



Научная статья  
УДК 617.576-007.5-053.2:616.71-089.84  
<https://doi.org/10.17816/2311-2905-17464>

## Использование костно-надкостно-мышечного лоскута при удлинении локтевой кости у детей с врожденной лучевой косорукоустью

Н.В. Авдейчик, Д.Ю. Гранкин, Е.А. Захарьян, Н.С. Галкина, А.В. Сафонов

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

### Реферат

**Введение.** Врожденная лучевая косорукоусть характеризуется недоразвитием всех структур предплечья. Укорочение локтевой кости составляет в среднем 24,7–50,0% по сравнению с интактной конечностью.

**Цель исследования** — оценить результаты лечения пациентов с врожденной лучевой косорукоустью IV типа методом distractionного остеосинтеза, которым выполняли остеотомию с формированием костно-надкостно-мышечного лоскута, и сравнить их с результатами стандартной (косой) остеотомии локтевой кости.

**Материал и методы.** Основную группу составили 20 пациентов (период лечения с 2019 по 2022 г.), которым выполняли остеотомию с формированием костно-надкостно-мышечного лоскута при удлинении локтевой кости. Контрольная группа включала 19 пациентов (22 предплечья), которым с 1998 по 2018 г. выполняли косую остеотомию локтевой кости. Проводили оценку следующих показателей: длина полученного регенерата, время distraction, период коррекции, индекс фиксации, индекс остеосинтеза, осложнения.

**Результаты.** Получено удлинение на 4,1 см (30,7% от исходной длины локтевой кости). Коррекция угловой деформации составила 71,4%, при этом большую коррекцию удалось получить при выполнении остеотомии в проксимальном отделе. Индексы фиксации и остеосинтеза в подгруппе остеотомии в проксимальном отделе составили 25,6 и 25,7 дней/см соответственно, при остеотомии в средней трети — 42,3 и 42,6 дней/см. Из осложнений зафиксированы воспалительные явления в 30% случаев. В 100% случаев у пациентов основной группы получено формирование регенерата. Таким образом, фрагмент костной ткани с надкостно-мышечной ножкой является источником дополнительного костеобразования при distraction.

**Заключение.** Проведенное исследование доказало целесообразность использования остеотомии с формированием костно-надкостно-мышечного лоскута у детей с врожденной лучевой косорукоустью. Применение данной методики позволяет получить большую коррекцию деформации, сократить сроки формирования регенерата и количество осложнений.

**Ключевые слова:** врожденная лучевая косорукоусть, дети, удлинение локтевой кости, компрессионно-distractionный остеосинтез, костно-надкостно-мышечный лоскут.

**Для цитирования:** Авдейчик Н.В., Гранкин Д.Ю., Захарьян Е.А., Галкина Н.С., Сафонов А.В. Использование костно-надкостно-мышечного лоскута при удлинении локтевой кости у детей с врожденной лучевой косорукоустью. *Травматология и ортопедия России*. 2024;30(3):34-43. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17464>.

Авдейчик Наталья Валерьевна; e-mail: natali\_avdeichik@mail.ru

Рукопись получена: 14.02.2024. Рукопись одобрена: 15.07.2024. Статья опубликована онлайн: 26.08.2024.

© Авдейчик Н.В., Гранкин Д.Ю., Захарьян Е.А., Галкина Н.С., Сафонов А.В., 2024

## Bone-Periosteal-Muscle Flap for Ulnar Lengthening in Children with Congenital Radial Club Hand

Natalia V. Avdeychik, Denis Yu. Grankin, Ekaterina A. Zakharyan, Natalia S. Galkina, Andrey V. Safonov

*H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, St. Petersburg, Russia*

### Abstract

**Background.** Congenital radial club hand is characterized by the underdevelopment of all forearm structures. Ulnar bone shortening ranges from 24.7% to 50.0% compared to the intact limb.

**The aim of the study** was to evaluate the outcomes of ulnar lengthening by distraction osteogenesis in patients with congenital radial club hand type IV who underwent osteotomy with the formation of a bone-periosteal-muscle flap, and to compare these results with the treatment outcomes of the patients who had standard (oblique) ulnar osteotomy.

**Methods.** The main group consisted of 20 patients who underwent osteotomy with the formation of a bone-periosteal-muscle flap during ulnar lengthening between 2019 and 2022. The control group included 19 patients (22 forearms) who underwent oblique ulnar osteotomy between 1998 and 2018. The following indicators were evaluated: length of the regenerate, distraction time, correction period, fixation index, osteosynthesis index, and complications.

**Results.** A lengthening of 4.1 cm was achieved (30.7% of the initial ulnar bone length). The correction of angular deformity was 71.4%. Greater correction was achieved with osteotomy in the proximal ulna. In the subgroup with proximal segment osteotomy, the distraction and osteosynthesis indices were 25.6 and 25.7 days/cm, respectively. In the mid-third osteotomy group, these indices were 42.3 and 42.6 days/cm, respectively. Complications were limited to inflammatory phenomena in 30% of cases. All patients in the main group exhibited successful regenerate formation. Thus, the bone fragment with a periosteal-muscle pedicle serves as an additional source of osteogenesis during distraction.

**Conclusions.** This study demonstrates the appropriateness of osteotomy with the formation of a bone-periosteal-muscle flap in children with congenital radial club hand. This technique allows for greater deformity correction, a shortened regenerate formation period, and a reduction in complications.

