



Обзорная статья
УДК 617.574-007.5-089-053.1
<https://doi.org/10.17816/2311-2905-1764>

Хирургическая коррекция положения предплечья у детей с врожденным радиоульнарным синостозом: систематический обзор литературы

Ю.А. Федорова, С.В. Виссарионов, Я.Н. Проценко, С.А. Геворгиз, Е.А. Захарьян

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

Актуальность. Врожденный радиоульнарный синостоз (ВРУС), будучи редкой аномалией развития, может оказывать существенное негативное влияние на функцию верхней конечности, затруднять самообслуживание. Основная задача хирургического лечения — коррекция положения предплечья с целью расширения функциональных возможностей.

Цель — анализ данных литературы о хирургических методах коррекции пронационной деформации предплечья у детей с врожденным радиоульнарным синостозом.

Материал и методы. Поиск публикаций выполнен в базах данных eLIBRARY, PubMed (MEDLINE), Ovid, ScienceDirect, Google Scholar. Проанализированы сроки консолидации костей предплечья, возраст хирургического лечения, показания к операции, целевое функциональное положение предплечья, частота невровазкулярных осложнений в зависимости от варианта операции.

Результаты. Большинство авторов рекомендовано выполнение хирургического вмешательства при наличии субъективных жалоб, некоторые исследователи рекомендуют учитывать степень гиперпронационного положения предплечья. Медиана возраста хирургического лечения составила 5,17 лет (3,25–9,46). Медианы рекомендуемых целевых функциональных положений при одностороннем ВРУС составили для доминантной конечности 0–10° пронации, для субдоминантной — 0–12,5° супинации; при двустороннем поражении — 0–17,5° пронации для доминантной и 0–12° супинации для субдоминантной конечностей. Медианы сроков консолидации зон остеотомии варьируют от 6 до 8 нед. Максимальные сроки консолидации костей предплечья в группе остеотомий через зону синостоза статистически значимо ($p = 0,024$) выше в сравнении с группой остеотомий обеих костей предплечья. Несмотря на то, что целевое положение предплечья достигнуто во всех случаях, количество осложнений в группе проксимальных остеотомий статистически значимо отличалось ($p < 0,01$). Шансы развития невровазкулярных осложнений в 20,5 раз выше в группе пациентов, которым выполняли остеотомию через зону синостоза (95% ДИ: 2,7–155,6).

Заключение. Проблема хирургического лечения детей с ВРУС в мировой медицинской практике, несмотря на широкий спектр предложенных методик, остается актуальной. Разработка алгоритма определения необходимости хирургического лечения и его методики требует дальнейшего проведения исследований высокого качества.

Ключевые слова: врожденный радиоульнарный синостоз, врожденный лучелоктевой синостоз, остеотомия костей предплечья, хирургическое лечение, дети.

Федорова Ю.А., Виссарионов С.В., Проценко Я.Н., Геворгиз С.А., Захарьян Е.А. Хирургическая коррекция положения предплечья у детей с врожденным радиоульнарным синостозом: систематический обзор литературы. *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(3):83–96. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1764>.

✉ Федорова Юлия Андреевна; e-mail: julsigareva@gmail.com

Рукопись получена: 12.04.2022. Рукопись одобрена: 02.06.2022. Статья опубликована онлайн: 29.07.2022.

© Федорова Ю.А., Виссарионов С.В., Проценко Я.Н., Геворгиз С.А., Захарьян Е.А., 2022



Surgical Treatment of Congenital Radioulnar Synostosis in Children: Systematic Review

Yulia A. Fedorova, Sergei V. Vissarionov, Yaroslav N. Proschenko, Sofia A. Gevorgiz, Ekaterina A. Zakharyan

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

Background. Congenital radioulnar synostosis (CRUS) may have a negative impact on the function of the upper limb and cause disability. The main aim of the surgical treatment is to correct the forearm position for diminishing functional limitations.

The study aimed to analyze the variety of surgical methods for correction of the pronation forearm deformity in children with congenital radioulnar synostosis based on the literature data.

Methods. We have searched publications in eLIBRARY, PubMed (MEDLINE), Ovid, ScienceDirect, Google Scholar databases. The analysis has included the age at surgery, indications for surgery, the target functional forearm position, the time of consolidation of the forearm bones, the frequency of neurovascular complications.

Results. Most authors considered subjective complaints as the main indication for surgical treatment, while some researchers recommended taking into account the forearm hyperpronation position. The median age of the surgical treatment was 5.17 years (3.25-9.46). The medians of the recommended forearm positions for unilateral CRUS were 0-10° of pronation for the dominant, and 0-12.5° of supination for the non-dominant limb; with bilateral cases – 0-17.5° pronation for the dominant and 0-12° supination for the non-dominant limb. Median of the osteotomy consolidation time varied from 6 to 8 weeks. The maximal time of forearm bone consolidation was significantly higher ($p = 0.024$) in the group with osteotomies through the synostosis site. Though the target forearm position was achieved in all cases, the number of complications in the proximal osteotomy group was statistically significantly different ($p < 0.01$). The chances of neurovascular complications were 20.5 times higher in the group of patients who underwent osteotomy through the synostosis (95% CI: 2.7-155.6).

Conclusions. The problem of surgical treatment of children with CRUS in the world medical practice remains relevant despite the wide range of proposed methods. The development of an algorithm regarding the need for surgical treatment and its methodology requires further high-quality research.

Keywords: congenital radioulnar synostosis, derotation, rotation, forearm osteotomy, surgical treatment, children.

Cite as: Fedorova Yu.A., Vissarionov S.V., Proschenko Ya.N., Gevorgiz S.A., Zakharyan E.A. [Surgical Treatment of Congenital Radioulnar Synostosis in Children: Systematic Review]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2022;28(3):83-96. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1764>.

✉ Yulia A. Fedorova; e-mail: julsigareva@gmail.com

Submitted: 12.04.2022. Accepted: 02.06.2022. Published Online: 29.07.2022.

© Fedorova Yu.A., Vissarionov S.V., Proschenko Ya.N., Gevorgiz S.A., Zakharyan E.A., 2022

ВВЕДЕНИЕ

Врожденный радиоульнарный синостоз (ВРУС) — редкая аномалия развития верхней конечности, возникающая на ранних этапах эмбриогенеза в результате нарушения дифференцировки из общего перихондрия проксимальных отделов лучевой и локтевой костей [1]. Несмотря на то, что в литературе описан единственный клинический случай идиопатического дистального лучелоктевого синостоза [2], авторы предполагают, что этиология данного состояния отличается.

Частота встречаемости ВРУС в некоторых регионах европейской части России составляет 0,47–1,29 на 100 000 населения [3]. Мировая статистика данного заболевания неизвестна.

Несмотря на относительно невысокую частоту встречаемости, эта аномалия оказывает существенное влияние на функцию верхней конечности, особенно в случаях тяжелой пронационной деформации и при двустороннем поражении. Имеющаяся врожденная патология значительно затрудняет самообслуживание ребенка: прием пищи, удерживание предметов и гигиенические процедуры, что обусловлено отсутствием или резким ограничением возможности позиционирования кисти в положении супинации. Следует отметить, что данная патология манифестирует и становится выраженной с приобретением ребенком сложных мануальных навыков [4]. Данные ограничения становятся наиболее очевидны с трехлетнего возраста [1]. Однако аномалия может остаться незамеченной вплоть до подросткового возраста или даже у взрослого, особенно при одностороннем поражении, небольшом по протяженности синостозе и положении предплечья, близком к среднефизиологическому [5].

