Научная статья
УДК 616-053.2:616.717.5/.6-007.274-053.1-073.756.8:303.446.34
https://doi.org/10.18019/1028-4427-2024-30-2-182-190

Клинико-лучевые особенности состояния предплечья у детей с врожденным радиоульнарным синостозом: когортное исследование

Ю.А. Федорова[1]✉, С.В. Виссарионов[1], Я.Н. Прощенко[2], В.И. Зорин[1,3]

[1] Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера, Санкт-Петербург, Россия
[2] Медицинская академия АО «ГК «Медси», Санкт-Петербург, Россия
[3] Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Юлия Андреевна Федорова, julsigareva@gmail.com

Аннотация

Введение. Функциональные ограничения верхней конечности при врожденном радиоульнарном синостозе могут затруднять повседневную активность пациентов, при этом имеющиеся классификации являются описательными и имеют ограниченное практическое применение.

Цель работы — определение функционально значимого количественного критерия анатомических изменений предплечья.

Материалы и методы. Проанализированы результаты обследования 92 детей (136 предплечий) с врожденным радиоульнарным синостозом: жалобы на ограничение повседневной активности по шкале ADL (*англ.*: activity of daily living), качество жизни по данным опросника PedsQL; пронационное положение предплечья; ряд лучевых параметров. Выполнен сравнительный и корреляционный анализ, а также ROC-анализ с определением зависимости пронационной установки предплечья и активных жалоб на ограничение повседневной активности.

Результаты. Выявлены статистически значимые прямые корреляционные связи между жалобами и положением предплечья ($p < 0,01$, $r_{xy} = 0,5$); подвывихом головки локтевой кости и положением предплечья ($p < 0,001$, $r_{xy} = 0,6$); дугообразной деформацией лучевой кости, положением предплечья и подвывихом головки локтевой кости, а также между длиной костей предплечья и дугообразной деформацией лучевой кости ($p < 0,05$, $r_{xy} = 0,4$ и $r_{xy} = 0,5$). Выявлена статистически значимая обратная корреляционная связь между жалобами и баллами, отражающими общее состояние здоровья по опроснику PedsQL ($p = 0,038$, $r_{xy} = –0,4$). Пороговое значение положения предплечья, более которого прогнозировался высокий риск активного предъявления жалоб на ограничение повседневной активности, составило 45° пронации. Площадь под ROC-кривой, соответствующей взаимосвязи прогноза жалоб и положением предплечья, составила 0,955 ± 0,021 (95 % ДИ: 0,915–0,995). Наблюдалось статистически значимое ($p < 0,01$) уменьшение просвета костномозгового канала в средней трети диафиза локтевой кости при неизменном просвете лучевой кости. В 30 % наблюдений выявлен тыльный подвывих головки локтевой кости.

Обсуждение. Выявленные характеристики демонстрируют изменения на всем протяжении предплечья, а функциональные нарушения соотносятся с пронационной установкой предплечья.

Заключение. Зависимость прогнозируемых жалоб пациента от положения предплечья необходимо учитывать в классификации и при определении показаний к хирургическому лечению, выделяя функциональный (< 45° пронации) и дисфункциональный (⩾ 45° пронации) варианты.

Ключевые слова: радиоульнарный синостоз, ребенок, классификация

Для цитирования: Федорова Ю.А., Виссарионов С.В., Прощенко Я.Н., Зорин В.И. Клинико-лучевые особенности состояния предплечья у детей с врожденным радиоульнарным синостозом: когортное исследование. *Гений ортопедии*. 2024;30(2):182-190. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-182-190. EDN: SMCNAO.

© Федорова Ю.А., Виссарионов С.В., Прощенко Я.Н., Зорин В.И., 2024

Original article
https://doi.org/10.18019/1028-4427-2024-30-2-182-190

Clinical and radiological aspects of the forearm in children with congenital radioulnar synostosis: a cohort study

Yu.A. Fedorova[1]✉, S.V. Vissarionov[1], Ya.N. Proschenko[2], V.I. Zorin[1,3]

[1] H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, Saint-Petersburg, Russian Federation
[2] Medical Academy AO GK MEDSI, Saint-Petersburg, Russian Federation
[3] North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint-Petersburg, Russian Federation

Corresponding author: Yulia A. Fedorova, julsigareva@gmail.com

Abstract

Introduction The upper limb functional limitations in congenital radioulnar synostosis may significantly affect the daily activities of patients. Classifications of the condition are descriptive and have limited practical application.

Purpose Determine a functionally significant quantitative criterion for anatomical changes in the forearm.

Material and methods 92 children (136 forearms) with congenital radioulnar synostosis were examined for limitations in activities of daily living (ADL), health-related quality of life measured with PedsQL questionnaire; pronation of the forearm and radiographic parameters. A comparative and correlation analysis, ROC analysis were performed to determine the relationship between the forearm pronation and limitations of ADL.

