

ОПЫТ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ПРЕДПЛЕЧЬЯ У ДЕТЕЙ С ЭКЗОСТОЗНОЙ ХОНДРОДИСПЛАЗИЕЙ

Поздеев А.П.^{1,2}, Белоусова Е.А.², Сосненко О.Н.¹

¹ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера», Санкт-Петербург, e-mail: prof.pozdeev@mail.ru;

²ФГБОУ ВО «СЗГМУ им. И.И. Мечникова», Санкт-Петербург, e-mail: qeen18@mail.ru

Цель работы: проанализировать результаты хирургического лечения детей с деформациями предплечья, сформировавшимися на почве экзостозной хондродисплазии. Проанализированы отдаленные результаты хирургического лечения деформаций предплечья у группы пациентов (n=112) с диагнозом «Экзостозная хондродисплазия» в возрасте от 2 до 17 лет в период с 2004 по 2019 гг. Всем пациентам был проведен комплекс клинично-рентгенологических исследований (осмотр, рентгенограммы, компьютерные томограммы) как на дооперационном этапе, так и в послеоперационном периоде. В 55,6% случаев нами были получены «хорошие» анатомические и функциональные результаты, у 40,2% – «удовлетворительные»; в 4,2% – «неудовлетворительные» результаты. Точность коррекции при применении универсального репозиционного узла Орто-СУВ достигала 90% и выше. Использование АВФ (аппарата внешней фиксации) в сочетании с остеотомией костей предплечья на вершине деформации позволяет в значительной степени восстановить анатомическую ось предплечья, устранить косметический дефект предплечья. Применение универсального репозиционного узла Орто-СУВ дает возможность повысить точность восстановления физиологической оси конечности. Резекция костно-хрящевых экзостозов, ограничивающих ротационные движения, наиболее значимо улучшает функцию предплечья (ротационных движений) – в среднем на 30°. Многообразие вариантов деформаций предплечья у детей на фоне экзостозной хондродисплазии требует дифференцированного подхода к выбору конкретной методики хирургического вмешательства.

Ключевые слова: экзостозная хондродисплазия, дети, деформации предплечья, локтевая косорукость, хирургическое лечение.

EXPERIENCE IN SURGICAL MANAGEMENT OF FOREARM DEFORMITIES IN CHILDREN WITH HEREDITARY MULTIPLE EXOSTOSES

Pozdeev A.P.^{1,2}, Belousova E.A.², Sosnenko O.N.¹

¹H.Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and trauma Surgery, Saint Petersburg, e-mail: prof.pozdeev@mail.ru;

²North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, e-mail: qeen18@mail.ru

Objective: to analyze the results of surgical treatment of children with forearm deformities formed on the basis of hereditary multiple exostoses. The long-term results of surgical treatment of forearm deformities in a group of patients (n = 112) diagnosed with «Hereditary Multiple Exostoses» aged 2 to 17 years between 2004 and 2019 were analyzed. All patients underwent a set of clinical and radiological methods of research (examination, X-ray, CT), both at the preoperative stage and in the postoperative period. In 55.6% of cases, we obtained «good» anatomical and functional results, in 40.2% – «satisfactory»; in 4.2% – «unsatisfactory» results. With respect to the strain correction method, the accuracy of the correction reached 90% and higher in patients who performed the deformation elimination by means of the universal repositioning unit Ortho-SUV. The use of external fixator in combination with osteotomy of the forearm bones on the top of the deformation allows to significantly restore the anatomical axis of the forearm, eliminate cosmetic defect of the forearm. Application of universal repositioning node of Ortho-SUV makes it possible to increase accuracy of restoration of physiological axis of extremity. Resection of exostoses limiting rotational movements most significantly improves forearm function (rotational movements) by an average of 30°. The variety of options for forearm deformities in children hereditary multiple exostoses requires a differentiated approach to choosing a specific surgical procedure.

Keywords: hereditary multiple exostoses, children, forearm deformities, ulna, surgical treatment.