В литературе имеется ряд исследований, посвященных попыткам восстановления активных ротационных движений у пациентов с ВРУС [6, 7, 8, 9, 10]. Основной задачей оперативного лечения остается коррекция положения предплечья с целью расширения функциональных возможностей верхней конечности.

На сегодняшний день описано более 20 различных вариантов хирургической коррекции гиперпронационного положения предплечья у детей с ВРУС, однако по-прежнему остаются обсуждаемыми вопросы об оптимальном возрасте оперативного вмешательства, показаниях к нему, оптимальном и безопасном варианте деротационной остеотомии, а также об альтернативных вариантах хирургического лечения, направленных на восстановление активных ротационных движений предплечья.

Целью настоящей работы стал анализ данных литературы о хирургических методах коррекции пронационной деформации предплечья у детей с врожденным радиоульнарным синостозом.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Поиск и отбор публикаций

Данный систематический обзор выполнен в соответствии с международными требованиями PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Поиск литературных источников осуществлялся независимо двумя исследователями (Ф.Ю.А. и Г.С.А.) в электронных базах данных eLIBRARY, PubMed (MEDLINE), Ovid, ScienceDirect, Google Scholar с использованием комбинаций операторов OR, AND и ключевых слов для англоязычных источников: congenital radioulnar synostosis, derotation, rotation, osteotomy, surgical treatment, child; для русскоязычных баз данных: врожденный радиоульнарный синостоз, врожденный лучелоктевой синостоз, остеотомия, ребенок. Запрос для поиска в базе данных PubMed (MEDLINE) включал следующие ключевые слова: (congenital AND radioulnar AND synostosis) AND (surgical treatment OR derotation OR osteotomy) AND (child) NOT (trauma). Ретроспективно поиск не был ограничен, дата последнего запроса — 31 января 2022 г.

Критериями включения в работу являлись:

- 1) серии случаев с количеством более 3 пациентов;
- 2) возраст пациентов на момент хирургического лечения менее 18 лет;
- 3) применение хирургических методик коррекции гиперпронационного положения предплечья у детей с ВРУС.

В связи с небольшим числом аналитических исследований и преобладанием описаний клинических наблюдений для анализа были включены работы с неполным представлением данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Первоначальный поиск выявил 365 источников. После исключения дублирующих работ, тезисов конференций, глав книг, комментариев для скрининга было отобрано 283 исследования. После анализа заголовков и абстрактов статей, проверки на соответствие критериям включения непосредственно поставленной цели работы соответствовали 26 статей. Дизайн статей представлял собой описание серий клинических наблюдений, за исключением когортного исследования J.H. Hwang с соавторами [11]. Процесс отбора исследований более подробно представлен на рисунке 1.

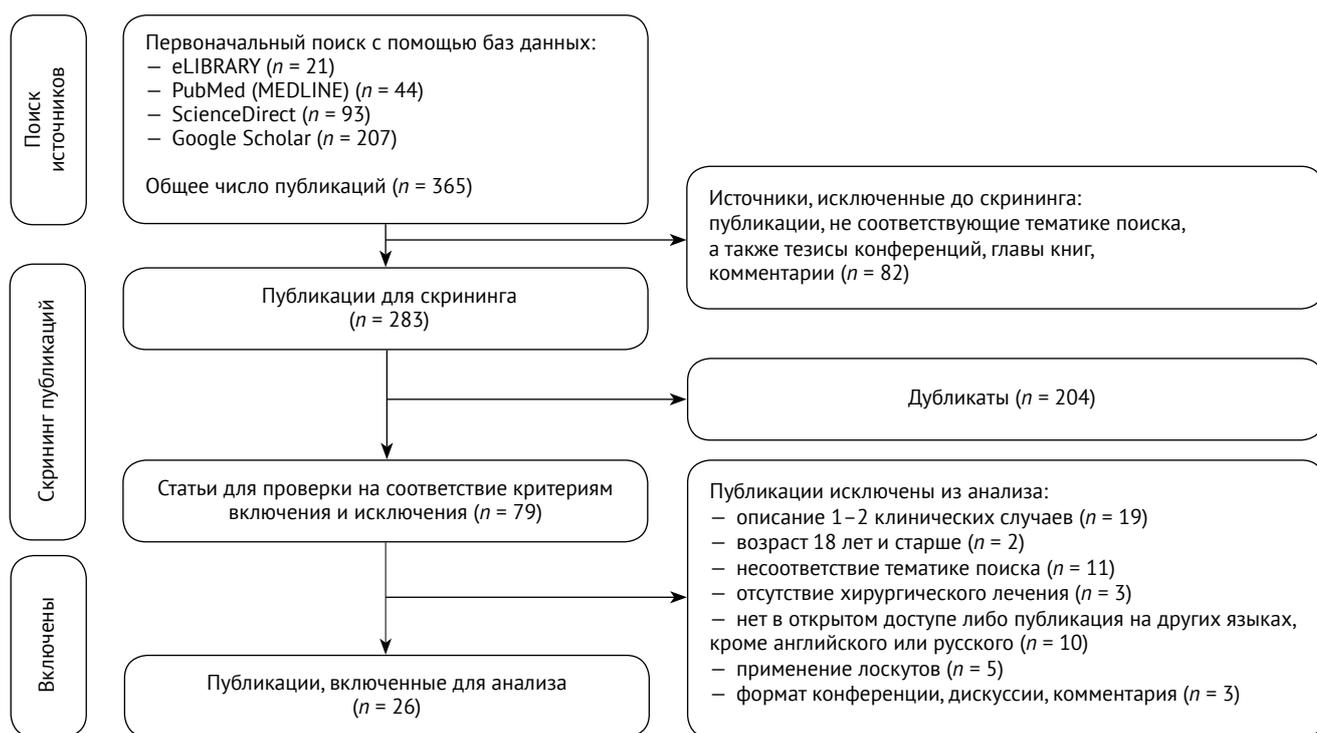


Рис. 1. Блок-схема отбора публикаций
Fig. 1. Flowchart of the study

Автор, год	Шкала Coleman	CEBM	JBIR
Simmons BP с соавт. (1983) [42]	29	IV	■■■■■
Ogino T и Hikino K (1987) [38]	29	IV	■■■■■
Lin NH с соавт. (1995) [31]	35	IV	■■■■■
Castello JR с соавт. (1996) [36]	35	IV	■■■■■
Yammine K с соавт. (1998) [28]	34	IV	■■■■■
Farzan M с соавт. (2002) [46]	36	IV	■■■■■
Murase T с соавт. (2003) [32]	27	IV	■■■■■
Fujimoto с соавт. (2005) [27]	29	IV	■■■■■
Ramachandran M с соавт. (2005) [29]	29	IV	■■■■■
El-Adl W (2007) [16]	30	IV	■■■■■
Hung NN (2008) [30]	44	IV	■■■■■
Rubin G с соавт. (2013) [25]	35	IV	■■■■■
Horii E с соавт. (2014) [12]	36	IV	■■■■■
Shingade VU с соавт. (2014) [33]	48	IV	■■■■■
Hwang JH с соавт. (2015) [11]	38	IV	■■■■■
Ahmad I с соавт. (2015) [34]	42	IV	■■■■■
Simcock X с соавт. (2015) [41]	32	IV	■■■■■
Bishay SNG (2016) [14]	34	IV	■■■■■
Прокопович Е.В. с соавт. (2016) [23]	41	IV	■■■■■
Кожевников О.В. С соавт. (2017) [35]	34	IV	■■■■■
Satake H с соавт. (2018) [13]	48	IV	■■■■■
Pasupathy V с соавт. (2018) [39]	31	IV	■■■■■
Mohammed TC с соавт. (2019) [37]	27	IV	■■■■■
Pei X и Han J (2019) [40]	59	IV	■■■■■
Zhang ZQ с соавт. (2021) [43]	32	V	■■■■■
Cai H и Wang Z (2021) [15]	46	IV	■■■■■

