的儿童在显微重建外科接受检查并行手术治疗。其中，13 例 (52%) 患者食指和/或中指为巨指，在所有增生性手指节段中 ( $n = 45$ )，17 处手指节段增生程度达 25% 以上。

**结果与讨论。**对所有手指节段增生超过 25% 全指大小的巨指患儿行逐段建模切除肥大节段。4 例患者行软组织切除与指骨边缘切除联合术。当该节段增生达到巨指的 10% 大小时，进行软组织和骨的单个分离建模切除。16% ( $n = 4$ ) 的患儿行重复建模成形术后伴发严重的术后瘢痕，出现继发性成角畸形和指间关节功能丧失。9 例患儿 ( $n = 14$ ) 接受了增生性手指切除术，然后通过足趾自体移植术进行显微外科手术手指节段重建。4 例患儿重建拇指，另外 5 例患儿，将双脚的足趾移植到手指重建食指和中指 ( $n = 4$ ) 或中指和无名指 ( $n = 1$ )。结果发现，在手部受累部位明显增生的病例中 (增生部分比正常部分增大 1.5-2 倍)，与骨和软组织切除术相比，足趾显微外科自体移植术更为有效和可被接受。

**结论。**在节段增生小于 1.25 倍正常尺寸的情况下，最佳的手术干预方式是逐段建模切除术。对于增生超过 1.25 倍正常尺寸的患儿，替代手术治疗方法是将足趾进行显微移植术移植到受累手指部位，如此可使患儿获得良好的整形效果并保留手指功能。

**关键词：**显微外科手术；足趾移植手指再造术；巨指症

**Background.** At present, there are multiple approaches to the treatment of macrodactyly in children. Additionally, there are no comparative data on the cosmetic and functional aspects of corrective surgery versus microsurgical transplantations performed in children with a marked disproportion of the segment, making this study particularly relevant.

**Aim.** The aim of this study was to determine the role of microsurgical transplantation of the toes in the treatment of children with isolated macrodactyly, based on a comparative analysis of various surgical interventions.

**Materials and methods.** Twenty-five children with congenital macrodactyly of the hand were examined and surgically treated in the department of reconstructive microsurgery from 2013 to 2017. Of these, 13 (52%) had macrodactyly of the 2<sup>nd</sup> and/or 3<sup>rd</sup> fingers, and of the total number of hyperplastic hand segments ( $n = 45$ ), 17 rays had hyperplasia greater than 25%.

**Results and discussion.** Stage-by-stage modeling resections of enlarged segments were performed in all children with ray hyperplasia that was about 25% of the size of intact fingers. In 4 cases, excision of soft tissues was combined with marginal resection of phalanges. When hyperplasia of the segment reached up to 10% of macrodactyly, single isolated modeling resection of soft tissues and bones was performed. Repeated modeling plasties in 16% ( $n = 4$ ) of the children were accompanied by gross postoperative scars with the development of secondary angular deformities and loss of function of interphalangeal joints.

Nine children ( $n = 14$ ) underwent amputation of hyperplastic fingers followed by microsurgical reconstruction of rays by autografting of toes. In 4 cases, the first finger was reconstructed, and in the other 5 cases, toes of both feet were transplanted to the positions 2 and 3 ( $n = 4$ ) or 3 and 4 of fingers ( $n = 1$ ). It was found that in cases of significant hyperplasia of the affected segments of the hand (hyperplastic segment is 1.5–2 times greater compared to normal ones), microsurgical autografting of toes is more effective and acceptable compared to bone and soft tissue resections.

**Conclusions.** In cases of segment hyperplasia less than 1.25-times the normal size, the optimal surgical interventions are stage-by-stage modeling resections. An alternative surgical treatment for children with hyperplasia of more than 1.25-times the normal size is microsurgical transplantation of the toes in the position of the involved rays of the hand, which results in good cosmetic and functional outcomes in these patients.