**Keywords:** congenital radial club hand, children, ulnar lengthening, compression-distraction osteosynthesis, bone-periosteal-muscle flap, Ilizarov method.

**Cite as:** Avdeychik N.V., Grankin D.Yu., Zakharyan E.A., Galkina N.S., Safonov A.V. Bone-Periosteal-Muscle Flap for Ulnar Lengthening in Children with Congenital Radial Club Hand. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2024;30(3):34-43. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17464>.

✉ Natalia V. Avdeychik; e-mail: natali\_avdeichik@mail.ru

Submitted: 14.02.2024. Accepted: 15.07.2024. Published Online: 26.08.2024.

© Avdeychik N.V., Grankin D.Yu., Zakharyan E.A., Galkina N.S., Safonov A.V., 2024

## ВВЕДЕНИЕ

При врожденной лучевой косорукости (ВЛК), которую также называют радиальным продольным дефицитом, происходит гипоплазия всех структур верхней конечности. Наиболее часто встречается недоразвитие лучевой кости и первого пальца кисти [1]. При описании ВЛК в основном используется классификация, предложенная L.G. Waune и M.S. Klug, которая разделяет ее на четыре типа в зависимости от недоразвития лучевой кости [2]. Гипоплазия лучевой кости обуславливает отклонение запястья и кисти в радиальную сторону, что требует проводить коррекцию лучевой девиации в первую очередь [3]. Наиболее популярные методы хирургического лечения — центрация и ее модификации (радиализация, ульнарзация), создание «вилки» лучезапястного сустава с помощью микрохирургической аутотрансплантации сустава стопы, расщепление дистального отдела локтевой кости в сагиттальном направлении [4, 5, 6]. Устранение деформации предплечья с помощью различных вариантов стабилизации кисти на локтевой кости позволяет улучшить функцию предплечья и кисти, а также придать эстетичный вид верхней конечности [7]. Кроме того, пациентам проводятся различные реконструктивные вмешательства на кисти с целью формирования двустороннего схвата (формирование первой пястной кости, сухожильные пластики, поллицизация второго пальца) [8, 9, 10].

Помимо описанных симптомов, у детей с ВЛК имеется укорочение предплечья за счет недоразвития и «саблевидной» деформации локтевой кости. Это является значительной эстетической и функциональной проблемой для пациентов, особенно при одностороннем поражении [11, 12]. Укорочение предплечья по сравнению с интактной верхней конечностью составляет в среднем 24,7–50,0% [1, 12, 13, 14]. При одностороннем поражении качество жизни близко к нормальному, однако пациенты испытывают трудности в подборе одежды, а самым сложным для ребенка и его семьи является дистресс из-за отличия от других детей. При двустороннем поражении, помимо эмоциональной составляющей, происходит ограничение самообслуживания, выполнения простых бытовых манипуляций (осуществление гигиенических процедур, подбор одежды, завязывание шнурков и застегивание пуговиц, приготовление пищи). Кроме того, в более старшем возрасте возникают трудности с выбором профессии. Поэтому в случае одностороннего поражения удлинение проводится больше по косметическим показаниям, а при двустороннем — по функциональным [7, 11, 15]. Математически доказано, что выполнение корригирующей остеотомии с одномоментным устранением «саблевидной» деформации локтевой кости

не приведет к ее значительному удлинению даже при выполнении множественных остеотомий [16]. Поэтому пациентам с ВЛК требуется удлинение конечности с помощью компрессионно-дистракционного остеосинтеза.

В 1995 г. в НМИЦ детской травматологии и ортопедии профессором А.П. Поздеевым был предложен способ удлинения костей конечности, который заключался в выполнении поперечной остеотомии и дополнительной остеотомии в виде прямоугольника, расположенного перпендикулярно и симметрично относительно основной остеотомии. Такой вид фигурной остеотомии позволяет сформировать аутотрансплантат на питающей надкостно-мышечной ножке, который будет служить источником дополнительного костеобразования при дистракции (патент РФ 2106826). А.П. Поздеев и Э.В. Бухарев представили результаты использования данного метода с модификацией лоскута до формы полукруга при коррекции деформации нижних конечностей (рис. 1). Авторы на достаточном клиническом материале показали, что применение данного способа приводит к снижению сроков перестройки дистракционного регенерата, формированию его по гипертрофическому типу, а следовательно — к сокращению срока перестройки дистракционного регенерата, формированию его по гипертрофическому типу, что уменьшает сроки фиксации в АВФ и позволяет разрешать более раннюю нагрузку на конечность [17]. При проведении информационного поиска мы не обнаружили публикации, описывающие применение этого метода при лечении детей с патологией верхних конечностей.