■ Соответствие критериям
 ■ Несоответствие критериям
 ■ Сомнительно
 ■ Невозможно оценить

Риск систематической ошибки

Оценку методологического качества отобранных исследований проводили в соответствии с критериями CEBM (Oxford Center for Evidence-Based Medicine) для определения уровня исследования. Для оценки качества описания серий клинических случаев применяли инструмент критической оценки исследований JBI (Joanna Briggs Institute Critical Appraisal tools) и модифицированной шкалы Coleman (Modified Coleman Methodology Score). В связи с тем, что подавляющее число исследований представляет собой описание серий клинических случаев, оценка по шкале Newcastle-Ottawa не проводилась. Результаты оценки представлены на рисунке 2.

Статистический анализ

Выполнен анализ извлеченных количественных данных (возраст на момент операции, срок консолидации костей в зоне остеотомии, целевое функциональное положение предплечья) с помощью методов описательной статистики после предварительной проверки на нормальность распределения по критерию Шапиро – Уилка. В дескриптивной

Рис. 2. Результаты оценки качества включенных в анализ исследований

Fig. 2. Results of the quality assessment of the included studies

части использовали медиану (Me) и межквартильный размах (Interquartile range — IQR) в связи с отличающимся от нормального распределением данных. Для оценки частоты нейроваскулярных осложнений применен анализ четырехпольных таблиц. Результаты представлены отношением шансов. Сила связи между номинальными признаками оценена по значению V Крамера. Сравнение сроков консолидации при различных вариантах остеотомий выполнено при помощи U-критерия Манна–Уитни. Статистическая обработка осуществлена в программе IBM SPSS Statistics 26.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Варианты хирургического вмешательства

Методы хирургического лечения пациентов с ВРУС можно разделить на две основные группы:

- операции, целью которых являлось придание предплечью функционально выгодного положения (варианты деротационных остеотомий) [12, 13, 14, 15, 16];

- операции, целью которых являлась попытка улучшить ротационные движения посредством резекции зоны синостоза с интерпозицией биологических или синтетических материалов либо без таковой [7, 8, 17, 18].

Исторически хирургическое разделение зоны синостоза и реконструктивные техники с попыткой восстановления ротационных движений представлялись идеальным вариантом лечения, однако конечные результаты, по данным большинства исследований, не были удовлетворительными.

Уже в 1912 г. H.G. Dawson задавался вопросом: «Будет ли возможно восстановление ротационных движений при разделении зоны костного сращения?» [19]. Рецидив синостоза в течение 18 мес. после попыток разделения отметили ряд исследователей [20, 21, 22, 23]. В 1998 г. F. Kanaya, K. Ibaraki предложили заполнять зону резекции синостоза кровоснабжаемым жировым трансплантатом. В данном исследовании в течение 3,7 лет наблюдения ни у одного из 7 пациентов не наступил рецидив, и у всех сохранялась ротационная функция [8]. В 2016 г. были проанализированы 10-летние отдаленные результаты этой методики, которые выявили снижение амплитуды ротационных движений, в большей степени супинации, скорость угасания ротации составила около 16° в год [9]. S. Sakamoto с соавторами в 2013 г. проанализировали результаты лечения 14 пациентов по методике Kanaya с периодом наблюдения в среднем 58 мес. Несмотря на то, что не было рецидива синостоза, ротационные движения имели тенденцию к угасанию [10]. В 2020 г. Y. Dong с соавторами ретроспективно исследовали эффективность

размещения в зону резекции лучевой кости кровоснабжаемого лоскута на крупной выборке (36 пациентов). Авторы утверждали об улучшении ротационной функции с достижением пронации 30,1° (15–45°), супинации — 22,6° (10–40°) [6].

Следует учитывать, что более половины случаев ВРУС относятся к III типу по классификации Cleary — Omer, то есть сопровождаются дугообразной деформацией лучевой кости, гипоплазией головки лучевой кости. Следовательно, восстановлению ротационной функции предплечья может препятствовать патологическая форма костных структур. S. Sakamoto с соавторами делали акцент на том, что в их исследовании меньшую амплитуду ротации удалось достичь у пациентов с большей дугообразной деформацией лучевой кости [10].

Таким образом, несмотря на хорошие ближайшие результаты попыток восстановления ротационной функции предплечья, описан либо недостаточно длительный период наблюдения, либо отмечено постепенное угасание ротации.

Ведущими методами хирургического лечения ВРУС на настоящий момент остаются именно варианты деротационных остеотомий с выведением предплечья в функционально выгодное положение [24]. Условно их можно разделить следующим образом:

- операции с постепенной коррекцией пронационной деформации при помощи аппаратов внешней фиксации [25, 26];

- операции, заключающиеся в выполнении одноуровневой остеотомии лучевой кости [12, 13, 23, 27];

- операции, сопровождающиеся остеотомией обеих костей предплечья на разных уровнях [11, 14, 15, 28, 29, 30, 31, 32, 33];

- операции, заключающиеся в проведении остеотомии через зону синостоза [34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43].

Большинством авторов рекомендовано выполнение хирургического вмешательства исключительно при наличии субъективных жалоб пациента на ограничение повседневной активности [4, 11, 33, 43, 44]. Некоторые исследователи рекомендуют учитывать выраженность и величину гиперпронационного положения предплечья [28, 42]. При выборе тактики лечения пациента и показаниях к хирургическому лечению необходимо помнить, что потребность в сложных мануальных навыках и развитие мелкой моторики увеличиваются с возрастом ребенка. У детей младшего возраста даже тяжелые пронационные деформации могут не вызывать затруднений в обеспечении функции самообслуживания. Сравнение показаний к хирургическому лечению представлено в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика показаний к хирургическому лечению ВРУС