Results Statistically significant correlations were revealed between symptoms and the forearm alignment ($p < 0.01$, $r_{xy} = 0.5$); subluxation of the ulnar head and forearm alignment ($p < 0.001$, $r_{xy} = 0.6$); bowing deformity of the radius, forearm alignment and subluxation of the ulnar head and between the length of the forearm bones and bowing deformity of the radius ($p < 0.05$, $r_{xy} = 0.4$ and $r_{xy} = 0.5$). A statistically significant inverse correlation was revealed between symptoms and PedsQL scores ($p = 0.038$, $r_{xy} = -0.4$). Pronation of 45° was the threshold value of the forearm alignment with a high risk of ADL limitation. The area under the ROC curve corresponding to the relationship between symptoms and the forearm alignment was 0.955 ± 0.021 (95 % CI: 0.915–0.995). There was a statistically significant ($p < 0.01$) decrease in the lumen of the medullary canal in the middle third of the ulnar shaft with the radius lumen being unchanged. Dorsal subluxation of the ulnar head was detected In 30 % of cases.

Discussion The characteristics identified demonstrated changes in the forearm bones with functional impairments being correlated with the forearm pronation.

Conclusion The correlation between the patient's symptoms and the forearm alignment must be taken into account in the classification and when determining indications for surgical treatment distinguishing between functional (< 45° pronation) and dysfunctional (⩾ 45° pronation) options.

Keywords: radioulnar synostosis, child, classification

For citation: Fedorova YuA, Vissarionov SV, Proschenko YaN, Zorin VI. Clinical and radiological aspects of the forearm in children with congenital radioulnar synostosis: a cohort study. *Genij Ortopedii*. 2024;30(2):182-190. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-182-190

© Fedorova Yu.A., Vissarionov S.V., Proschenko Ya.N., Zorin V.I., 2024
© Translator Irina A. Saranskikh, 2024

ВВЕДЕНИЕ

Врожденный радиоульнарный синостоз (ВРУС) — это редкая аномалия развития верхней конечности, при которой на этапе эмбриогенеза не происходит дифференцировка проксимальных отделов локтевой и лучевой костей, что приводит к их совместному энхондральному окостенению внутриутробно [1, 2, 3]. По классификации аномалий верхней конечности Oberg – Manske – Tonkin ВРУС относится к процессам нарушения лучелоктевой (переднезадней) осевой дифференцировки тканей [4, 5]. Синостозирование костей происходит исключительно на уровне проксимального лучелоктевого сочленения, однако может иметь достаточно большую протяженность — вплоть до дистальной трети предплечья [6]. Случаи идиопатического врожденного синостоза дистальных отделов костей предплечья являются казуистическими и, вероятно, имеют иной генез [7, 8]. Функциональные ограничения при ВРУС могут значимо сказываться на повседневной активности пациентов, особенно при выраженной пронационной установке предплечий и двустороннем поражении [9, 10].

Все имеющиеся на сегодняшний день классификации ВРУС носят описательный характер, основаны исключительно на особенностях рентгенологической картины заболевания на уровне проксимального отдела предплечья и имеют ограниченное практическое применение.

Цель работы — определение функционально значимого количественного критерия анатомических изменений предплечья.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проанализированы данные 92 пациентов (136 предплечий) в возрасте от 2,5 до 17 лет с врожденным радиоульнарным синостозом, проходивших обследование и/или получавших лечение в НМИЦ детской травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера с 2010 по 2022 г. (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика обследованных детей

Показатель		Всего	Наличие жалоб		Отсутствие жалоб	
			абс.	%	абс.	%
Количество пациентов		92	77	83,7	15	16,3
Сторона поражения, количество пациентов	левая	33	28	84,8	5	15,2
	правая	15	10	66,7	5	33,3
	обе	44	39	88,6	5	11,4
Тип по Cleary – Omer, количество предплечий	I	7	4	57,1	3	42,9
	II	11	6	54,5	5	45,5
	III	104	97	93,3	7	6,7
	IV	14	9	64,3	5	35,7
Пациенты мужского пола		60	47	78,3	13	21,7
Пациенты женского пола		32	30	93,8	2	6,2
Возраст, полных лет, Me [Q1–Q3]		7 [4–10]	6 [4–9]		8 [7–13]	

Дизайн соответствует одноцентровому когортному ретроспективному исследованию для первой части и исследованию по типу случай-контроль для второй части работы. Исследование выполнено в соответствии с рекомендациями STROBE и разделено на две последовательные части. Целью первой части работы стала оценка взаимосвязи между жалобами пациента, функцией верхних конечностей и клиническими особенностями состояния предплечья у детей с ВРУС. Целью второй части стал анализ рентгенологических характеристик у пациентов с односторонним ВРУС. Схема исследования представлена на рисунке 1.