Экзостозная хондродисплазия составляет 16–43% среди всех случаев опухолей, опухолеподобных и диспластических заболеваний костей. Деформации костей предплечья с

различной степенью выраженности и функциональными ограничениями верхней конечности при данной патологии формируются почти в 80% случаев. По данным разных авторов, в 80–90% наблюдений у детей с этой патологией развивается локтевая косоруконость. В клинической картине у пациентов преобладают укорочение (в большей степени локтевой кости) и деформация костей предплечья, функциональные ограничения конечности, а также различные нейроциркуляторные расстройства и болевой синдром в результате местного раздражения или сдавления экзостозом окружающих мышц, сухожилий, сосудов или нервов. Прогрессирование деформации костей предплечья может приводить к нарушению соотношений в области плечелучевого сочленения в виде децентрации, подвывиха или вывиха головки лучевой кости и нестабильности лучезапястного сустава [1, 2].

В литературных источниках нами найдены три классификации, отражающие деформации костей предплечья, сформировавшиеся на фоне множественной экзостозной хондродисплазии. Согласно классификации локтевой косоруконости А.П. Поздеева, Л.Ю. Ходжаевой, существуют 5 степеней локтевой косоруконости, характеризующиеся выраженностью ульнарной девиации кисти, функциональными ограничениями конечности, величиной укорочения предплечья, состоянием плечелучевого сочленения [1, 2].

В зарубежной литературе наиболее широко распространена классификация Masada и К. Оно (1989), дополненная А.Р. Жо, С.Т. Jung (2017 г.), в основе которой лежит взаимосвязь локализации костно-хрящевого экзостоза и состояния плечелучевого сочленения (рис. 1) [2, 3].

I тип: костно-хрящевые экзостозы расположены в дистальном отделе локтевой кости без вывиха головки лучевой кости.

IIA тип: наличие вывиха головки лучевой кости на фоне костно-хрящевого экзостоза проксимального метафиза лучевой кости, укорочение локтевой кости.

IIB тип: костно-хрящевые экзостозы расположены в дистальном отделе локтевой кости в совокупности с вывихом головки лучевой кости, с укорочением локтевой кости.

III тип: костно-хрящевые экзостозы расположены в дистальном отделе лучевой кости, без вывиха головки лучевой кости и укорочения локтевой кости.

IV тип: костно-хрящевые экзостозы расположены в дистальном отделе обеих костей предплечья:

IVA тип: костно-хрящевые экзостозы расположены в дистальном отделе обеих костей предплечья, без наличия вывиха головки лучевой кости.

IVB тип: костно-хрящевые экзостозы расположены в дистальном отделе обеих костей предплечья в сочетании с вывихом головки лучевой кости.

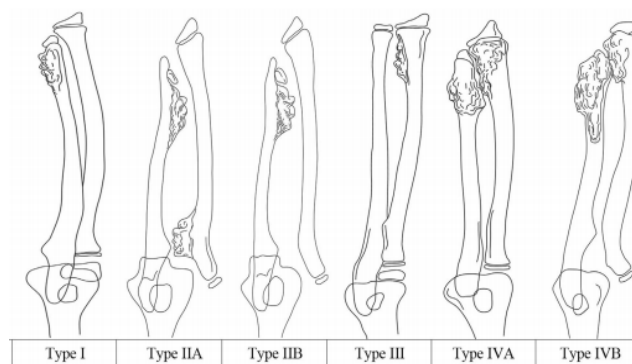


Рис. 1. Расширенная классификация деформаций предплечья A.R. Jo, S.T. Jung (2017)

Цель данного исследования – проанализировать результаты хирургического лечения детей с деформациями предплечья, сформировавшимися на фоне экзостозной хондродисплазии.

Материалы и методы исследования. Нами были проанализированы результаты хирургического лечения деформаций предплечья у группы пациентов (n=112) с диагнозом «Экзостозная хондродисплазия» в возрасте от 2 до 17 лет в период с 2004 по 2019 гг. В 95,5% случаев была диагностирована множественная экзостозная хондродисплазия, в 4,5% случаев локтевая косорукость (укорочение и деформация локтевой кости) развилась на фоне солитарного костно-хрящевого экзостоза в дистальном отделе локтевой кости. Все пациенты были разделены на три возрастные группы: от 2 до 6 лет (n=32); от 7 до 12 лет (n=42); от 13 до 17 лет (n=38). Преобладали пациенты возраста 7 лет и старше (75,8% случаев).