**Рис. 1.** Формирование костно-надкостно-мышечного лоскута (КНМ лоскута) при удлинении бедренной кости у пациентов [17]

**Figure 1.** Formation of a bone-periosteal-muscle flap during femoral lengthening in patients [17]

*Цель исследования* — оценить результаты лечения пациентов с врожденной лучевой косорукостью IV типа методом дистракционного остеосинтеза, которым выполняли остеотомию с формированием костно-надкостно-мышечного лоскута, и сравнить их с результатами стандартной (косой) остеотомии локтевой кости.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В период с 2019 по 2022 г. в отделении реконструктивной микрохирургии и хирургии кисти НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера было проведено удлинение локтевой кости 20 пациентам (20 предплечий) с врожденной лучевой косорукоутостью IV типа по классификации L.G. Waune и M.S. Klug. Исследование включало 13 мальчиков и 7 девочек, их средний возраст составил  $8,8 \pm 3,5$  лет (от 5 до 15 лет). У 12 пациентов удлинение локтевой кости проводили впервые, у 8 ранее уже выполняли коррекцию длины, и в связи с сохраняющимся укорочением было принято решение о проведении повторного удлинения. Эти пациенты составили основную группу. В контрольную группу вошли 19 пациентов (22 предплечья) с врожденной лучевой косорукоутостью IV типа по классификации Waune и Klug. Среди них было 13 мальчиков и 6 девочек, средний возраст составил  $6,9 \pm 3,0$  лет (от 3 до 14 лет), которым в период с 1998 по 2018 г. выполняли удлинение локтевой кости с выполнением косой остеотомии [11].

Учитывая ранее полученные хорошие результаты по удлинению локтевой кости в ее дистальном отделе [11], было принято решение не применять данную методику в нижней трети локтевой кости и разделить пациентов обеих групп на две подгруппы в зависимости от уровня остеотомии. Определение уровня остеотомии зависело от расположения вершины деформации локтевой кости. При расположении вершины деформации в проксимальном отделе пациентам остеотомию выполняли в верхней трети локтевой кости (I подгруппа). Если же угловая деформация располагалась в диафизе, то остеотомию проводили в средней трети (II подгруппа).

Всем пациентам основной и контрольной групп до включения в исследование были проведены различные вмешательства на предплечье (одно- либо двухэтапная методика центрации кисти, у 95% пациентов — реконструктивные операции с целью формирования двустороннего схвата).

### Методы обследования пациентов

Всем пациентам проводили клиническое обследование (оценка амплитуды движений в локтевом суставе, суставах пальцев кисти) и выполняли рентгенограммы предплечья с захватом кисти и локтевого сустава в двух проекциях. На полученных рентгенограммах определяли длину локтевой кости; процент укорочения локтевой кости по сравнению с интактной конечностью; угол деформации локтевой кости.

### Техника операции

Удлинение локтевой кости методом чрескостного остеосинтеза выполняли по следующей схеме:

1) под контролем ЭОП проводили по два стержня-шурупа в проксимальном и дистальном отделах локтевой кости с последующей фиксацией их в двух кольцевых чрескостных опорах;

2) в зоне запланированного удлинения по тыльно-боковой поверхности предплечья производили доступ длиной около 3–4 см;

3) выделяли по тыльной поверхности задний край локтевой кости, не отделяя надкостницу;

4) с помощью сверла 1,5 мм перфорировали локтевую кость с формированием полукруга костно-надкостно-мышечного лоскута длиной 1,5–3,0 см в зависимости от исходной длины кости (в среднем  $1,7 \pm 0,5$  см) и толщиной  $\frac{1}{2}$  ее диаметра;

5) с помощью долота рассекали ладонный кортикальный слой локтевой кости, в результате чего получали костно-надкостно-мышечный лоскут, фиксированный надкостницей и мышцей (локтевой разгибатель кисти);

6) выполняли поперечную остеотомию оставшегося  $\frac{1}{2}$  диаметра локтевой кости;

7) чрескостные кольцевые опоры фиксировали между собой тремя штангами, при необходимости на уровне остеотомии одномоментно выполняли коррекцию деформации;

8) проводили спицу через II–V пястные кости с фиксацией кисти к выносным опорам.

У 3 пациентов с нестабильностью локтевого сустава с целью профилактики вывиха локтевого сустава дополнительно проводили две перекрестные спицы в нижней трети плечевой кости с фиксацией в чрескостной опоре. Чрескостную опору на плече и в проксимальном отделе предплечья соединяли между собой двумя штангами с шарнирами на уровне локтевого сустава под углом  $90^\circ$ .

Дистракцию начинали на 7-е сут. после оперативного вмешательства, по 0,25 мм 3 раза в сутки. Ежедневно 4–5 раз в сут. по 15–20 мин. у всех пациентов проводили массаж, ЛФК для разработки движений в локтевом суставе с временной разблокировкой шарниров и пальцах кисти с целью профилактики формирования контрактур. Через 1 мес. после окончания дистракции выполняли частичный демонтаж аппарата (чрескостные опоры с плечевой кости и кисти). После формирования дистракционного регенерата (фаза IIIБ по В.И. Садофьевой при рентгенологическом исследовании [18]) производили демонтаж аппарата внешней фиксации (АВФ) с иммобилизацией верхней конечности циркулярной гипсовой повязкой в течение одного месяца.

В контрольной группе метод установки АВФ не отличался от основной группы, однако в зоне предполагаемого удлинения производили косую остеотомию с последующей коррекцией угловой деформации (при необходимости) локтевой кости.

Сроки начала distraction, проведение реабилитационных мероприятий также были сопоставимы с основной группой.

### Оценка результатов

При анализе результатов лечения пациентов основной группы оценивали следующие показатели: 1) длину полученного регенерата; 2) время distraction; 3) период коррекции; 4) индекс фиксации; 5) индекс остеосинтеза; 6) осложнения. Анализ осложнений проводили по классификации J. Satop [19]. Все показатели сравнивали с контрольной группой для оценки эффективности выполнения данного типа остеотомии у пациентов с врожденной лучевой косорукостью. Оценку функции конечности до и после лечения не проводили.