Источник	Уровень остеотомии	Показания к операции	Целевое функциональное положение предплечья
Green W.T., Mital M.A. [45]	Через зону синостоза	Нет информации	При двустороннем ВРУС 30–45° пронации для доминантной конечности, 20–55° супинации для субдоминантной. При одностороннем ВРУС 10–20° супинации
Simmons B.P. с соавторами [42]	Через зону синостоза; лучевая кость дистально	Положение предплечья $\geq 60^\circ$ пронации — абсолютное показание, 15–60° — относительное показание при наличии субъективных жалоб, $\leq 15^\circ$ — не вызывает функциональных ограничений	При одностороннем ВРУС 15° пронации, нецелесообразно позиционировать кисть в положении супинации. При двустороннем ВРУС 10–20° пронации для доминантной, нейтральное для субдоминантной либо с учетом пожеланий пациента
Ogino T., Nhkino K. [38]	Через зону синостоза	Функциональные ограничения, наличие субъективных жалоб. Нет указаний на степень пронационного положения предплечья в градусах	При одностороннем ВРУС 0–20° супинации. При двустороннем ВРУС 0–20° пронации для доминантной конечности и 0–20° супинации для субдоминантной
Lin H.H. с соавторами [31]	Локтевая кость — проксимально, лучевая — дистально	Функциональные ограничения, наличие субъективных жалоб. Односторонняя пронационная деформация $\geq 60^\circ$ субдоминантной конечности	20–30° пронации для доминантной конечности, 0–20° супинации для субдоминантной
Castello J.R. с соавторами [36]	Через зону синостоза	Положение предплечья $\geq 60^\circ$ пронации с наличием жалоб — абсолютное показание, 30–60° — относительно показание при наличии жалоб	0–15° пронации
Yammine K. с соавторами [28]	Диафизы локтевой и лучевой костей	Положение предплечья $>90^\circ$ либо ограничение повседневной активности при двустороннем ВРУС без указания степени пронационного положения предплечья в градусах	20° пронации
Farzan M. с соавторами [46]	Локтевая кость проксимально	Гиперпронационное положение предплечья без указания градусов и двустороннее поражение с функциональными ограничениями. При отсутствии затруднений в повседневной активности хирургическое лечение не показано	15° супинации
Murase T. с соавторами [32]	Локтевая кость — проксимально, лучевая — дистально	Функциональные ограничения, наличие субъективных жалоб. Нет указаний на степень пронационного положения предплечья в градусах	0–30° пронации для доминантной конечности, 0° для субдоминантной
Fujimoto M. с соавторами [27]	Диафиз лучевой кости	Нет информации	10° пронации для доминантной, 0° для субдоминантной
Ramachandran M. с соавторами [29]	Локтевая кость в средней трети, лучевая — дистально	Наличие субъективных жалоб, затруднение самообслуживания и повседневной активности с учетом тяжести пронационной деформации без указания степени в градусах	10° супинации
El-Adl W. [16]	Локтевая кость — проксимально, лучевая — дистально	Функциональные ограничения, наличие субъективных жалоб. Нет указаний на степень пронационного положения предплечья в градусах	30° пронации для доминантной, 20° супинации для субдоминантной
Hung N.N. [30]	Локтевая кость — дистально, лучевая — проксимально	Наличие субъективных жалоб, затруднение самообслуживания и повседневной активности	0–30° пронации для доминантной, нейтральное для субдоминантной с достижением 70–100% коррекции исходной деформации
Rubin G. с соавторами [25]	Через зону синостоза	Двустороннее поражение с положением предплечий $\geq 90^\circ$ пронации	0–30° супинации, причем для субдоминантной конечности более супинированное

Ногги Е. с соавторами [12]	Диафиз лучевой кости	Положение предплечья $\leq 50^\circ$ пронации не требует хирургической коррекции	Нейтральное без уточнения градусов
Shingade V.U. с соавторами [33]	Локтевая кость — проксимально, лучевая — дистально	Наличие субъективных жалоб, объективного функционального ограничения по шкале Failla с соавторами либо Jebsen – Taylor вне зависимости от тяжести гиперпронационного положения	20–30° супинации
Hwang J.H. с соавторами [11]	Локтевая кость — проксимально, лучевая — дистально	Наличие субъективных жалоб, затруднение самообслуживания и повседневной активности	0–30° супинации
Ahmad I. с соавторами [34]	Через зону синостоза	Функциональные ограничения, наличие субъективных жалоб, деформация $>60^\circ$ с учетом одно- либо двустороннего поражения	10–20° супинации
Simcock X. с соавторами [41]	Через зону синостоза	Положение предплечья $>60^\circ$ с существенным ограничением повседневной активности	10–20° пронации
Bishay S.N.G. [14]	Локтевая кость — проксимально, лучевая — дистально	Нет информации	20–30° пронации для доминантной конечности, 20° супинации — для субдоминантной
Прокопович Е.В. с соавторами [23]	Лучевая кость проксимально	Положение предплечья $>60^\circ$ пронации	0–10° пронации
Коженников О.В., Кралина С.Э. [35]	Через зону синостоза	Функциональные ограничения без подробного описания	Среднефизиологическое без уточнения градусов
Satake H. с соавторами [13]	Диафиз лучевой кости	Положение предплечья $\geq 60^\circ$ пронации	Положение, позволяющее осуществить 90° супинации кисти с учетом компенсаторной ротации на уровне лучезапястного сустава
Rasurathy V. с соавторами [39]	Через зону синостоза и на двух уровнях	Двустороннее поражение с тяжелой гиперпронацией без указания градусов, в остальных случаях решение о хирургическом лечении принимается индивидуально	15–25° супинации
Mohammed T.C. с соавторами [37]	Через зону синостоза	Положение предплечья $\geq 60^\circ$ пронации при одностороннем поражении с наличием жалоб, двусторонний ВРУС вне зависимости от степени пронационного положения в градусах	0–30° пронации
Pei X., Han J. [40]	Через зону синостоза	Положение предплечья $\geq 55^\circ$ пронации, ≤ 10 баллов по шкале Failla с соавторами	10° пронации — 20° супинации
Zhang Z.Q. с соавторами [43]	Через зону синостоза	Наличие субъективных жалоб, затруднение самообслуживания и повседневной активности	Нет информации
Cai H., Wang Z. [15]	Локтевая кость — проксимально, лучевая — дистально	Положение предплечья $>60^\circ$ пронации, <8 баллов по шкале ADL (Activity of Daily Living)	20° пронации для доминантной конечности, нейтральное — для субдоминантной без уточнения градусов

Оптимальный возраст для хирургического лечения

Единое мнение относительно оптимального возраста для выполнения оперативного вмешательства, по данным литературы, в настоящий момент не сформировано. Начинать хирургическое лечение рекомендуют не ранее двухлетнего возраста [47]. Самый младший возраст осуществления операции ребенку с ВРУС составил

1,5 года [35]. Установлено, что проведение хирургического лечения в возрасте старше 7 лет ассоциировано с высоким риском и большей частотой возникновения невровазкулярных осложнений по сравнению с пациентами, которым операцию проводили в раннем возрасте [24]. По результатам анализа извлеченных данных медиана возраста хирургического лечения составила 5,17 лет (3,25–9,46) (табл. 2).

Таблица 2

Результаты анализа извлеченных количественных данных из источников литературы, Me [IQR]

Извлеченные данные		Минимальный	Средний	Максимальный	
Возраст на момент операции, полных лет		3,25 [2,20–4,00]	5,17 [4,74–6,90]	9,46 [8,25–13,00]	
Срок консолидации, нед.		6,0 [5,5–7,0]	7,0 [6,0–8,0]	8,0 [9,0–14,0]	
Целевое положение предплечья, град.	Односторонний ВРУС	Доминантная конечность	0 [-20,0...12,5]	–	10,0 [-5,0...25,0]
		Субдоминантная конечность	-12,5 [-20,0...0,0]	–	0 [-10,0...10,0]
	Двусторонний ВРУС	Доминантная конечность	0 [-17,5...15,0]	–	17,5 [0,0...30,0]
		Субдоминантная конечность	-12,5 [-20,0...0,0]	–	0 [-12,5...5,0]

Супинационное положение представлено отрицательными значениями.