Критерии включения: рентгенологически верифицированный врожденный радиоульнарный синостоз, возраст пациентов младше 18 лет. В исследование не включены пациенты с неполным представлением данных, а также после хирургического лечения.

Критерии исключения для второй части работы: двустороннее поражение верхних конечностей и отсутствие первичных лучевых данных до хирургического лечения.

Положение предплечья в градусах пронации оценивали клинически при помощи гониометра в положении сгибания в локтевых суставах 90°. Подвывих головки локтевой кости определяли по рентгенограммам предплечья в строго боковой проекции (рис. 2). Лучелоктевой индекс у детей до 11 лет оценивали по методу R. Hafner et al. [11], у пациентов 12 лет и старше аналогично стандартизированному методу у взрослых путем измерения расстояния между параллельными линиями, соответствующими суставной поверхности локтевой кости и дистальному краю сигмовидной вырезки лучевой кости.

Рис. 1. Блок-схема дизайна исследования: * — в одном случае отсутствовали лучевые данные контралатеральной здоровой конечности

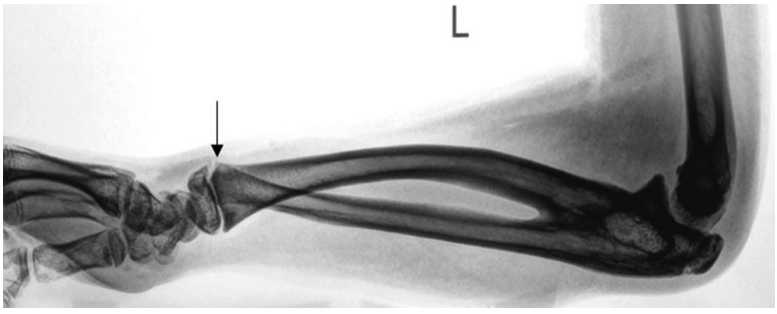

Рис. 2. Рентгенограмма предплечья пациента с ВРУС в строго боковой проекции, стрелкой отмечен тыльный подвывих головки локтевой кости

Пронационный угол оценивали по рентгенограммам предплечья в прямой проекции по методу L. Liu et al. [12]. Жалобы на ограничение повседневной активности оценивали в соответствии с 12-балльной шкалой ADL (англ.: activity of daily living) [13].

Длину костей предплечья оценивали по рентгенограммам в боковой проекции. Длину локтевой кости измеряли от локтевого до шиловидного отростка, лучевой кости — от центра суставной поверхности головки лучевой кости до шиловидного отростка. У детей младшего возраста при отсутствии на рентгенограммах ядер оссификации дистального и проксимального отделов костей предплечья измерение длины осуществляли от краев метафизов, а при наличии ядер оссификации — от наиболее дистальной и проксимальной точек вторичных центров оссификации.

Для оценки дугообразной деформации измеряли угол между пересекающимися среднедиафизарными линиями на вершине деформации по рентгенограммам в боковой проекции. Просвет костномозгового канала измеряли от внутренних краев кортикального слоя диафиза костей предплечья, поперечник соответствующей лучевой или локтевой кости измеряли на этом же уровне от наружных поверхностей кортикальных слоев.

Статистический анализ выполнен в IBM SPSS Statistics 26. Вариант распределения количественных данных предварительно оценивали по критерию Колмогорова – Смирнова с поправкой Лиллиефорса при объеме выборки более 50 либо по критерию Шапиро – Уилка при меньшем объеме выборки. Размер выборки предварительно не рассчитывали.

После предварительной оценки распределения данных проведен сравнительный анализ лучевых параметров с применением непараметрического критерия Манна – Уитни. Для анализа связей между рентгенологическими, клиническими и функциональными показателями выполнен корреляционный анализ по критерию Спирмена. Теснота связи оценена по шкале Чеддока.

Для определения порога отсечения (точки cut-off) прогнозирования появления жалоб и создания бинарной классификации в зависимости от пронационной установки предплечья и активно предъявляемых жалоб на ограничение повседневной активности выполнен ROC-анализ.

Исследование одобрено этическим комитетом учреждения и проведено в соответствии с этическими стандартами, изложенными в Хельсинкской декларации.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Среди пациентов, обращавшихся для проведения хирургического лечения, выявлена большая распространенность ВРУС у лиц мужского пола (соотношение 2 : 1). Средний возраст на момент направления на операцию составил 6 лет. По классификации Cleary – Omer преобладал III морфотип (табл. 1). При двустороннем поражении в 70,5 % наблюдений отмечен одинаковый морфологический вариант, однако у 13 пациентов из 44 (29,5 %) с двусторонним ВРУС определены разные типы по Cleary – Omer.

Между группой пациентов, активно не предъявлявших жалобы на ограничение повседневной активности по шкале ADL, и пациентами, столкнувшимися с функциональными ограничениями, выявлены статистически значимые различия по показателю пронационной установки предплечья (табл. 2).