### Статистический анализ

Формирование базы данных пациентов, разделенных по группам в зависимости от уровня остеотомии, выполняли в таблицах Excel. Производили оценку результатов по ранее определенным показателям в основной группе, данные сравнивали с контрольной группой. Расчеты производились с использованием компьютерных программ SPSS v. 6 и Statgraphics 18. С помощью описательной статистики рассчитывали средние арифметические величины (M), стандартные отклонения (SD), медиану (Me) с 25 и 75 перцентилями [Q1;Q3], минимальное и максимальное значения, t-критерий Стьюдента и F-критерий Фишера. Для параметров, распределение которых отличалось от нормального, использовали непараметрические тесты, в частности критерий Манна-Уитни, критерий Вилкоксона. Критический уровень значимости принимали равным 0,05, т.е. нулевые гипотезы отвергались при  $p < 0,05$ .

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты проведенного исследования в основной группе представлены в таблице 1.

Амплитуда движения в локтевом суставе у всех пациентов в до- и послеоперационном периодах значительно не отличалась. Отмечена сгибательно-разгибательная контрактура (сгибание —  $144,8 \pm 9^\circ$ , разгибание —  $7,8 \pm 2,6^\circ$ ). При сравнении с контрольной группой статистически значимых отличий также не выявлено ( $p \geq 0,05$ ).

Укорочение локтевой кости по отношению к интактной конечности до оперативного лечения в среднем составило  $32,7 \pm 10,5\%$ , а после оперативного лечения —  $12,9 \pm 10,9\%$ . Локтевая кость была удлинена в среднем на 30,7% (контрольная — на 36%) по сравнению с ее исходной длиной. Статистически значимых различий между показателями основной и контрольной групп в до- и послеоперационном периодах не выявлено ( $p = 0,25$  и  $p = 0,11$  соответственно). Таким образом, вид остеотомии не влияет на полученное удлинение. При сравнении показателей основной группы в до- и послеоперационных периодах с помощью критерия Вилкоксона получены достоверные различия ( $W = 40,0$ ;  $p = 0,0001$ ), что подтверждает эффективность проведенного оперативного лечения (табл. 2).

При сравнении показателей полученного удлинения в разных подгруппах не выявлено статистически значимых различий при выполнении остеотомии с формированием костнонадкостно-мышечного лоскута и косой остеотомии в проксимальном отделе локтевой кости ( $W = 62,5$ ;  $p = 0,6096$ ). Однако при коррекции деформации в средней трети показатели удлинения были выше в основной группе ( $W = 6,5$ ;  $p = 0,0087$ ). Данные результаты подтверждают целесообраз-

Таблица 1

### Сравнительная оценка рентгенологических и временных показателей до и после хирургического вмешательства в основной группе, M±SD (min-max)

Показатель	I подгруппа (верхняя треть локтевой кости), n = 9		II подгруппа (средняя треть локтевой кости), n = 11	
	до	после	до	после
<i>Рентгенологические</i>				
Укорочение локтевой кости по отношению к здоровой, %	30,1±13 (14,3–47,1)	12,5±10,8 (0,5–32,5)	33,6±8,5 (24,9–51,3)	12,4±11,5 (0,0–35,2)
Угол деформации локтевой кости, град.	15±13,8 (2–45)	3±1,7 (1–5)	25±8,6 (5–35)	7,2±4,9 (1–15)
<i>Временные</i>				
Период коррекции, дни	46,7±11,6 (54–91)		64,5±13,8 (30–82)	
Полученное удлинение, см	4,1±0,9 (3,1–5,5)		4,1±0,7 (3,9–5,2)	
Полученное удлинение в процентах от исходной величины локтевой кости	29,1±8,6 (20,9–38,0)		32,3±13,6 (17,5–49,2)	
Индекс фиксации, дней/см	25,6±6,4 (19,9–39,4)		24,8±7,9 (14,9–35,9)	
Индекс остеосинтеза, дней/см	43,3±10,7 (29,8–64,8)		41,2±10,4 (27,9–58,8)	

ность выполнения остеотомии с формированием костно-надкостно-мышечного лоскута в средней трети локтевой кости.

У пациентов основной группы в дооперационном периоде угол деформации локтевой кости составил 20,5° (в контрольной группе — 17,1°),

а после оперативного лечения — 5,3° (в контрольной — 7,6°). При сравнении медиан до- и послеоперационных данных в основной группе получены результаты, доказывающие эффективность проведенного лечения ( $W = 52,5; p = 0,0001$ ). Коррекция составила 71,4% (табл. 3).