Оценка функции верхней конечности

Анализ функциональных результатов хирургического лечения с использованием объективных шкал проводился лишь в 23% публикаций (6 работ из 26), включенных в анализ. Объективные шкалы для оценки функции верхней конечности стали применять с 2005 г., среди них — ADL (Activity of Daily Living) [13, 15, 27, 33], qDASH [13], Failla с соавторами [33, 40], Jebsen – Taylor [33], Liverpool Elbow Score [11]. Еще в 9 (35%) работах авторы либо предлагают собственную шкалу без ее подробного описания, либо оценивают субъективную удовлетворенность пациентов результатом хирургического лечения. Наиболее полная оценка функции верхних конечностей описана в работе V.U. Shingade с соавторами [33].

Сроки консолидации и вариант фиксации

Предложены различные способы фиксации костей предплечья — от отсутствия внутренней фиксации [12, 16, 26, 27, 31, 33] до наложения аппарата внешней фиксации [25], наиболее распространен остеосинтез спицами Киришнера [14, 23, 29, 30, 32, 34–37, 39, 41, 43]. Дополнительно во всех случаях выполняли иммобилизацию конечности задней гипсовой лонгетой от верхней трети пле-

ча до пястно-фаланговых суставов при сгибании локтевого сустава под углом 90°. J.H. Hwang с соавторами сравнили группы с внутренней фиксацией и с отсутствием таковой, не выявив статистически значимых различий по срокам консолидации, углу коррекции, послеоперационному положению предплечья, величине потери коррекции после операции и функции верхней конечности по Liverpool Elbow Score [11]. Медианы сроков консолидации зон остеотомии варьируют от 6 до 8 нед. (см. табл. 2). При сравнительном анализе минимальных и средних сроков консолидации в группах, которым выполняли остеотомию через зону синостоза и остеотомию обеих костей предплечья, статистически значимые различия выявлены не были (табл. 3).

При сравнении сроков консолидации после различных вариантов остеотомий были установлены статистически значимые различия в максимальных сроках консолидации ($p = 0,024$). Максимальные сроки консолидации в группе остеотомий через зону синостоза были выше в сравнении с группой остеотомий обеих костей предплечья. Различия минимальных и средних сроков консолидации были статистически не значимы.

Таблица 3

Результаты сравнительного анализа сроков консолидации при различных вариантах деротационных остеотомий костей предплечья, Me [IQR]

Срок консолидации, нед.	Остеотомия через зону синостоза	Остеотомия обеих костей предплечья на разных уровнях	<i>p</i>
Минимальный	8,0 [5,0–8,6]	6,0 [5,0–6,9]	0,381
Средний	9,4 [7,0–12,0]	6,95 [5,9–7,5]	0,142
Максимальный	12,0 [10,1–16,0]	7,95 [7,0–9,0]	0,024*

* Различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$).

Положение предплечья и безопасный градус коррекции

Оптимальное положение предплечья остается активно обсуждаемым вопросом. J.H. Hwang с соавторами указывают, что положение избыточной супинации может ограничивать повседневную активность ребенка в связи с глобальной компьютеризацией и широким использованием клавиатуры [11]. V.U. Shingade с соавторами придерживаются мнения, что особенности гигиенических процедур паховой области требуют практически полной супинации [33]. Многие авторы, преимущественно из стран Азии, делают акцент на необходимости учета социокультурного окружения — например, прием пищи при помощи палочек требует удержания миски в положении супинации [13, 38, 40]. Рядом исследователей указано, что небольшая супинация может быть хорошо компенсирована за счет отведения плеча [11, 29, 33], в отличие от пронационного положения [12]. Другие авторы делают акцент на необходимости позиционирования субдоминантной конечности в более «супинационном» положении [14, 27, 31, 32, 38, 42]. Результаты исследования X. Pei с соавторами продемонстрировали наивысший балл по функциональной шкале Failla с соавторами у пациентов с положением предплечья 0–20° супинации как для доминантной, так и для субдоминантной конечности [40]. Медианы рекомендуемых целевых функциональных положений при одностороннем ВРУС составили для доминантной конечности 0–10° пронации, для субдоминантной конечности — 0–12,5° супинации; при двустороннем поражении — 0–17,5° пронации для доминантной и 0–12° супинации для субдоминантной конечности (см. табл. 2).

При сравнении частоты невровазкулярных осложнений в зависимости от варианта хирургического вмешательства (через зону синостоза и обеих костей предплечья на разном уровне) были получены статистически значимые различия ($p < 0,01$). Шансы развития невровазкулярных осложнений увеличивались в группе пациентов, которым выполняли остеотомию через зону синостоза,

в 20,5 раз (95% ДИ 2,7–155,6). Между сопоставляемыми признаками отмечалась связь средней силы ($V = 0,235$).

Иные варианты возможных осложнений, а также более подробные характеристики применяемых хирургических вариантов вмешательств описаны в таблице 4.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Многие авторы рекомендуют выполнять оперативное лечение детей с радиоульнарным синостозом до начала обучения в школе, в возрасте 5 лет (3–9 лет).

Недостаточное внимание уделяется объективной оценке функции верхних конечностей при определении показаний к хирургическому лечению с применением балльных шкал и анкет.

Целевое функциональное положение предплечья отличается в зависимости от ведущей конечности и в случае двустороннего поражения, более супинационное предпочтительно для субдоминантной конечности.

Сроки консолидации костей предплечья при различных вариантах остеотомий варьируют от 6 до 8 нед. Статистически значимых различий по минимальным и средним срокам консолидации в группе остеотомий через зону синостоза и остеотомий обеих костей предплечья не выявлено. При этом максимальные сроки консолидации статистически значимо отличаются ($p = 0,024$), составляя в среднем 12 нед. после остеотомии через зону синостоза и 7,95 нед. при остеотомии обеих костей предплечья.

Несмотря на то, что целевое функциональное положение предплечья было достигнуто при всех вариантах операций, остеотомии через зону синостоза, а также проксимальные остеотомии лучевой кости сопровождаются большей частотой невровазкулярных осложнений.

Таким образом, разработка алгоритма принятия решения в отношении необходимости хирургического лечения и его методики остается до конца не решенной задачей и требует дальнейшего исследования.