В комплекс диагностических методов исследования входили: сбор анамнеза, изучение жалоб пациента; оценка состояния нейромышечного аппарата по результатам ЭНМГ (электронейромиографии), выполненной как на дооперационном этапе, так и в отдаленном периоде наблюдения, с обязательной консультацией невролога; оценка функционального состояния верхней конечности (ротационных движений предплечья, амплитуды движений в смежных суставах – локтевом, лучезапястном). Ограничение амплитуды ротационных движений предплечья оценивалось нами как умеренно выраженное до 60°, выраженное – до 120° и резко выраженное – более 120°, вплоть до полного их отсутствия.

Исследования включали также рентгенографию костей предплечий в двух стандартных проекциях (переднезадней, боковой); компьютерную томографию костей предплечий. Оценка результатов лучевых методов исследования, определение типа деформации костей предплечья в дооперационном и послеоперационном периодах проводились в соответствии с референтными линиями и углами для костей предплечья (Л.Н. Соломин, Е.А. Щепкина, П.Н. Кулеш, РНИИТО им. Р.Р. Вредена, 2012 г.) [4].

После обработки результатов исследования с применением лучевых методов нами были выделены наиболее часто встречающиеся варианты деформаций костей предплечья (в зависимости от уровня и плоскости расположения)[2].

1. Деформации костей предплечья во фронтальной плоскости:

1.1. Варусная деформация локтевой кости на границе средней и верхней трети (45% наблюдений); в средней трети (21%).

1.2. Варусная деформация лучевой кости в средней трети (20%).

2. Деформации костей предплечья в сагиттальной плоскости:

2.1. Рекурвационная деформация локтевой кости на границе средней и верхней трети (42%); средней трети и нижней трети (15%).

Важно отметить, что наиболее часто встречалось сочетание варусной и рекурвационной деформации на границе верхней и средней трети (65,2% случаев). В 68,6% наблюдений у пациентов имели место децентрация и подвывих головки лучевой кости. Вывих головки лучевой кости наблюдался в 31,4% случаев.

Также в дополнение к уже предложенной классификации (A.R. Jo, S.T. Jung, рис. 2) нами были выявлены два типа сложных многоплоскостных деформаций костей предплечья, сочетающих в себе варусно-рекурвационную, торсионную деформации и вывих головки лучевой кости (рис. 2):

– Va тип: наличие незначительных костно-хрящевых экзостозов в дистальных отделах костей предплечья, укорочение костей предплечья и спиралевидная деформация костей предплечья с вывихом головки лучевой кости;

– Vб тип: наличие массивных костно-хрящевых экзостозов в дистальных отделах костей предплечья, укорочение костей предплечья и спиралевидная деформация костей предплечья с вывихом головки лучевой кости.

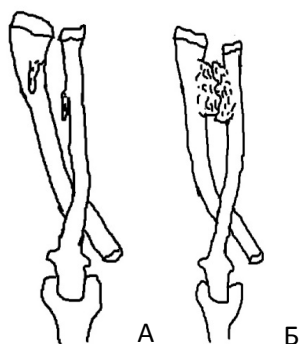


Рис. 2. Спиралевидная (торсионная) деформация костей предплечья:

А – тип деформации Va; Б – тип деформации Vб

В ходе анализа клинико-рентгенологического материала мы определили ряд абсолютных показаний к хирургическому лечению деформаций предплечья:

- 1) наличие укорочения локтевой кости более 13 мм;
- 2) деформация костей предплечья, более чем на 5° превышающая физиологическую норму;
- 3) резко выраженное ограничение ротационных движений;
- 4) порочное положение кисти, затрудняющее функции верхней конечности;
- 5) подвывих, вывих головки лучевой кости;
- 6) нарушение соотношений суставных поверхностей костей лучезапястного сустава, приводящее к его нестабильности;
- 7) сдавление костно-хрящевым экзостозом сосудисто-нервных пучков.

Предоперационное планирование хирургического вмешательства осуществлялось с учетом взаимосвязи локализации костно-хрящевого экзостоза и состояния плечелучевого сочленения (A.R. Jo, S.T. Jung, 2017 г.), а также уровня, варианта деформации костей предплечья и состояния амплитуды ротационных движений предплечья.

Таким образом, в зависимости от типа деформации (по классификации A.R. Jo, S.T. Jung) нами были выполнены следующие варианты оперативных вмешательств.