Таблица 2

**Укорочение локтевой кости в до- и послеоперационном периодах в основной и контрольной группах, %**

Статистический показатель	До операции		После операции	
	основная группа	контрольная группа	основная группа	контрольная группа
M±SD	32,7±10,5	36,2±13,0	12,9±10,9	16,0±10,5
[Q1;Q3]	[25,4;41,2]	[29,7;46,0]	[2,3;19,8]	[6,7;21,4]
min-max	2-45	2-40	1-5	2-30

Таблица 3

**Полученное удлинение при выполнении остеотомии в верхней и средней третях локтевой кости, M±SD [Q1;Q3] (min-max)**

Уровень остеотомии локтевой кости	Основная группа	Контрольная группа
Верхняя треть, см	4,1±0,9 [3,4;5,1] (3,1-5,5)	3,8±1 [2,9;4,7] (1,5-5,0)
Средняя треть, см	4±0,7 [3,5;4,7] (3,9-5,2)	2,4±0,9 [1,5;3,5] (1,3-3,7)

Статистически значимых различий в показателях угла деформации в проксимальном отделе локтевой кости у пациентов основной и контрольной групп не выявлено ( $W = 74,5; p = 0,9092$ ). Выполнение остеотомии с формированием костно-надкостно-мышечного лоскута дает большую коррекцию по сравнению с косой ( $W = 117,0; p = 0,0081$ ). Различий в величине угла деформации в среднем отделе локтевой кости в дооперационном периоде у пациентов основной и контрольной групп не выявлено ( $W = 33,5; p = 1,0$ ), также как и в послеоперационном ( $W = 31,5; p = 0,9186$ ) (табл. 4).

У пациентов, которым остеотомию выполняли в проксимальном отделе локтевой кости, при сравнении медиан индекса фиксации и индекса остеосинтеза с помощью W-критерия Манна-Уитни статистически значимых различий между основной и контрольной группами не получено ( $p = 0,08$  и  $p = 0,06$  соответственно), то есть отсутствуют

различия в сроках консолидации при выполнении остеотомии с костно-надкостно-мышечным лоскутом и косой. В средней трети при сравнении медиан индекса фиксации получены статистически значимые различия между основной и контрольной группами, что показывает эффективность применения данного способа ( $p = 0,04$ ). При сравнении показателей индекса остеосинтеза различия не выявлено ( $p = 0,12$ ) (табл. 5).

Отсутствие различий в индексе остеосинтеза во вторых подгруппах объясняется тем, что в контрольной группе только у 3 (50%) пациентов был сформирован регенерат, который позволил произвести демонтаж АВФ. В остальных случаях был получен атрофический регенерат, что потребовало проведения костной пластики с целью замещения полученного дефекта, индекс остеосинтеза у данных пациентов был равен 0. В основной же группе в 100% случаев сформировался костный регенерат, что позволило выполнить демонтаж АВФ.

Таблица 4

**Анализ полученной коррекции деформации локтевой кости у пациентов основной и контрольной групп, M±SD [Q1;Q3] (min-max)**

Уровень остеотомии локтевой кости	До операции		После операции	
	основная группа	контрольная группа	основная группа	контрольная группа
Верхняя треть, град.	15±13,8 [3,5;23,5] (2-45)	15,1±11,8 [5;20] (2-40)	3±1,7 [1,5;5,5] (1-5)	8,1±8 [5;9,3] (2-30)
Средняя треть, град.	24,9±8,7 [22;32] (5-35)	22,5±16 [4,3;37,8] (2-40)	7,2±4,9 [2;10] (1-15)	6,5±4,5 [1,5;10] (2-10)

Таблица 5

**Индекс фиксации и индекс остеосинтеза у пациентов основной и контрольной групп, M±SD [Q1;Q3] (min-max)**

Уровень остеотомии локтевой кости	Индекс фиксации		Индекс остеосинтеза	
	основная группа	контрольная группа	основная группа	контрольная группа
Верхняя треть, дней/см	25,6±6,4 [19,4;28,5] (19,9–39,4)	22±10 [17,1;22,8] (9,7–50,7)	43,3±10,7 (33,7;49,3) (29,8–64,8)	35,4±10,5 (31;36,1) (19,4–64,0)
Средняя треть, дней/см	25,7±8,2 [17,4;34,2] (14,9–35,9)	47,4±21,5 (29,7;56,1) (29,7–71,3)	42,6±10,6 (33,1;53,3) (27,9–58,8)	75,5±45,6 (40,5;97,1) (40,5–127,1)

Количество осложнений, зарегистрированных в основной группе, было значительно меньше, чем в контрольной. Однако статистически значимых различий не выявлено ( $t = -0,7727$ ;  $F = 1,7368$ ). В основной группе отмечено только воспаление

мягких тканей в месте выхода чрескостных элементов (осложнения I степени по классификации Caton). Воспалительный процесс был купирован с помощью перевязок и пероральной антибиотикотерапии (табл. 6).

Таблица 6

**Осложнения при удлинении локтевой кости у пациентов в основной и контрольной группах, n (%)**

Осложнение	Основная группа	Контрольная группа
Воспаление мягких тканей в месте выхода чрескостных элементов	6 (30)	2 (9,1)
Перелом чрескостных элементов	0 (0)	2 (9,1)
Контрактура суставов	0 (0)	0 (0,0)
Формирование ложного сустава или атрофического регенерата	0 (0)	6 (27,3)
Вывих локтевого сустава	0 (0)	2 (9,1)
Рецидив девиации кисти	0 (0)	1 (4,5)
Всего	6 (30)	13 (59,1)

**ОБСУЖДЕНИЕ**

Укорочение предплечья, возникающее при ВЛК, является серьезной клинической и эстетической проблемой для пациента. Если оперативное лечение начинается в очень молодом возрасте, могут потребоваться повторные вмешательства с целью достижения сбалансированной длины предплечий из-за связанных с ростом рецидивов деформации [12, 20]. Проведенное нами исследование включало пациентов в среднем возрасте  $8,8 \pm 3,5$  лет, кроме того, в ряде случаев проводилось повторное удлинение, что подтверждают представленные данные литературы [1, 12, 21].