Таблица 4

Сравнительная характеристика вариантов дерогационных остеотомий

Авторы	Уровень остеотомии	Вариант фиксации	Возраст на момент операции, полных лет	Срок консолидации, нед.	Положение предплечья до операции, град.	Положение предплечья после операции, град.	Угол коррекции, град.	Срок наложения, мес.	Осложнения
Simpsons B.P. с соавторами [42]	Через зону синостоза. Лучевая кость дистально	Стержень Штейнманна + спицы/скобы	8 (2,5–17,5)	Нет информации	82 (45–120)	8 пронации	67 (25–90)	150 (12–312)	Нейроциркуляторные 4/20 Инфекционные 1/20 Потеря коррекции 3/20
Ogino T., Hikino K. [38]	Через зону синостоза	Спицы + стержень	7 (4–13)	Нет информации	65,8 (30–110)	4,2 супинации (10 пронации – 20 супинации)	70 (30–110)	>24	Нейроциркуляторные 2/11
Lin H.H. с соавторами [31]	Локтевая кость – проксимально, лучевая – дистально	Без фиксации	4,5 (2,00–14,33)	Нет информации	81,7 (60–90)	20 пронации (30 пронации – 20 супинации)	Нет информации	69 (20–165)	Нет
Castello J.R. с соавторами [36]	Через зону синостоза	Спицы	7,33 (4–9)	Нет информации	80–100	0–15 пронации	В одном случае двухэтапная коррекция в связи с дерогацией на 100 град.	96 (36–120)	Нет
Yammine K. с соавторами [28]	Диафизы локтевой и лучевой костей	Пластина / АВФ	4–12	Нет информации	85 (30–110)	19 пронации (30 супинации – 45 пронации)	66 (40–90)	228,8 (12–264)	Потеря коррекции 3/6 Замедленная консолидация 1/6
Farzan M. с соавторами [46]	Локтевая кость проксимально	Спицы	4,6 (3–6)	Нет информации	113,3 (110–120)	13,3 супинации (10–15)	Нет информации	40 (12–60)	Нейроциркуляторные 1/3
Mirase T. с соавторами [32]	Локтевая кость – проксимально, лучевая – дистально	Спицы	3,9 (2,2–5,0)	7,5 (6,9–7,9)	78 (70–80)	7,5 пронации (0–20)	65 (60–80)	45,8 (14–73)	Потеря коррекции 1/4
Fujimoto M. с соавторами [27]	Диафиз лучевой кости	Без фиксации	4,42 (3,92–4,92)	12,0–20,0	75 (70–85)	2,6 пронации (10 пронации – 10 супинации)	Нет информации	21 (12–36)	Нет
Ramachandran M. с соавторами [29]	Локтевая кость в средней трети, лучевая – дистально	Спицы	4,9 (3,50–8,25)	6,3 (6–9)	68 (40–80)	10 супинации	78 (50–90)	29 (18–43)	Нейроциркуляторные 1/5 Угловая деформация 1/5
El-Adl W. [16]	Локтевая кость – проксимально, лучевая – дистально	Без фиксации	5,5 (3,75–8,25)	5,9 (5–7)	76 (65–85)	25 (20–30) пронации для доминантной, 25 (25–30) супинации для субдоминантной конечности	58,6 (55–110)	26,4 (13–38)	Угловая деформация 3/9
Hung N.N. [30]	Локтевая кость – дистально, лучевая – проксимально	Спицы	6,25 (3,75–9,92)	7,2 (6,6–7,4)	82 для доминантной и 74 для субдоминантной конечности (65–85)	6 пронации для доминантной, 10 пронации для субдоминантной (0–30 пронации)	Нет информации	64 (30–129)	Потеря коррекции 5/34

Rubin G. с соавторами [25]	Через зону синостоза	АВФ	11 (9–13)	9,4 (8,6–10,1)	100 (90–110)	15 супинации (0–30)	60 + 4 град./мес.	99,6 (84–120)	Нейроциркуляторные 2/4 Инфекционные 1/4
Notii E. с соавторами [12]	Диафиз лучевой кости	Без фиксации	5,1 (2,50–8,75)	Нет информации	72 (40–100)	Нейтральное (кроме 2 случаев)	Нет информации	60 (12–132)	Нет
Shingade V.U. с соавторами [33]	Локтевая кость — проксимально, лучевая — дистально	Без фиксации	8,6±5,7	5	56,3±13,7 (30–86)	27,2±4,1 (20–30) супинации	Нет информации	54±13 (36–84)	Замедленная консолидация 1/36
Hwang J.H. с соавторами [11]	Локтевая кость — проксимально, лучевая — дистально	Две группы — с осевой фиксацией спицами и без	7 (4–16)	7 (6–8)	47 (30–65)	27 супинации (25–30)	74 (55–90)	33 (12–72)	Нет
Ahmad I. с соавторами [34]	Через зону синостоза	Спицы	5,16 (3–11)	7 (5–12)	68,75 (45–90)	14,58 супинации (10–20 супинации)	77,91 (45–100)	62,28 (48–132)	Нейроциркуляторные 3/12
Simcock X. с соавторами [41]	Через зону синостоза	Спицы	6,8 (3,0–18,8)	8	85 (60–100)	8 (0–30)	78 (40–95)	46 (6–148)	Нейроциркуляторные 3/26
Bishay S.N.G. [14]	Локтевая кость проксимально, лучевая — дистально	Спицы	5,17 (4,83–6,42)	6,9 (6–8)	70,7 (60–85)	Нет информации	59,8 (30–90)	30,4 (24–36)	Нет
Прокопович Е.В. с соавторами [23]	Лучевая кость проксимально	Спицы, один пациент — пластина	Нет информации	Нет информации	Нет информации	Нет информации	Нет информации	6–120	Нейроциркуляторные — 4 случая (8,9%) Перелом зоны остеосинтеза — 2 случая
Кожевников О.В., Кралина С.Э. [35]	Через зону синостоза	Спицы	1,5–9,0	Нет информации	50–90	Нет информации	45–60	12	Нейроциркуляторные 1/6
Satake H. с соавторами [13]	Диафиз лучевой кости	Без фиксации	4,5–10,0	6	51,3 (30–90)	4 супинации (20 пронации — 30 супинации)	55 (30–90)	163,2 (120,0–230,4)	Нет
Rasurpathy B. с соавторами [39]	Через зону синостоза и на двух уровнях	Спицы	3,8 (2–9)	Нет информации	72,25 (55–85)	22 супинации (12–35)	Нет информации	26,4 (7–48)	Инфекционные 1/20
Mohammed T.C. с соавторами [37]	Через зону синостоза	Спицы	5 (3–9)	12 (8–16)	62 (45–85)	0–30 пронации	54 (30–75)	Нет информации	Нейроциркуляторные 1/10
Pei X., Han J. [40]	Через зону синостоза	Пластина	4,87±5,06 (2–13)	8	62,92±7,11 (55–80)	7,94±7,25 супинации	70,86±9,58 (50–90)	55,19±27,10 (24–123)	Нейроциркуляторные 4/31
Zhang Z.Q. с соавторами [43]	Через зону синостоза	Спицы	5,2 (4,3–6,0)	5	98 (95–100)	Нет информации	60 (фиксированное значение)	Нет информации	Нет
Cai H., Wang Z. [15]	Локтевая кость — проксимально, лучевая — дистально	Без фиксации	6,25 (4–9)	8	75,31 (45–90)	15 пронации	Нет информации	27,4 (24–36)	Нет

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ**Заявленный вклад авторов**

Федорова Ю.А. — концепция и дизайн исследования, сбор, анализ и интерпретация материала, написание текста статьи.

Виссарионов С.В. — дизайн исследования, интерпретация полученных данных, подготовка и редактирование текста.

Проценко Я.Н. — анализ и интерпретация полученных данных, написание и редактирование текста.

Геворгиз С.А. — сбор и обработка материала, написание текста.

Захарьян Е.А. — интерпретация полученных данных, редактирование текста.

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.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Этическая экспертиза. Не применима.