**Keywords:** microsurgery; toe-to-hand transfer; macrodactyly.

## 背景

巨指症或巨大畸形指是一种罕见的先天性畸形，其特征是上肢软组织和骨骼结构的纵向和横向尺寸显著增加 [1, 2]。根据现代资料显示，在所有先天性手病病例中，巨指症的发病率为 0.5%–1% [1–4]。

从病因学来看，现在习惯于将孤立性巨指症从巨指症中划分出来，因为巨指症只是遗传综合征的部分病变（Proteus 综合征、Beckwith-Wiedemann 综合征、CLOVES 综合征等）。根据 J. Hardwicke 和 R. Lester 的研究 [1]，大多数孤立的、非综合征的巨指症没有已知的、记录在 oMIM 数据库的遗传病因 [1, 5]。

自从 1675 年英国医生 John Locke 首次对孤立性巨指症进行描述以来，已经有许多学者尝试创建一种单一的分类方法以全面描述这种疾病的临床表现、形态学图像以及疾病进展 [1–5]。如今，最完整的分类方法是基于 Kelikian (YEAR) 对 Dell、Flatt 和 Upton [6–12] 的研究进行修订之后的原创性论著。最新的分类方法是由 Oberg、Manske 和 Tonkin 以发育不良 - 肥大 - 巨指 或 发育不良 - 肥大 - 上肢 和 巨指 的形式呈现的，可根据形成/分化轴和肢体节段进行分类 [1]。因此，2015 年提出对现有分类方法进行整合和补充，以提高对预后的理解和治疗策略的优化（表 1）。

脂肪瘤性巨指症是最常见巨指症形式，与神经相关性巨指症不同的是，前者未累及指神经和维管束。为了强调神经和肌肉骨骼结构增加之间的联系，Kelikian (year) 首次提出了“神经相关性巨指症”这一术语。这种类型是指孤立性巨指症，

在 90% 的病例中为单侧畸形。在本文中，我们将探讨这种变异类型的巨指症患者的治疗方案。

巨指症的手术治疗取决于受累组织的矫正需求，即软组织切除术、矫正截骨术、骨骺固定术等。在 J.S. Gluck、M. Ezaki (YEAR) 的一篇论著中，提出可与患者父母（与患者同性别的一方）的类似手指作对比以对患者手指节段的肥大程度进行评估 [3]。因此，手术治疗方案的选择取决于手指节段的肥大程度。如果患儿的手指比其父母的手指小或尺寸相同，建议进行软组织和骨的逐步切除，但仅限于手指节段功能可以保留。如果患儿的手指明显大于父母的手指，即，如果它们是不成比例的并且没有足够的功能，则必须截断而无需后续重建。（引用）

这种手术方式还取决于增生节段的严重程度。由于主要是手指掌面的皮下脂肪组织增加，作者建议在指骨掌面的中心以椭圆形切口切除皮肤和软组织，这样可以保持指尖的神经支配和敏感性。还应注意，椭圆形切口不应到达指间关节水平，以避免继发性瘢痕挛缩。这种手术疗法是预防增生性甲周褶皱中指甲板向内生长的良好方法。

在软组织和骨结构出现重度增生，或者发生增生扩散和不对称增生的病例中，M. Ezaki 等 (year) 在研究中对肥大程度最严重的一侧软组织进行切除治疗。为此，根据疾病进展的病因学，选择和切除指神经及其分支，在中侧掌面上形成切口，这可以减缓病变组织的持续生长。值得注意的是，由于对侧神经的增生，大多数残留的软组织和皮肤的敏感性得以恢复。然而，由于其功能的后续恶化，从两侧移除神经是不切实际的。