Некоторые авторы указывают, что возможно получить до 7 см регенерата, но чрезмерное удлинение может приводить к осложнениям из-за ограничения эластичности мягких тканей [16]. При этом, даже если получен ожидаемый результат удлинения, в дальнейшем пораженная кость может снова стать короче, поэтому полное устранение разницы в длине предплечий не является обязательным требованием для успешного исхода [21, 22]. Указанные данные подтверждаются результатами нашей работы, так как у 8 пациентов основной группы ранее уже проводили удлинение

локтевой кости, и с ростом ребенка сохранялось значимое укорочение предплечья. В нашем исследовании локтевая кость в среднем была удлинена на 4,1 см, что соответствует результатам, представленным в литературе [23]. При этом большее удлинение удалось получить при использовании костно-надкостно-мышечного лоскута в среднем отделе локтевой кости.

Помимо устранения разницы в длине, основной задачей лечения пациентов с ВЛК является коррекция деформации локтевой кости. По данным S. Farr с соавторами, в среднем угол деформации составляет  $25,6^\circ$ , а в отдаленных наблюдениях, даже после интраоперационной коррекции, сохраняется, составляя в среднем  $17^\circ$  [24]. Нами получена коррекция деформации локтевой кости, однако она сохранялась с ростом.

К сожалению, лишь незначительное количество работ посвящено осложнениям при лечении пациентов с ВЛК, особенно при удлинении конечностей. При коррекции деформации предплечья у пациентов с ВЛК с помощью компрессионно-дистракционного остеосинтеза частота осложнений может достигать 100%. Наиболее часто описаны следующие: воспаление мягких тканей, форми-

рование атрофического регенерата, контрактуры в суставах, перелом локтевой кости после демонтажа АВФ [1, 24, 25]. В нашем исследовании в основной группе мы отметили только наличие воспалительных процессов в 30% случаев.

Излишнее удлинение может привести к вывиху в локтевом суставе, а также к формированию сгибательных контрактур локтезапястного сочленения и пальцев кисти [20]. В нашем исследовании у пациентов контрольной группы в 2 случаях произошел вывих локтевого сустава. Мы оценивали клинически нестабильность локтевого сустава, данные рентгенологического обследования (недоразвитие венечного и локтевого отростков локтевой кости). При наличии данных о нестабильности проводили фиксацию плечевой кости на период коррекции, что и позволило избежать вывиха в локтевом суставе.

По данным литературы, физиотерапевтическое лечение, ЛФК, направленная на разработку движений, и фиксация кисти в АВФ на период коррекции позволяют избежать сгибательных контрактур локтезапястного сочленения и пальцев кисти. Кроме того, даже если удлинение проводится по косметическим показаниям, после проведения данных процедур отмечается увеличение мышечной силы и улучшение схвата [7, 11]. В нашем исследовании у всех пациентов проводилась фиксация кисти в чрескостной опоре и физиотерапевтическое лечение, что и позволило избежать упомянутых осложнений.

По данным литературы, в 12,5–20,0% случаев возможно формирование атрофического регенерата [21, 24, 26]. Наиболее частое осложнение, выявленное в контрольной группе с косой остеотомией — формирование атрофического регенерата (27,3%). Это осложнение встречалось у пациентов с коррекцией деформации в средней трети локтевой кости (50% случаев в данной подгруппе). Уменьшение темпа distraction, увеличение времени периода фиксации не приводит к «созреванию» регенерата. Причинами данного осложнения могут быть врожденные нарушения микроциркуляции за счет гипоплазии либо аплазии лучевой артерии, повреждение эндоста и снижение внутрикостного кровотока из-за ранее проведенных многократных оперативных вмешательств [27, 28]. При удлинении нижних конечностей с выполнением стандартной остеотомии А.П. Поздеев и Э.В. Бухарев описывают истощение регенераторной способности костной ткани и в связи с этим формирование атрофического регенерата. В то же время в условиях стимулирующего действия

кровообращаемого костного фрагмента процесс регенерации шел равномерно [17]. В нашем исследовании при использовании остеотомии с формированием костно-надкостно-мышечного лоскута при стандартном темпе distraction положительный результат был получен в 100% случаев в сроки, сопоставимые с данными литературы. Таким образом, данный способ остеотомии эффективен у пациентов с ВЛК, особенно при выполнении остеотомии в средней трети локтевой кости за счет стимулирующего влияния костнопластического вмешательства.

Отсутствие в основной группе таких осложнений, как вывих в локтевом суставе, рецидив девиации кисти, связаны с проведенным анализом предыдущих удлинений в контрольной группе. У ряда пациентов выполняли дополнительную фиксацию локтевого сустава, когда при клиническом осмотре отмечали его нестабильность и возможную тенденцию к вывиху. Рецидив девиации кисти в контрольной группе был отмечен при выполнении остеотомии в проксимальном отделе без фиксации кисти на выносных опорах. Данного осложнения в основной группе удалось избежать за счет фиксации кисти у всех пациентов вне зависимости от зоны выполнения остеотомии.