Информированное согласие на публикацию. Не требуется.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Bhatt C.R., Mehta C.D. Case report: Congenital radioulnar synostosis and its embryological correlation and functional assessment. *J Anatomical Society of India*. 2011;60(2):236-238. doi: 10.1016/S0003-2778(11)80035-3.
- Shoham Y., Gurfinkel R., Sagi A. Idiopathic distal radioulnar synostosis. *J Plast Surg Hand Surg*. 2014;48(1):89-90. doi: 10.3109/2000656X.2012.754626.
- Зинченко Р.А., Гинтер Е.К. Наследственные болезни в популяциях человека. В кн.: *Национальное руководство. Наследственные болезни* / Под ред: Н.П. Бочкова, Е.К. Гинтера, В.П. Пузырева. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2012. с. 662-704.
Zinchenko R.A., Ginter E.K. [Hereditary diseases in human populations]. In: [National guideline. Hereditary diseases]. Ed. by N.P. Bochkova, E.K. Ginter, V.P. Puzyrev. Moscow: GEOTAR-Media; 2012. p. 662-704. (In Russian).
- Kepenek-Varol B., Hoşbay Z. Is short-term hand therapy effective in a child with congenital radioulnar synostosis? A case report. *J Hand Ther*. 2020;33(3):435-442. doi: 10.1016/j.jht.2019.03.009.
- Alsharif M.H.K., Almasaad J.M., Taha K.M., Elamin A.Y., Bakhit N.M., Nouredin M.A. et al. Congenital radioulnar synostosis presenting in adulthood – a case report. *Pan Afr Med J*. 2020;36:75. doi: 10.11604/pamj.2020.36.75.21413.
- Dong Y., Hu P., Liu F., Niu X., Feng G., Wang F. [Treatment of congenital radioulnar synostosis with radial derotational osteotomy and local subcutaneous pedicled fat flap filling in fusion area]. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*. 2020;34(7):820-825. (In Chinese). doi: 10.7507/1002-1892.201911079.

DISCLAIMERS**Author contribution**

Fedorova Yu.A. — concept and design of the study, collection and processing of data, writing the text.

Vissarionov S.V. — study design, interpretation of the data, writing and editing the text.

Proschenko Ya.N. — analysis and interpretation of the data, writing and editing of the text.

Gevorgiz S.A. — collection and processing of data, writing the text.

Zakharyan E.A. — data analysis, editing of the text.

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.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethics approval. Not applicable.

Consent for publication. Not required.

- Funakoshi T., Kato H., Minami A., Suenaga N., Iwasaki N. The use of pedicled posterior interosseous fat graft for mobilization of congenital radioulnar synostosis: a case report. *J Shoulder Elbow Surg*. 2004;13(2):230-234. doi: 10.1016/j.jse.2003.09.009.
- Kanaya F., Ibaraki K. Mobilization of a congenital proximal radioulnar synostosis with use of a free vascularized fascio-fat graft. *J Bone Joint Surg Am*. 1998;80(8):1186-1192. doi: 10.2106/00004623-199808000-00012.
- Kanaya K., Iba K., Yamashita T. Long-term results after a free vascularized adipofascial graft for congenital proximal radioulnar synostosis with an average follow-up of 10 years: a series of four cases. *J Shoulder Elbow Surg*. 2016;25(8):1258-1267. doi: 10.1016/j.jse.2016.04.009.
- Sakamoto S., Doi K., Hattori Y., Dodakundi C., Montales T. Modified osteotomy (Kanaya's procedure) for congenital proximal radioulnar synostosis with posterior dislocation of radial head. *J Hand Surg Eur Vol*. 2014;39(5):541-548. doi: 10.1177/1753193413493386.
- Hwang J.H., Kim H.W., Lee D.H., Chung J.H., Park H. One-stage rotational osteotomy for congenital radioulnar synostosis. *J Hand Surg Eur Vol*. 2015;40(8):855-861. doi: 10.1177/1753193415580066.
- Horii E., Koh S., Hattori T., Otsuka J. Single osteotomy at the radial diaphysis for congenital radioulnar synostosis. *J Hand Surg Am*. 2014;39(8):1553-1557. doi: 10.1016/j.jhsa.2014.05.018.
- Satake H., Kanauchi Y., Kashiwa H., Ishigaki D., Takahara M., Takagi M. Long-term results after simple rotational osteotomy of the radius shaft for congenital radioulnar synostosis. *J Shoulder Elbow Surg*. 2018;27(8):1373-1379. doi: 10.1016/j.jse.2018.04.012.