表 1 巨指症分类整合系统

特征	分类			
高度	静止型		动力型	
形式	孤立性		综合征	
病因	脂肪瘤病	神经增生	骨质增生	血管畸形

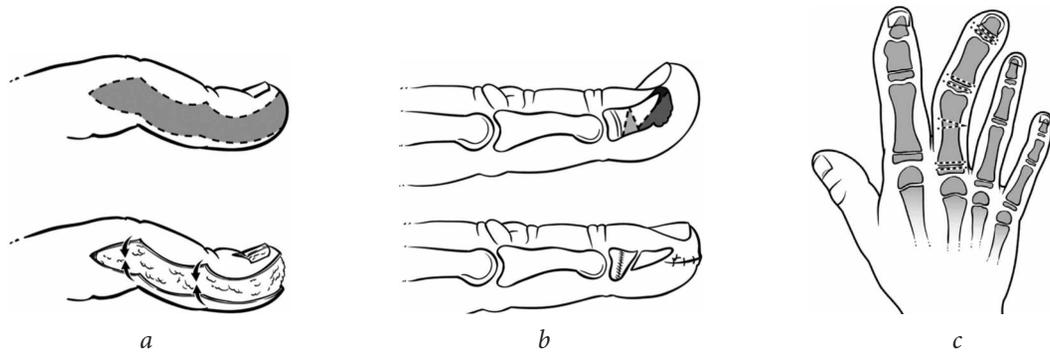


图 1 J.S. Gluck, M. Ezaki. (YEAR) 巨指症的软组织横向切除术 (a), 矫正截骨术 (b) 和骨骺切除术 (c) [3]

只要患儿的手指大小增生至父母的同一手指的大小, 建议使用骨骺固定术以阻止纵向生长。使用克氏针或与增生区等宽的钻子沿着侧面的中线切口行骨骺固定术, 并且根据上述程序, 通常可结合软组织切除术进行治疗。在存在明显成角畸形的情况下, 手术治疗辅以矫正截骨术(图1)。

这些手术方式, 包括远端和中间趾骨部分或完全切除术以及指骨中央切除术, 将永久导致关节僵硬和严重的功能丧失, 这不是令人满意的治疗结局(引用)。如果手指增生到(在早期)大小超过成人手指, 或者如果巨指显著限制其他健康手指的使用并因此导致手部功能受损, 则行手指截断术而不进行后续重建。作者并未排除使用足趾显微外科自体移植重建食指的可能性, 但认为这不切实际, 因为根据疾病发病机制, 保留弥漫性生长因子的活性可能无法阻止手指节段的增生。在这些病例中, 建议保留第一掌骨, 随后延长和重建叉指间隙。

根据 I.V. Shvedovchenko、O.N. Sosnenko 等人的观点, 主要用于巨指症的建模手术旨在减少受影响手指节段的长度/大小。建模切除术的目的是同时减少手指的长度和大小, 并且手术旨在消除伴发的畸形。当手指节段增大超过 300% 正常大小的手指节段时, 表明可切除增生的手指节段并行显微外科自体移植术将足趾移植到该部位, 这可以显著改善手部功能, 增加未来自主活动能力的可能性 [13–16]。

P. Cavadas、J. Hardwickeand、R. Lester 等 (YEAR) 在研究中也认为手指截断术不能充分改善手部功能和矫形效果, 因此建议进行显微外科手术将足趾移植到切除手指的部位。因此, 在这些临床研究中移植的足趾只有一个, 而无论受影响的手指节段数量多少 [1, 17]。

所以, 我们可以得出结论, 临床目前对于巨指症患儿的治疗尚无统一共识。可以说, 在手指节段严重不成比例患儿的“整形效果”和功能保留方面, 没有矫正手术与显微外科移植术的比较数据。因此, 本研究基于对各种类型的外科手术治疗方法的比较分析, 旨在确定显微外科足趾自体移植术治疗孤立性巨指症儿童的价值。

## 材料和方法

2013 年至 2017 年间, 25 名患有先天性上肢巨指症的儿科患者 (12 名男孩和 18 名女孩) 在显微重建外科检查并接受手术治疗。所有患者自愿签署知情同意书并同意参加研究。首次入院时患者的平均年龄为  $16 \pm 2$  个月, 畸形程度直接影响手术治疗方案的选择; 畸形越大, 越早需要进行手术治疗。在 25 例患有局部型巨大畸形指的患者中, 13 例患者 (52%) 的食指和中指为巨指。另有 4 例患儿 (16%) 经临床认定拇指和食指为巨指, 3 例患者中指和无名指为巨大畸形指。孤立性巨指症患儿中注意到食指和小指的孤立病变。在 8% ( $n=2$ ) 的病例中检测到无名指和小指的增生。在 45 处增生性手指节段中, 17 处手指节段增生大小超过 25%。由于手指节段的明显不平衡, 我们临床上注意到指间关节 (IPJ) 以伸展肌形式的总体改变, 并且还注意到被动和主动运动的明显受限, 活动度限制高达  $15^\circ$ 。