Оцениваемые рентгенологические характеристики второй части исследования и выявленные числовые характеристики представлены в таблице 3.

Таблица 2

Положение предплечья в исследуемых группах

Показатель	Всего	Наличие жалоб	Отсутствие жалоб	*p*
Пронационное положение левого предплечья, градусы, Me [Q1–Q3]	70 [30–90]	80 [50–90]	10 [10–20]	< 0,05*
Пронационное положение правого предплечья, градусы, Me [Q1–Q3]	85 [30–90]	90 [60–90]	10 [5–15]	< 0,05*

* — между группами выявлены статистически значимые различия.

Таблица 3

Рентгенологические показатели у пациентов с ВРУС

Оцениваемый показатель		Односторонний ВРУС
Подвывих головки локтевой кости, абс. (%)		19 / 48 (39,5 %)
Длина лучевой кости, % по отношению к здоровой конечности, M ± SD		91,6 ± 5,4
Длина локтевой кости, % по отношению к здоровой конечности, M ± SD		94,1 ± 6,2
Дугообразная деформация лучевой кости, градусы, M ± SD		21,36 ± 6,05
Длина локтевой кости, % по отношению к лучевой, M ± SD	пораженная конечность	103,4 ± 5,5
	здоровая конечность	102,8 ± 4,2
Просвет костномозгового канала на уровне средней трети диафиза локтевой кости, % от поперечника диафиза на данном уровне, M ± SD	пораженная конечность	37,3 ± 8,1
	здоровая конечность	45,9 ± 9,7
Просвет костномозгового канала на уровне средней трети диафиза лучевой кости, % от поперечника диафиза на данном уровне, M ± SD	пораженная конечность	41,9 ± 8,2
	здоровая конечность	45,5 ± 9,5
Лучелоктевой индекс (Ulnar variance), мм, Me [Q1–Q3]	пораженная конечность	0,74 [–1,48–1,52]
	здоровая конечность	–0,84 [–2,56–0]
Пронационный угол, градусы		11,06 ± 0,47

В 30 % всех наблюдений (41 из 136 предплечий) отмечался тыльный подвывих головки локтевой кости, причем доля подобных изменений была выше среди III типа по Cleary – Omer — 37,5 % (39 из 104 предплечий).

Длина локтевой и лучевой кости составила 91,6 ± 5,4 % и 94,1 ± 6,2 % относительно длины интактных костей контралатерального здорового предплечья соответственно. Различия соотношений длины костей предплечья (локтевой относительно лучевой) на здоровой и пораженной конечности были статистически незначимы.

Выявлено статистически значимое ($p < 0,01$) уменьшение просвета костномозгового канала, истончение локтевой кости, при относительно сохранном диаметре лучевой кости в сравнении со здоровой конечностью (рис. 3).

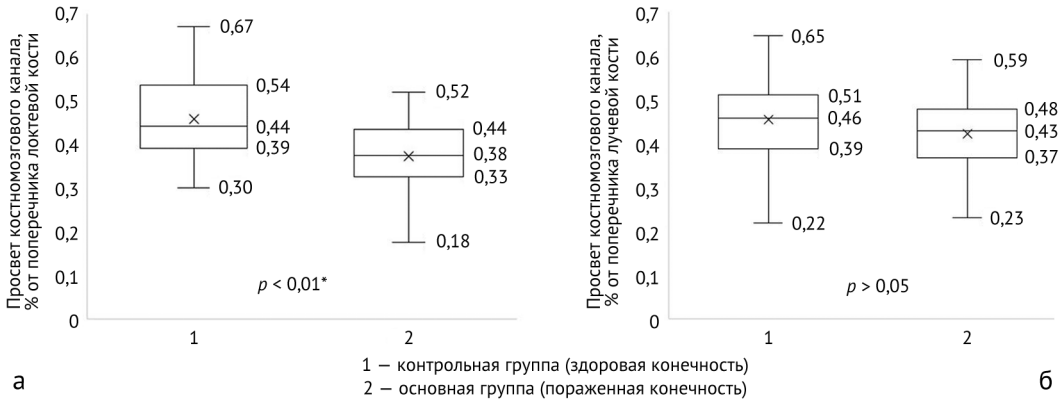

Рис. 3. Сравнение средних значений просвета костномозгового канала на уровне средней трети предплечья относительно поперечника локтевой кости (а) и лучевой кости (б): * — наличие статистически значимых различий между группами ($p < 0,01$)

По данным корреляционного анализа с использованием критерия Спирмена выявлены статистически значимые прямая корреляционная связь заметной тесноты по шкале Чеддока между активно предъявляемыми жалобами и положением предплечья ($p < 0,01$, $r_{xy} = 0,5$) и обратная корреляционная связь умеренной тесноты по шкале Чеддока между активно предъявляемыми жалобами и баллами, отражающими общее состояние здоровья по опроснику PedsQL ($p = 0,038$, $r_{xy} = -0,4$).