14. Bishay S.N. Minimally invasive single-session double-level rotational osteotomy of the forearm bones to correct fixed pronation deformity in congenital proximal radioulnar synostosis. *J Child Orthop.* 2016;10(4):295-300. doi: 10.1007/s11832-016-0750-8.
15. Cai H., Wang Z. Treatment of children's proximal radioulnar joint fusion through single dual-plane osteotomy on combination with multi-sequence cast-a new method for treating the children's proximal radioulnar joint fusion. *Food Sci Technol.* 2021;41(2): 603-610. doi: 10.1590/fst.33220.
16. El-Adl W. Two-stage double-level rotational osteotomy in the treatment of congenital radioulnar synostosis. *Acta Orthop Belg.* 2007;73(6):704-709.
17. Barrera-Ochoa S., Campillo-Recio D., Mir-Bullo X. Treating bilateral congenital radioulnar synostosis using the reverse Sauvé-Kapandji procedure. *J Hand Surg Eur Vol.* 2019;44(4):430-432. doi: 10.1177/1753193419827853.
18. Kawaguchi S., Kitamura M., Usui M. Proximal radioulnar synostosis treated with a free vascularised fascio-fat graft – report of two cases. *Hand Surg.* 2000;5(2): 161-164. doi: 10.1142/s0218810400000302.
19. Dawson H.G. A congenital deformity of the forearm and its operative treatment. *Br Med J.* 1912 Oct 52(2701): 833-835. doi: 10.1136/bmj.2.2701.833.
20. Hansen O.H., Andersen N.O. Congenital radio-ulnar synostosis. Report of 37 cases. *Acta Orthop Scand.* 1970;41(3):225-230. doi: 10.3109/17453677008991509.
21. Miura T., Nakamura R., Suzuki M., Kanie J. Congenital radio-ulnar synostosis. *J Hand Surg Br.* 1984;9(2):153-155.
22. Jia Y., Geng C., Song Z., Lv S., Dai B. Congenital unilateral proximal radioulnar synostosis: A surgical case report. *Medicine.* 2020;99(16):e19782. doi: 10.1097/MD.00000000000019782.
23. Прокопович Е.В., Конев М.А., Афоничев К.А., Прокопович И.Е., Ковзиков А.Б., Никитин М.С. и др. Врожденный радиоульнарный синостоз: варианты проявления и оперативное лечение. *Травматология, ортопедия и восстановительная хирургия детского возраста.* 2016;4(3):16-25. doi: 10.17816/PTORS4316-25. Prokopovich E.V., Konev M.A., Afonichev K.A., Prokopovich I.E., Kovzikov A.B., Nikitin M.S. et al. [Congenital radioulnar synostosis: symptom complex and surgical treatment]. *Travmatologiya, ortopediya i vosstanovitel'naya khirurgiya detskogo vozrasta* [Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery]. 2016;4(3):16-25. (In Russian). doi: 10.17816/PTORS4316-25.
24. Barik S., Farr S., Gallone G., Zarantonello P., Trisolino G., Di Gennaro G.L. Results after treatment of congenital radioulnar synostosis: a systematic review and pooled data analysis. *J Pediatr Orthop B.* 2021;30(6):593-600. doi: 10.1097/BPB.0000000000000841.
25. Rubin G., Rozen N., Bor N. Gradual correction of congenital radioulnar synostosis by an osteotomy and Ilizarov external fixation. *J Hand Surg.* 2013;38(3):447-452. doi: 10.1016/j.jhbsa.2012.10.037.
26. Bolano L.E. Congenital proximal radioulnar synostosis: treatment with the Ilizarov method. *J Hand Surg Am.* 1994;19(6):977-978. doi: 10.1016/0363-5023(94)90100-7.
27. Fujimoto M., Kato H., Minami A. Rotational osteotomy at the diaphysis of the radius in the treatment of congenital radioulnar synostosis. *J Pediatr Orthop.* 2005;25(5): 676-679. doi: 10.1097/01.bpo.0000161833.57409.bb.
28. Yammine K., Salon A., Pouliquen J.C. Congenital radioulnar synostosis. Study of a series of 37 children and adolescents. *Chir Main.* 1998;17(4):300-308.
29. Ramachandran M., Lau K., Jones D.H. Rotational osteotomies for congenital radioulnar synostosis. *J Bone Joint Surg Br.* 2005;87(10):1406-1410. doi: 10.1302/0301-620X.87B10.16445.
30. Hung N.N. Derotational osteotomy of the proximal radius and the distal ulna for congenital radioulnar synostosis. *J Child Orthop.* 2008;2(6):481-489. doi: 10.1007/s11832-008-0146-5.
31. Lin H.H., Strecker W.B., Manske P.R., Schoenecker P.L., Seyer D.M. A surgical technique of radioulnar osteoclasia to correct severe forearm rotation deformities. *J Pediatr Orthop.* 1995;15(1):53-58. doi: 10.1097/01241398-199501000-00012.
32. Murase T., Tada K., Yoshida T., Moritomo H. Derotational osteotomy at the shafts of the radius and ulna for congenital radioulnar synostosis. *J Hand Surg Am.* 2003;28(1):133-137. doi: 10.1053/jhsu.2003.50010.
33. Shingade V.U., Shingade R.V., Ughade S.N. Results of single-staged rotational osteotomy in a child with congenital proximal radioulnar synostosis: subjective and objective evaluation. *J Pediatr Orthop.* 2014;34(1): 63-69. doi: 10.1097/BPO.0b013e3182a00890.
34. Ahmad I., Khan S., Iqbal M.J., Khan M.A., Hakim A., Kamran K. Derotation osteotomy for congenital radioulnar synostosis. *KJMS.* 2015;8(1):117-121.
35. Кожевников О.В., Кралина С.Э. Малоинвазивный способ деротационной остеотомии костей предплечья при врожденном радиоульнарном синостозе у детей. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова.* 2017;24(3):43-45. Kozhevnikov O.V., Kralina S.E. [Minimally invasive derotational osteotomy of the forearm bones in congenital radioulnar synostosis in children]. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova* [N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics]. 2017;24(3):43-45 (In Russian).
36. Castelló J.R., Garro L., Campo M. Congenital radioulnar synostosis. Surgical correction by derotational osteotomy. *Ann Chir Main Memb Super.* 1996;15(1):11-17. doi: 10.1016/s0753-9053(96)80019-6.
37. Mohammed T.C., Hicham A., Karima A., Lamyae C., Moulay-Abderahman A. Outcomes of derotation osteotomy at synostosis site for congenital radioulnar synostosis. *PAMJ Clinical Medicine.* 2019;1:31. doi: 10.11604/pamj-cm.2019.1.31.20680.
38. Ogino T., Hikino K. Congenital radio-ulnar synostosis: compensatory rotation around the wrist and rotation osteotomy. *J Hand Surg Br.* 1987;12(2):173-178. doi: 10.1016/0266-7681(87)90006-4.
39. Pasupathy B., Tholgappiyan T., Sureshbabu M. Congenital radio ulnar synostosis, analysis of functional outcome using double rotation osteotomy and osteotomy at synostosis site. *Int J Orthop Sci.* 2018;4(2):755-759. doi: 10.22271/ortho.2018.v4.i2k.110.
40. Pei X., Han J. Efficacy and feasibility of proximal radioulnar derotational osteotomy and internal fixation for the treatment of congenital radioulnar synostosis. *J Orthop Surg Res.* 2019;14(1):1-7. doi: 10.1186/s13018-019-1130-0.
41. Simcock X., Shah A.S., Waters P.M., Bae D.S. Safety and efficacy of derotational osteotomy for congenital radioulnar synostosis. *J Pediatr Orthop.* 2015;35(8): 838-843. doi: 10.1097/bpo.0000000000000370.
42. Simmons B.P., Southmayd W.W., Riseborough E.J. Congenital radioulnar synostosis. *J Hand Surg.* 1983;8(6):829-838. doi: 10.1016/S0363-5023(83)80078-1.

43. Zhang Z.Q., Hu X.Y., Yuan H.J., Zheng P.F. Application of 3-Dimensional Printing Technology in Rotational Osteotomy of Congenital Radioulnar Synostosis. *J Hand Surg Am.* 2021;46(10):924.e1-924.e6. doi: 10.1016/j.jhsa.2020.12.004.
44. Cleary J.E., Omer G.E. Jr. Congenital proximal radio-ulnar synostosis. Natural history and functional assessment. *J Bone Joint Surg Am.* 1985;67:539-545.
45. Green W.T., Mital M.A. Congenital radio-ulnar synostosis: surgical treatment. *J Bone Joint Surg Am.* 1979;61(5):738-743.
46. Farzan M., Daneshjou Kh., Mortazavi S.M.J., Espander R. Congenital radioulnar synostosis: A report of 11 cases and review of literature. *Acta Medica Iranica.* 2002;40(2):126-131.
47. Шведовченко И.В. Радиоульнарный синостоз. В кн.: *Ортопедия: Национальное руководство* / Под ред. С.П. Миронова, Г.П. Котельникова. Москва; 2013. с. 182-183.
- Shvedovchenko I.V. [Radioulnar synostosis]. In: *[Orthopedics: National guideline]*. Ed. by S.P. Mironova, G.P. Kotelnikov. Moscow; 2013. p. 182-183. (In Russian).

Сведения об авторах

✉ Федорова Юлия Андреевна

Адрес: Россия, 196603, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, ул. Парковая, д. 64-68

<https://orcid.org/0000-0003-3842-2113>

e-mail: julsigareva@gmail.com

Виссарионов Сергей Валентинович — чл.-корр. РАН, д-р мед. наук, профессор

<https://orcid.org/0000-0003-4235-5048>

e-mail: vissarionovs@gmail.com

Проценко Ярослав Николаевич — канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0002-3328-2070>

e-mail: yar-2011@list.ru

Геворгиз София Александровна

<https://orcid.org/0000-0002-3489-3658>

e-mail: sofiagevorgiz@gmail.com

Захарьян Екатерина Анатольевна — канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0001-6544-1657>

e-mail: zax-2008@mail.ru

Authors' information

✉ Yulia A. Fedorova

Address: 64-68, Parkovaya str., St. Petersburg, Pushkin, 196603, Russia

<https://orcid.org/0000-0003-3842-2113>

e-mail: julsigareva@gmail.com

Sergei V. Vissarionov — Dr. Sci. (Med.), Professor

<https://orcid.org/0000-0003-4235-5048>

e-mail: vissarionovs@gmail.com

Yaroslav N. Proschenko — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0002-3328-2070>

e-mail: yar-2011@list.ru

Sofia A. Gevorgiz

<https://orcid.org/0000-0002-3489-3658>

e-mail: sofiagevorgiz@gmail.com

Ekaterina A. Zakharyan — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0001-6544-1657>

e-mail: zax-2008@mail.ru