## 结果与讨论。

对所有手指节段增生占四分之一全指大小的巨指症患儿行逐段建模切除肥大节段的软组织。4 例患者行软组织切除与指骨边缘切除联合术。16% ( $n=4$ ) 的患儿行重复建模成形术后伴发粗大的术后瘢痕, 出现继发性成角畸形和指间关

节 (IPJ) 功能丧失。就此而言,在第一状态下,进行远端部分指骨切除术以改善整形效果,保留手部功能。此外,在无名指中间水平处行中指骨和拇指骨的缩短和矫正切除术。在随后的外科手术治疗中,主要沿着手指的外侧和掌面进行骨和软组织的分期切除。然而,随后的矫正手术效果不佳,因为是在有瘢痕形成的软组织上进行的,组织中神经血管束被封离;这导致 8 例 (32%) 患者出现血管疾病和软组织节段部分坏死。增生手指指骨的侧向切除反过来影响韧带-关节囊装置,这导致 11 例患者的 IPJ 功能恶化。

在稳定型巨指症中,手指节段增生高达 10% 的病例行软组织和骨的分离单一建模切除术。手术治疗后不同时间的监测显示良好的整形效果和功能结局 (7.25%)。

基于以上经验可以得出结论,手指节段增生超过四分之一正常大小时需行多次分期手术,但由于多种并发症和不令人满意的整形效果和功能结局而难以适用。因此,由于这些手指节段的最小功能负荷,对于 1 例小指为巨指的患儿和 2 例尺骨巨大畸形的巨指症患儿 (无名指和小指),仅行手指截断术而未行后续重建。

对于其余病例 ( $n=9$ ,  $\Sigma=14$ ),截断切除了增生的手指,然后使用足趾自体移植术进行了显微外科手术重建。4 例患者进行拇指重建,而另外 5 例患者,将两只脚的两个足趾移植到食指、中指 ( $n=4$ ) 和中指、无名指 ( $n=1$ ) 的位置。两例患儿接受了显微外科移植术治疗,以分别恢复中指和无名指。

在其他先天性和后天性缺陷的病例中,这些手术与标准显微外科移植术相比具有技术优势。因此,与正常手指节段解剖结构相比,所有患者均具有发育不全的指掌侧总动脉及其分支型结构。这需要更接近地,即在腕关节的水平处连接移植的血管。技术方面的一个积极因素是在重建过程中保留屈肌肌腱韧带的可能性,这使我们能够进一步减少肌腱松解术的需求并改善功能结局。在本文修回期间,所有病例中都观察到正中神经的显著增生和迂曲,完整性良好。

在脚趾 1 的自体移植过程中,所有必要结构的选择与科室采用的标准技术没有区别。根据跖骨间隙 1 的投影在左脚背上进行切口,通过至趾间间隙 1 和 2 在足底面上延续。分离出大隐静脉并将所有分支汇聚至足趾 1 和 3。然后,根据足部血管结构的变体,以第一跖背动脉和一支或

两支足底跖动脉的形式分离足背动脉及其延续部分。同时对屈肌肌腱、伸肌肌腱和足底趾神经进行分离和横切。在骨骺板下切断跖骨 2 (或跖趾关节 2 的囊切开术) 后,足趾与足分离。没有切断营养动脉和静脉,并且在取下止血带后,评估分离的移植物中血液循环的恢复情况。将移植物中的血液微循环维持 20-30 分钟以最小化缺血时间。

另一方面,第二组外科医生在增生手指的主指骨水平做了边缘切口。在分离手指的血管、神经和肌腱后,将其切除 (通常在主指骨的近端或中间三分之一的水平)。分离手背部的伸肌肌腱和静脉分支。在手部掌面上,分离长度和厚度异常增加的指神经,以及被切除手指的屈肌肌腱。考虑到巨指症患者外周血管结构的直径和松散类型,我们总是试图在腕关节水平或者甚至是前臂进行受体动脉的近端分离。通常,选择桡动脉或尺动脉,但其中 3 例患者选择掌浅动脉弓。从肩部取下止血带后,进行止血。