Статистически значимых корреляционных связей между жалобами и стороной поражения, полом, возрастом, функциональными шкалами ADL, Failla, ABILHAND, qDASH и суммарным баллом опросника PedsQL не выявлено.

Выявлены статистически значимые ($p < 0,05$) прямые корреляционные связи умеренной тесноты ($r_{xy} = 0,4$ и $r_{xy} = 0,5$) по шкале Чеддока между дугообразной деформацией лучевой кости, пронационным положением предплечья и наличием подвывиха головки локтевой кости, а также между длиной лучевой и локтевой костей и дугообразной деформацией лучевой кости (рис. 4). Между пронационной установкой предплечья и возрастом пациента, лучелоктевым индексом не обнаружено статистически значимых корреляционных связей.

Выявлена статистически значимая ($p < 0,001$) прямая корреляционная связь заметной тесноты по шкале Чеддока ($r_{xy} = 0,6$) между тыльным подвывихом головки локтевой кости и выраженностью пронационного положения предплечья (рис. 4).

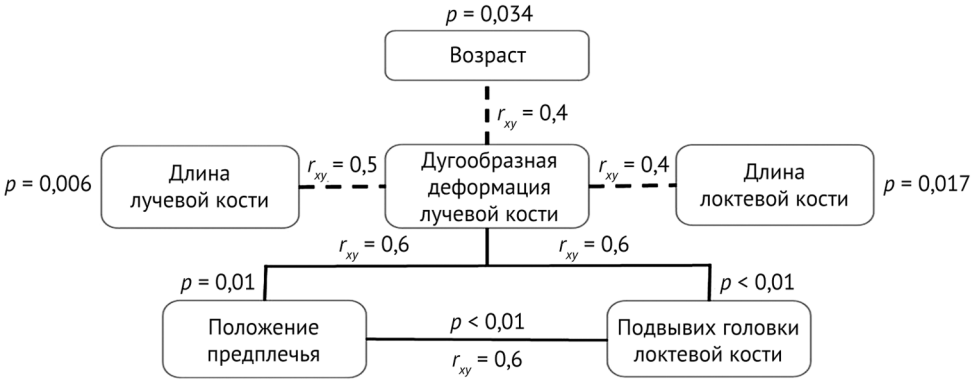

Рис. 4. Результаты корреляционного анализа по Спирмену. Прямые корреляционные связи отмечены сплошными линиями, обратные — пунктирными линиями

С учетом наличия статистически значимой корреляционной связи между активно предъявляемыми жалобами на ограничение активности в течение дня, в соответствии со шкалой повседневной активности, и положением предплечья выполнен ROC анализ для определения минимального порогового значения положения предплечья, более которого повышается вероятность наличия жалоб. С учетом того, что на предыдущем этапе статистической обработки данных не выявлено корреляций между сто-

роной поражения (односторонний или двусторонний ВРУС) и предъявляемыми жалобами на ограничение повседневной активности, для ROC-анализа выбрано предплечье с большей пронационной установкой как более клинически значимое, при одинаковом положении предплечий учитывали пронационную установку лишь одного.

Площадь под ROC-кривой, соответствующей взаимосвязи прогноза наличия жалоб и выраженностью пронационной установки правого предплечья в градусах, составила 0,955 ± 0,021 с 95 % ДИ: 0,915–0,995 (рис. 5). Полученная модель была статистически значимой ($p < 0,001$).

Пороговое значение положения предплечья в точке cut-off составило 45° пронации. При положении предплечья, равном или превышающем данное значение, у пациента прогнозировался высокий риск наличия активно предъявляемых жалоб на ограничение повседневной активности. Чувствительность и специфичность метода составили 91 % и 100 % соответственно.

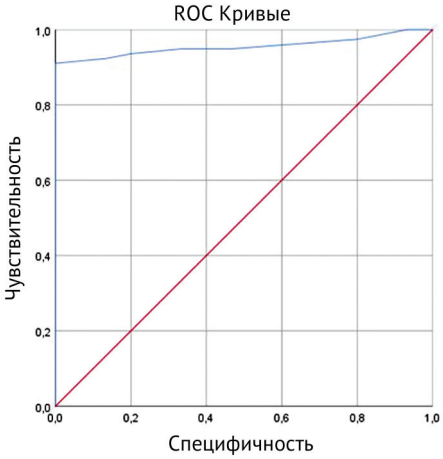

Рис. 5. Результаты ROC-анализа для бинарной классификации ВРУС в зависимости от пронационной установки предплечья в градусах

ОБСУЖДЕНИЕ

Наиболее распространенные в исследовательских работах классификации группы пациентов с ВРУС (табл. 4) основаны исключительно на рентгенологической картине заболевания. При этом сами авторы наиболее популярной классификации [10] отмечали ее ограниченное применение как с позиции оценки функции конечности, так и принятия тактического решения относительно подходов к лечению [14, 15, 16].