Индекс фиксации у пациентов основной группы составил в среднем  $25,1 \pm 7,1$ , а остеосинтеза —  $42,1 \pm 10,3$ . Полученные результаты сопоставимы с представленными в литературе, что подтверждает целесообразность применения данного метода [20, 21, 24]. Однако при выполнении такого вида остеотомии в средней трети локтевой кости индекс фиксации был на 45% меньше, чем в контрольной группе. При удлинении нижних конечностей с применением костно-надкостно-мышечного лоскута выявлено, что фаза сформированной первичной костной ткани наступала раньше на 6,1 день на каждый полученный сантиметр [17]. Таким образом, полученные данные показывают, что использование такого лоскута на верхних конечностях результативно.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенного исследования показали эффективность применения остеотомии с формированием костно-надкостно-мышечного лоскута у детей с врожденной лучевой косорукостью, особенно при выполнении ее в средней трети локтевой кости. Данный метод способствует лучшей коррекции деформации, более быстрому формированию регенерата, сокращает количество осложнений.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ****Заявленный вклад авторов**

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

**Возможный конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Этическая экспертиза.** Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России, протокол № 23-3-3 от 10.11.2023.

**Информированное согласие на публикацию.** Авторы получили письменное согласие пациентов на участие в исследовании и публикацию результатов.

**ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]**

1. Yoshida K., Kawabata H., Wada M. Growth of the ulna after repeated bone lengthening in radial longitudinal deficiency. *J Pediatr Orthop.* 2011;31(6):674-678. doi: 10.1097/BPO.0b013e318221ebe7.
2. Bayne L.G., Klug M.S. Long-term review of the surgical treatment of radial deficiencies. *J Hand Surg Am.* 1987;12(2):169-179. doi: 10.1016/s0363-5023(87)80267-8.
3. Sayre R.H. A contribution to the study of club-hand. In: *Transactions of the American Orthopedic Association.* Vol. 6. Philadelphia: Association; 1894. p. 208-216.
4. Buck-Gramcko D. Radialization as a new treatment for radial club hand. *J Hand Surg Am.* 1985;10(6 Pt 2):964-968. doi: 10.1016/s0363-5023(85)80013-7.
5. Paley D. The Paley ulnarization of the carpus with ulnar shortening osteotomy for treatment of radial club hand. *SICOT J.* 2017;3:5. doi: 10.1051/sicotj/2016040.
6. Vilkki S.K., Paavilainen P. Vascularized second metatarsophalangeal joint transfer for radial deficiency – an update. *J Hand Surg Eur.* 2018;43(9):907-918. doi: 10.1177/1753193418793597.
7. Launay F., Pesenti S. Forearm lengthening: management of elbow and wrist. *J Child Orthop.* 2016;10(6):593-595. doi: 10.1007/s11832-016-0786-9.
8. Xu X., Liu Y., Wang L., Lao J., Fang Y., Zhuang Y. An alternative method to reconstruct grade-3 hypoplastic thumb by hemi-metacarpal transfer. *Hand Surg Rehabil.* 2024;43(1):101605. doi: 10.1016/j.hansur.2023.09.372.
9. Sletten I.N., Jokihaara J., Stavenes A.B., Winge M.I. Satisfactory thumb metacarpophalangeal joint stability after ligament reconstruction with flexor digitorum superficialis in children with radial longitudinal deficiency. *J Hand Surg Eur.* 2023;48(11):1151-1158. doi: 10.1177/17531934231187813.
10. Barik S., Matic I., Farr S. Long-term results of index finger pollicization for congenital thumb anomalies: a systematic review. *J Hand Surg Eur.* 2024;49(7):892-898. doi: 10.1177/17531934231212392.

**DISCLAIMERS****Author contribution**

All authors made equal contributions to the study and the publication.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

**Disclosure competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Ethics approval.** The study was approved by the local ethics committee of H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, protocol No 23-3-3, 10.11.2023.

**Consent for publication.** The authors obtained written consent from patients to participate in the study.

11. Авдейчик Н.В., Голяна С.И., Гранкин Д.Ю., Сафонов А.В. Удлинение локтевой кости методом дистракционного остеосинтеза у детей с врожденной лучевой косорукостью. *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста.* 2019;7(4):57-66. doi: 10.17816/PTORS7457-66.
12. Avdeichik N.V., Golyana S.I., Grankin D.Yu., Safonov A.V. Lengthening of the ulna by external fixation in children with congenital radial club hand. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery.* 2019;7(4):57-66. (In Russian). doi: 10.17816/PTORS7457-66.
13. Górecki M., Redman M., Romanowski L., Czarnecki P. Evaluation of the ulna lengthening by distraction osteogenesis in congenital radial deficiency. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2023;33(5):1981-1987. doi: 10.1007/s00590-022-03381-1.
14. Maschke S.D., Seitz W., Lawton J. Radial longitudinal deficiency. *J Am Acad Orthop Surg.* 2007;15(1):41-52. doi: 10.5435/00124635-200701000-00005.
15. Vuillermin C., Butler L., Ezaki M., Oishi S. Ulna Growth Patterns After Soft Tissue Release With Bilobed Flap in Radial Longitudinal Deficiency. *J Pediatr Orthop.* 2018;38(4):244-248. doi: 10.1097/BPO.0000000000000807.
16. Peterson B.M., Mc Carroll H.R. Jr., James M.A. Distraction lengthening of the ulna in children with radial longitudinal deficiency. *J Hand Surg Am.* 2007;32(9):1402-1407. doi: 10.1016/j.jhssa.2007.07.024.
17. Glossop N.D., Flatt A.E. Opening versus closing wedge osteotomy of the curved ulna in radial clubhand. *J Hand Surg.* 1995;20(1):133-143. doi: 10.1016/S0363-5023(05)80071-1.
18. Поздеев А.П., Бухарев Э.В. Сочетание дистракционного остеосинтеза и костной пластики при лечении детей с врожденным укорочением нижних конечностей. *Травматология и ортопедия России.* 2010;3:61-67.
19. Pozdeev A.P., Bukharev E.V. Combination of distraction osteosynthesis and bone grafting in the treatment of children with congenital shortening of the lower extremities. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2010;3:61-67. (In Russian).