横切营养血管后,将足趾移植到手部,并使用缝合线沿轴向行骨缝合术。然后,对屈肌肌腱、伸肌肌腱和指神经行吻合术。使用止血夹夹住受体血管及其交汇部位之后,在移植物动脉和受体动脉的近端部分以及移植物静脉和手部静脉之间端对端地施行吻合术。从血管中取出止血夹后,评估移植物中血液循环恢复的速率。然后切开皮肤上多余的皮瓣,并分层缝合伤口 (图 2-4)。使用石膏模型固定两肢,保持稳定 4-6 周,这是稳定骨固结的最佳时间。

当从同时移植两只脚的足趾到两只手指时,通过上述方法分离足趾移植物。另一方面,受植床的制备方法类似,但仅适用于两只足趾 (图 5-8)。然而,受体血管的制备有一些特殊之处。静脉通常是从不同的静脉系统进行制备,即头静脉和贵要静脉。类似地,对于移植物营养动脉的形成,通常使用一条大动脉 (桡动脉或尺动脉),并且在移植完成后,可获得两种移植物的两处血液循环源。对动脉的近端段和远端段均施行吻合术 (图 9)。

尽管手的血管结构有其特殊性,我们观察到未发生继发性血管并发症,并且转置节段的植入成功率达到 100%。该组中的所有患儿随后接受矫正手术,即移植物手指的软组织建模切除术 (去除并指,切除多余的软组织) 和屈肌肌腱的肌腱松解术。