Таблица 4

Классификации ВРУС

Авторы, год, источник	Характеристики
Tachdjian M., 1990 [17]	Тип I: «истинный» ВРУС или тип без головки лучевой кости. Отсутствует головка лучевой кости, костное сращение проксимальных отделов лучевой и локтевой костей. Лучевая кость дугообразно искривлена, толщина ее больше толщины локтевой кости. Тип II: с вывихом головки лучевой кости. Неправильно сформированная головка лучевой кости смещена кзади. Костное сращение в проксимальном отделе. Тип III: отсутствует костное сращение, однако имеется выраженный фиброзный тяж, прикрепляющийся к обеим костям, ограничивающий ротационные движения. Самый редкий тип.
Cleary J.E., Omer Jr G.E., 1985 [14]	Тип I: фиброзный синостоз, без костных изменений, но с ограничением движений и укорочением предплечья. Тип II: костный синостоз, головка лучевой кости сформирована, центрирована. Тип III: костный синостоз, головка лучевой кости смещена кзади. Тип IV: костный синостоз, головка лучевой кости смещена кпереди.
Wilkie D., 1914 [18]	Тип I: сращение костномозговых каналов лучевой и локтевой костей, лучевая кость крупнее и длиннее, чем локтевая. Тип II: передний или задний вывих головки лучевой кости, костный синостоз проксимальных отделов диафизов костей предплечья.

Выявленные нами морфологические характеристики демонстрируют изменения на всем протяжении предплечья, а не только на уровне проксимального лучелоктевого сустава.

Уменьшение просвета костномозгового канала на уровне средней трети диафиза, а также дополнительные изменения на уровне дистального лучелоктевого сочленения соотносятся с современными представлениями с учетом этапов эмбриогенеза и классификации пороков развития верхних конечностей по ОМТ [4, 5].

В проведенном нами исследовании дополнительно обнаружен подвывих головки локтевой кости в 30 % наблюдений. Необходимо отметить, что в подавляющем большинстве случаев подвывих наблюдали при наиболее частом, по данным литературы и данной работы, III типе синостоза по Cleary – Omer [19, 20, 21, 22]. В ходе исследования отмечено, что, чем более пронационное положение занимало предплечье, тем чаще наблюдался тыльный подвывих головки локтевой кости (рис. 4). Мы предполагаем, что возможной причиной данного явления может быть относительно более интенсивный рост локтевой кости и ее относительное «переудлинение». Около 20 % длины предплечья обеспечивается проксимальной зоной роста лучевой кости и дистальной зоной роста локтевой [23, 24]. Вероятно, «выключение» проксимальной зоны роста лучевой кости при ВРУС III типа способствует замедлению темпов роста, что приводит к отставанию роста кости и обусловливает формирование дугообразной деформации лучевой кости [25], а также прогрессирование дисконгруэнтности в дистальном лучелоктевом сочленении с формированием подвывиха.

Возникает закономерный вопрос: является ли несоответствие продольных размеров лучевой и локтевой костей истинным анатомическим или же является проекционным искажением на основании рентгенологического обследования? R.A. Epner et al. [26] и A.K. Palmer et al. [27] в двух независимых исследованиях продемонстрировали, что относительная длина лучевой и локтевой костей зависит от положения предплечья. Пронационное положение визуально увеличивает длину локтевой кости, а супинационное, наоборот, ее уменьшает. J.M. Jung et al. [28] выявили по данным рентгенографии 120 здоровых добровольцев, что длина локтевой кости максимальна в положении пронации и минимальна в положении супинации.

Решением данной проблемы интерпретации полученных результатов работы может стать стандартизация проекций исследования или выполнение компьютерной томографии предплечья у пациентов с ВРУС. G. L. Yeh et al. [29] рекомендуют стандартизировать измерения лучелоктевого индекса при нейтральном положении предплечья. Однако достичь этого положения у пациентов с радиоульнарным синостозом анатомически невозможно. Несмотря на выявленную статистически значимую связь между вариантом длины локтевой кости, авторы отмечают, что клинически эти данные могут быть незначимыми [29]. Наличие деформации лучевой кости в большинстве случаев не позволяет восстановить ротационные движения даже при разделении зоны синостоза и внедрении трансплантатов [30, 31, 32].

Отсутствие статистически значимых различий соотношений длины костей предплечья (локтевой относительно лучевой) свидетельствует о пропорциональном укорочении обеих костей пораженного предплечья. Данная диспропорция может косвенно свидетельствовать о частичном сохранении функции проксимальной зоны роста лучевой кости, обеспечивающей 20–25 % длины предплечья, по данным литературы [23, 24].