18. Фищенко П.Я., Садофьева В.И., Каримова Л.Ф., Пилипенко Н.П. Рентгенологическая картина формирования регенерата при дистракционном эпифизеолизе. *Ортопедия, травматология и протезирование*. 1976;(11):29-33. Fischenko P.J., Sadofieva V.I., Karimova L.F., Pilipenko N.P. Roentgenographic Imaging of the Regenerate Formation in Distraction Epiphysiolysis. *Orthopaedics, Traumatology and Prosthetics*. 1976;(11):29-33. (In Russian).
19. 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.
20. Farr S., Mindler G., Ganger R., Girsch W. Bone Lengthening in the Pediatric Upper Extremity. *J Bone Joint Surg Am*. 2016;98(17):1490-1503. doi: 10.2106/JBJS.16.00007.
21. Raimondo R.A., Skaggs D.L., Rosenwasser M.P., Dick H.M. Lengthening of pediatric forearm deformities using the Ilizarov technique: functional and cosmetic results. *J Hand Surg Am*. 1999;24(2):331-318. doi: 10.1053/jhsu.1999.0331.
22. Wu C., Wang D., Mo Y., Zhang Z., Ning B. Characteristics of the length of the radius and ulna in children. *Front Pediatr*. 2022;10:737823. doi: 10.3389/fped.2022.737823.
23. Jasiewicz B., Duda S., Potaczek T., Teşiorowski M., Kaçki W. Upper Limb after Forearm Lengthening in Patients' and Physicians' Perspective. *Ortop Traumatol Rehabil*. 2020;22(1):7-16. doi: 10.5604/01.3001.0013.9778.
24. Farr S., Petje G., Sadoghi P., Ganger R., Grill F., Girsch W. Radiographic early to midterm results of distraction osteogenesis in radial longitudinal deficiency. *J Hand Surg Am*. 2012;37(11):2313-2319. doi: 10.1016/j.jhsa.2012.08.029.
25. Hill R.A., Ibrahim T., Mann H.A., Siapkara A. Forearm lengthening by distraction osteogenesis in children: a report of 22 cases. *J Bone Joint Surg Br*. 2011;93(11):1550-1555. doi: 10.1302/0301-620X.93B11.27538.
26. Catagni M.A., Szabo R.M., Cattaneo R. Preliminary experience with Ilizarov method in late reconstruction of radial hemimelia. *J Hand Surg Am*. 1993;18(2):316-321.
27. Борзунов Д.Ю., Шастова А.Л. «Ишемический» дистракционный регенерат: толкование, определение, проблемы, варианты решения. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(1):68-76. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-1-68-76. Borzunov D.Yu., Shastova A.L. «Ischemic» Distraction Regenerate: Interpretation, Definition, Problems and Solutions. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2019;25(1):68-76. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-1-68-76.
28. Kozin S.H. Hand and Arm Differences in FA. In: Fanconi Anemia Guidelines for Diagnosis and Management. Ch. 5. 2008. p. 97-120. Available from: [https://www.fanconi.org/images/uploads/other/Guidelines\\_for\\_Diagnosis\\_and\\_Management.pdf](https://www.fanconi.org/images/uploads/other/Guidelines_for_Diagnosis_and_Management.pdf).

#### Сведения об авторах

✉ Авдейчик Наталья Валерьевна — канд. мед. наук  
 Адрес: Россия, 196603, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин,  
 ул. Парковая, д. 64–68  
<https://orcid.org/0000-0001-7837-4676>  
 e-mail: natali\_avdeichik@mail.ru

Гранкин Денис Юрьевич  
<https://orcid.org/0000-0001-8948-9225>  
 e-mail: grankin.md@gmail.com

Захарьян Екатерина Анатольевна — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0001-6544-1657>  
 e-mail: зах-2008@mail.ru

Галкина Наталия Сергеевна  
<https://orcid.org/0000-0001-9201-7827>  
 e-mail: galkinadoc@gmail.com

Сафонов Андрей Валерьевич — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0003-1923-7289>  
 e-mail: safo125@gmail.com

#### Authors' information

✉ Natalia V. Avdeychik — Cand. Sci. (Med.)  
 Address: 64-68, Parkovaya st., St. Petersburg, Pushkin,  
 196603, Russia  
<https://orcid.org/0000-0001-7837-4676>  
 e-mail: natali\_avdeichik@mail.ru

Denis Yu. Grankin  
<https://orcid.org/0000-0001-8948-9225>  
 e-mail: grankin.md@gmail.com

Ekaterina A. Zakharyan — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0001-6544-1657>  
 e-mail: зах-2008@mail.ru

Natalia S. Galkina  
<https://orcid.org/0000-0001-9201-7827>  
 e-mail: galkinadoc@gmail.com

Andrey V. Safonov — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0003-1923-7289>  
 e-mail: safo125@gmail.com