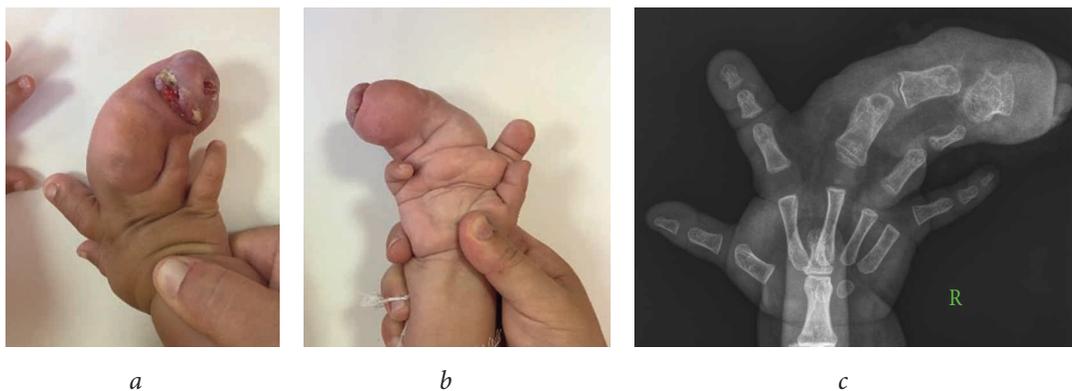


图 2 两岁大患儿右手手指食指、中指、无名指为巨指：a,b - 手术前的外观；c - 手部 X 线片



图 3 外科手术治疗的各阶段

图 4 术后手部外观和 X 线片



图 5 一岁半大右手巨指症患儿的手部外观



图 6 一岁半大右手巨指症患儿的手部 X 线片

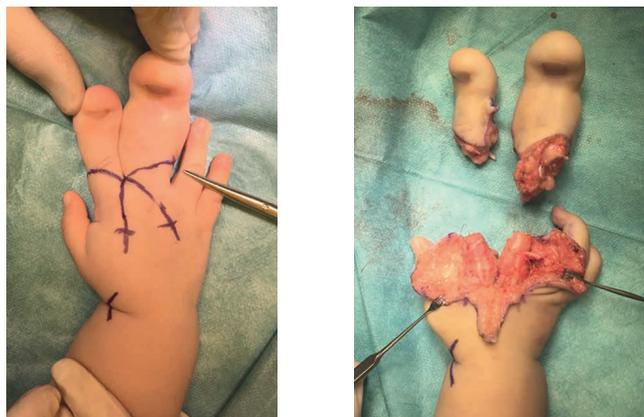


图 7 外科手术治疗的各阶段



图 8 术后手部外观和 X 线片

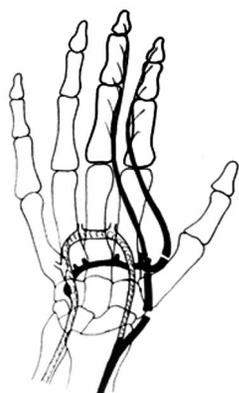


图 9 供体动脉连接两种移植物至横切的桡动脉的方案

通过测量手指和手部的大小，评估父母或患者的手部外观，测量掌指关节和指间关节中的被动和主动手指运动来分析手指移植的长期效果。手部能力也可通过主要抓取类型以及使用 ABILHAND 问卷（在三个年龄较大的 9–13 岁患者中）来测定。既往工作已经证实，对于患有先天性巨大畸形指的儿科患者，手部受影响节段的显著增生（超过正常手指大小的四分之一），使用足趾显微外科手术“替换”手指的方法更为有效，并且与传统的增生节段骨和软组织切除方法相比更为适用。在足趾移植后，89% 的患者父母对治疗的整形效果和功能结局都感到满意。对于受影响的手指肥大超过 1.5–2 倍健康手指大小的患儿尤其如此。