Отсутствие статистически значимых корреляционных связей между выраженностью пронационного положения предплечья и возрастом пациента может свидетельствовать о том, что изменения являются статичными и не прогрессируют с течением времени.

Патологические изменения при ВРУС у детей вовлекают структуры предплечья на всем протяжении, а не ограничиваются изменениями только на уровне проксимального лучелоктевого сустава.

Возможные недостатки исследования. Небольшой размер выборки пациентов, активно не предъявляющих жалобы на ограничение повседневной активности, у которых ВРУС стал случайной находкой. При положении предплечья, близком к среднефизиологическому, пациенты могут не обращаться к врачу или же оставаться под амбулаторным наблюдением по месту жительства. Данная особенность может влиять на репрезентативность выборки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы предлагаем учитывать зависимость активно предъявляемых жалоб пациента от положения предплечья в классификации ВРУС, а также при определении показаний к хирургическому лечению пациентов детского возраста с данной патологией, выделяя функциональный (< 45° пронации) и дисфункциональный (⩾ 45° пронации) варианты.

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

***Источник финансирования**. Исследование выполнено без внешнего финансирования.*

***Этическая экспертиза**. Исследование одобрено локальным этическим комитетом и проводилось в соответствии с этическими стандартами, изложенными в Хельсинской декларации.*

***Информированное согласие**. Все пациенты подписали форму добровольного информированного согласия.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Miura T, Nakamura R, Suzuki M, Kanie J. Congenital radio-ulnar synostosis. *J Hand Surg Br*. 1984;9(2):153-155.
2. Li YY, Olisova K, Chen YN, Chang CH, Chang TY. Congenital radioulnar synostosis: is prenatal diagnosis possible? - A case report. *Taiwan J Obstet Gynecol*. 2023;62(2):334-335. doi: 10.1016/j.tjog.2022.09.011
3. Rutkowski PT, Samora JB. Congenital Radioulnar Synostosis. *J Am Acad Orthop Surg*. 2021;29(13):563-570. doi: 10.5435/JAAOS-D-20-01133
4. Tonkin MA, Oberg KC. The OMT Classification of Congenital Anomalies of the Hand and Upper Limb. *Hand Surg*. 2015;20(3):336-342. doi: 10.1142/S0218810415400055
5. Goldfarb CA, Ezaki M, Wall LB, et al. The Oberg-Manske-Tonkin (OMT) Classification of Congenital Upper Extremities: Update for 2020. *J Hand Surg Am*. 2020;45(6):542-547. doi: 10.1016/j.jhsa.2020.01.002
6. Yang Y, Zhu G, Chen F, Zhu Y. Congenital middle radioulnar synostosis: Report of a probable subtype. *J Orthop Sci*. 2023;28(5):1189-1192. doi: 10.1016/j.jos.2020.12.032
7. 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
8. Mahajan NP, Kumar G, Yadav AK, Mane AV, Gop A. Idiopathic Proximal Radioulnar Synostosis - A Rare Case Report and Review of Literature. *J Orthop Case Rep*. 2020;10(7):49-52. doi: 10.13107/jocr.2020.v10.i07.1914
9. Barik S, Farr S, Gallone G, et al. 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