因此，这种类型的手术改善了这类患者的手术治疗结果，并且是分段切除受影响手指（尤其是永久性切除增生手指）手术方法的卓越且有前途的替代方案。

## 结论

1) 在手指节段增生小于正常尺寸四分之一的情况下，最佳手术干预是分段建模切除术，必要时可行骨切除和矫正截骨术。

2) 分段手术治疗应按结果和手术次数的最佳比例进行，因为随后的每次手术都会增加继发性并发症和畸形发生的风险。

3) 对增生超过 25% 全指大小的患儿进行手术治疗的另一种方法是行显微足趾移植术将足趾移植到受累手指节段部位。这可为患者获得良好的整形效果和功能结局。

## 其他信息

**科研经费。** 这项工作是特纳儿童骨科科学研究所研究项目的一部分。

**利益冲突。** 作者声明，这篇文章的发表不存在明显和潜在的利益冲突。

**伦理审查。** 患者（患者代表）同意处理和公布个人数据。

## 作者贡献

S.I. Golyana - 开发研究的概念和设计，分析获得的数据，准备文稿和编辑。

T.I. Tikhonenko - 分析文献资源，材料收集，分析获得的数据，数据统计处理和准备文稿。

A.V. Govorov - 分析获得的数据和准备文稿。

N.V. Zaitseva - 分析获得的数据和编辑。所有作者都直接参与施行了外科手术。

## References

1. Congenital Anomalies of the Upper Extremity. Etiology and Management. Ed by D.R. Laub. Boston: Springer; 2015. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7504-1>.
2. Cerrato F., Eberlin K.R., Waters P., et al. Presentation and treatment of macrodactyly in children. *J Hand Surg Am.* 2013; 38(11): 2112–2123. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2013.08.095>.
3. Gluck J.S., Ezaki M. Surgical Treatment of Macrodactyly. *J Hand Surg Am.* 2015; 40(7): 1461–1468. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2015.04.017>.
4. The Care of Congenital Hand Anomalies. Ed by A.E. Flatt, W.H.J. Chang. 2<sup>nd</sup> ed. St. Louis: Quality Medical Publishers, Inc; 1994.
5. Omim.org [Internet]. Online Mendelian Inheritance in Man [cited 2018 May 12]. Available from: [www.omim.org](http://www.omim.org).
6. Keppler-Noreuil K.M., Rios J.J., Parker V.E., et al. PIK-3CA-related overgrowth spectrum (PROS): diagnostic and testing eligibility criteria, differential diagnosis, and evaluation. *Am J Med Genet A.* 2015; 167A(2): 287–295. <https://doi.org/10.1002/ajmg.a.36836>.
7. Miller T.W., Rexer B.N., Garrett J.T., Arteaga C.L. Mutations in the phosphatidylinositol 3-kinase pathway: role in tumor progression and therapeutic implications in breast cancer. *Breast Cancer Res.* 2011; 13(6): 224. <https://doi.org/10.1186/bcr3039>.
8. Flatt A.E. Large fingers. In: The Care of Congenital Hand Anomalies. Ed by A.E. Flatt, W.H.J. Chang. 2<sup>nd</sup> ed. St Louis: Quality Medical Publishing; 1994. P. 317–333.
9. Upton J. Failure of differentiation and overgrowth. In: Plastic surgery. Ed by S.J. Mathes. 2<sup>nd</sup> ed. Philadelphia: Saunders Elsevier; 2006. P. 265–322.
10. Rayan GM, Upton III J. Overgrowth (Macrodactyly). In: Congenital Hand Anomalies and Associated Syndromes. Berlin, Heidelberg: Springer; 2014. P. 215–245. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-54610-5\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-642-54610-5_17).
11. Dell P.C. Macrodactyly. *Hand Clin.* 1985; 1(3): 511–524.

12. Kelikian H. Congenital deformities of the hand and forearm. Philadelphia: WB Saunders; 1974.
13. Сосненко О.Н. Истинный врожденный гигантизм кисти у детей: Дис. ... канд. мед. наук. – СПб., 2002. [Sosnenko O.N. Istinni vrozhdennyi gigantizm kisti u detey. [dissertation] Saint Petersburg; 2002. (In Russ.)]
14. Микрохирургическое лечение детей с истинным врожденным гигантизмом кисти: Пособие для врачей. – СПб., 2004. [Mikrokhirurgicheskoe lechenie detey s istinnym vrozhdennym gigantizmom kisti. Posobie dlya vrachey. Saint Petersburg; 2004. (In Russ.)]
15. Шведовченко И.В. Лечение детей с врожденными пороками развития верхних конечностей //Травматология и ортопедия: руководство для врачей: в 4 т. Т. 2: Травмы и заболевания плечевого пояса и верхней конечности / Под ред. Н.В. Корнилова и Э.Н. Грязнухина. – СПб.: Гиппократ, 2005. [Shvedovchenko IV. Lechenie detey s vrozhdennymi porokami razvitiya verkhnikh konechnostey. In: Travmatologiya i ortopediya: rukovodstvo dlya vrachey: v 4 t. Ed by N.V. Kornilov, E.N. Gryaznukhin. T. 2: Travmy i zabolevaniya plechevogo poyasa i verkhnei konechnosti. Saint Petersburg: Gippokrat; 2005. (In Russ.)]
16. Шведовченко И.В. Врожденные пороки развития кисти. Общие положения микрохирургических реконструкций // Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. – 2017. – Т. 20. – № 1. – С. 28–35. [Shvedovchenko IV. Congenital malformations of hand evolution. general statutes of microsurgical reconstructions. *Issues of reconstructive and plastic surgery*. 2017;20(1):28-35. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17223/1814147/60/03>.
17. Cavadas PC, Thione A. Treatment of Hand Macrodactyly With Resection and Toe Transfers. *J Hand Surg Am*. 2018;43(4):388.e381-388.e386. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2017.08.012>.

---

### *Information about the authors*

---

**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. E-mail: ser.golyana@yandex.ru.

**Tatiana I. Tikhonenko** – MD, PhD, Leading Research Associate of the Department of Reconstructive Microsurgery and Hand Surgery. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. E-mail: Tikhonenko\_turner@mail.ru.

**Anton V. Govorov** – MD, PhD, Orthopedic and Trauma Surgeon of the Department of Trauma Effects and Rheumatoid Arthritis. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics. E-mail: agovorov@yandex.ru.

**Natal'ya V. Zaytseva** – MD, Anesthesiologist-Resuscitator of the Department of Anesthesiology, Resuscitation and Intensive Care. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics. E-mail: zaiceva.n@mail.ru.