10. Федорова Ю.А., Виссарионов С.В., Прощенко Я.Н. и др. Хирургическая коррекция по-ложения предплечья у детей с врожденным радиоульнарным синостозом: систематический обзор литературы. *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(3):83-96. doi: 10.17816/2311-2905-1764
11. Hafner R, Poznanski AK, Donovan JM. Ulnar variance in children--standard measurements for evaluation of ulnar shortening in juvenile rheumatoid arthritis, hereditary multiple exostosis and other bone or joint disorders in childhood. *Skeletal Radiol*. 1989;18(7):513-516. doi: 10.1007/BF00351750
12. Liu L, Liu C, Rong YB, et al. Radial Pronation Angle: A Novel Radiological Evaluation Index of Congenital Proximal Radioulnar Synostosis. *Ann Plast Surg*. 2020;84(5S Suppl 3):S196-S201. doi: 10.1097/SAP.0000000000002368
13. Shingade VU, Shingade RV, Ughade SN. 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
14. Cleary JE, Omer GE Jr. Congenital proximal radio-ulnar synostosis. Natural history and functional assessment. *J Bone Joint Surg Am*. 1985;67(4):539-545.
15. Li J, Chen K, Wang J, et al. An anatomical classification of congenital proximal radioulnar synostosis based on retrospective MRI measurement combined with radiography. *Sci Rep*. 2022;12(1):6585. doi: 10.1038/s41598-022-09411-6
16. Tan W, Yuan Z, Lin Y, et al. Rotational osteotomy with single incision and elastic fixation for congenital radioulnar synostosis in children: a retrospective cohort study. Transl Pediatr. 2022;11(5):687-695. doi: 10.21037/tp-22-111
17. Tachdjian M. Congenital radioulnar synostosis. In: Tachdjian M. *Pediatric Orthopaedics*. Philadelphia: Saunders Publ.; 1990:180.
18. Wilkie D. Congenital radio-ulnar synostosis. *Br J Surg*. 1913;1(3):366-375. doi: 10.1002/bjs.1800010305
19. Bo H, Xu J, Lin J, et al. Outcomes of two-stage double-level rotational osteotomy in treating patients with congenital proximal radioulnar synostosis. *World J Pediatr Surg*. 2023;6(2):e000578. doi: 10.1136/wjps-2023-000578
20. Hamiti Y, Yushan M, Yalikun A, et al. Derotational Osteotomy and Plate Fixation of the Radius and Ulna for the Treatment of Congenital Proximal Radioulnar Synostosis. *Front Surg*. 2022;9:888916. doi: 10.3389/fsurg.2022.888916
21. Martínez-Álvarez S, González-Codó S, Vara-Patudo I, et al. Double-level Intraperiosteal Derotational Osteotomy for Congenital Radioulnar Synostosis. *J Pediatr Orthop*. 2022;42(7):e756-e761. doi: 10.1097/BPO.0000000000002191
22. Nema SK, Ramasubramani P, Pasupathy P, Austine J. Corrective derotation osteotomies to treat congenital radioulnar synostosis in children: results of a systematic review and meta-analysis. *Indian J Orthop*. 2022;56(5):717-740. doi: 10.1007/s43465-021-00582-4
23. Blount WP. Fractures in children. *Postgrad Med*. 1954;16(3):209-216. doi: 10.1080/00325481.1954.11711663
24. Edmond T, Laps A, Case AL, et al Normal Ranges of Upper Extremity Length, Circumference, and Rate of Growth in the Pediatric Population. *Hand* (N Y). 2020;15(5):713-721. doi: 10.1177/1558944718824706
25. Прокопович Е.В., Конев М.А., Афоничев К.А. 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
26. Epner RA, Bowers WH, Guilford WB. Ulnar variance--the effect of wrist positioning and roentgen filming technique. *J Hand Surg Am*. 1982;7(3):298-305. doi: 10.1016/s0363-5023(82)80183-4
27. Palmer AK, Glisson RR, Werner FW. Ulnar variance determination. *J Hand Surg Am*. 1982;7(4):376-379. doi: 10.1016/s0363-5023(82)80147-0
28. Jung JM, Baek GH, Kim JH, et al. Changes in ulnar variance in relation to forearm rotation and grip. *J Bone Joint Surg Br*. 2001;83(7):1029-1033. doi: 10.1302/0301-620x.83b7.11062
29. Yeh GL, Beredjiklian PK, Katz MA, et al. Effects of forearm rotation on the clinical evaluation of ulnar variance. *J Hand Surg Am*. 2001;26(6):1042-6. doi: 10.1053/jhsu.2001.26657
30. Sakamoto S, Doi K, Hattori Y, et al. 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
31. Kanaya F, Kinjo M, Nakasone M, et al. Preoperative radius head dislocation affects forearm rotation after mobilization of congenital radioulnar synostosis. *J Orthop Sci*. 2023;28(6):1285-1290. doi: 10.1016/j.jos.2022.10.008
32. Bai F, Chen S, Liu L, et al. Treatment of Congenital Radioulnar Synostosis Using a Free Vascularized Fascia Lata Graft. *Orthop Surg*. 2022;14(6):1229-1234. doi: 10.1111/os.13226

Статья поступила 04.12.2023; одобрена после рецензирования 28.02.2024; принята к публикации 04.03.2024.

The article was submitted 04.12.2023; approved after reviewing 28.02.2024; accepted for publication 04.03.2024.

Информация об авторах:

Юлия Андреевна Федорова — аспирант, https://orcid.org/0000-0003-3842-2113;

Сергей Валентинович Виссарионов — доктор медицинских наук, профессор, чл.-корр. РАН, директор, https://orcid.org/0000-0003-4235-5048;

Ярослав Николаевич Прощенко — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой, https://orcid.org/0000-0002-3328-2070;

Вячеслав Иванович Зорин — кандидат медицинских наук, доцент, https://orcid.org/0000-0002-9712-5509.

Information about the authors:

Yulia A. Fedorova — graduate student, https://orcid.org/0000-0003-3842-2113;

Sergey V. Vissarionov — Doctor of Medical Sciences, Professor, Corresponding Member. RAS, Director, https://orcid.org/0000-0003-4235-5048;

Yaroslav N. Proshchenko — Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of Department, https://orcid.org/0000-0002-3328-2070;

Vyacheslav I. Zorin — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, https://orcid.org/0000-0002-9712-5509.