Хирургическое лечение при I типе деформации

1. Резекция костно-хрящевого экзостоза локтевой кости в межкостном промежутке в нижней трети (n=10, в 11,2% случаев).
2. Наложение аппарата внешней фиксации (АВФ), остеотомия локтевой кости на вершине деформации, удлинение локтевой кости (n=22, в 4,6% случаев) (рис. 4).
3. Резекция костно-хрящевого экзостоза локтевой кости в межкостном промежутке, наложение АВФ, остеотомия локтевой кости на вершине деформации, удлинение локтевой кости (в 10,1% случаев, n=9) (рис. 4).
4. Наложение АВФ, остеотомия локтевой кости на вершине деформации, корригирующая остеотомия лучевой кости на вершине деформации, удлинение локтевой кости (23,5% случаев, n=21).

Хирургическое лечение IIa типа деформации

При данном варианте деформации первым этапом выполнялась резекция костно-хрящевых экзостозов костей предплечья (n=1), после чего вторым этапом, после проведенного восстановительного лечения, осуществлялись наложение АВФ, коррекция деформации и удлинение локтевой кости, низведение лучевой кости.

Хирургическое лечение при IIб типе деформации

Наложение АВФ, остеотомия локтевой кости на вершине деформации, удлинение локтевой кости, низведение лучевой кости были выполнены в 2,24% случаев (n=2). При резко выраженном ограничении ротационных движений предплечья предварительно первым этапом выполнялась резекция костно-хрящевого экзостоза дистального отдела локтевой кости.

Хирургическое лечение при III типе деформации

Хирургическое лечение заключалось в резекции костно-хрящевого экзостоза дистального отдела лучевой кости (в 6,72% случаев, n=6).

Хирургическое лечение при IVa типе деформации

Хирургическое лечение разделялось на два этапа: первым этапом выполнялась резекция костно-хрящевых экзостозов костей предплечья в дистальном отделе в межкостном промежутке, после чего вторым этапом, не ранее чем через 3 месяца, выполнялись наложение АВФ, остеотомия локтевой кости на вершине деформации, при наличии деформации – корригирующая остеотомия лучевой кости, удлинение локтевой кости. Данный вариант этапного хирургического лечения был выполнен в 10,08% случаев (n=9). При умеренно выраженном или выраженном ограничении ротационных движений предплечья резекция костно-хрящевых экзостозов, наложение АВФ, остеотомия костей предплечья на вершине деформации выполнялись одновременно (в 3,36% случаев, n=3).

Хирургическое лечение при IVб типе деформации

1. При умеренно выраженном или выраженном ограничении ротационных движений накладывали АВФ, выполняли остеотомию локтевой кости на вершине деформации с последующим ее удлинением и низведением лучевой кости (в 3,36% случаев, n=3)

2. При массивных экзостозах первым этапом выполнялась резекция костно-хрящевых экзостозов в дистальном отделе предплечья, далее, вторым этапом, после проведенного восстановительного лечения методом дистракционного остеосинтеза осуществлялись удлинение локтевой кости и низведение лучевой кости (в 6,72% случаев, n=6)

Хирургическое лечение при Va типе деформации

При данном типе деформации выполняются следующие этапы: остеотомия локтевой кости, коррекция многоплоскостной деформации с фиксацией интрамедуллярной спицей; после производятся остеотомия лучевой кости, коррекция многоплоскостной деформации с фиксацией интрамедуллярной спицей, изогнутой в виде крючка, в месте ее выхода из проксимального отдела лучевой кости; наложение АВФ; удлинение локтевой кости, низведение изогнутой в виде крючка спицей лучевой кости (n=1) (рис. 3, 4).

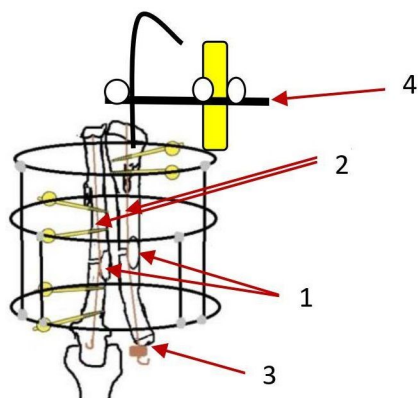


Рис. 3. Схема операции: наложение АВФ на предплечье, остеотомия локтевой и лучевой кости, устранение многоплоскостной деформации, низведение лучевой кости: стрелка № 1 – места остеотомий, стрелка № 2 – места проведения спиц, стрелка № 3 – площадка из аллокости, стрелка № 4 – фиксация спицы в АВФ

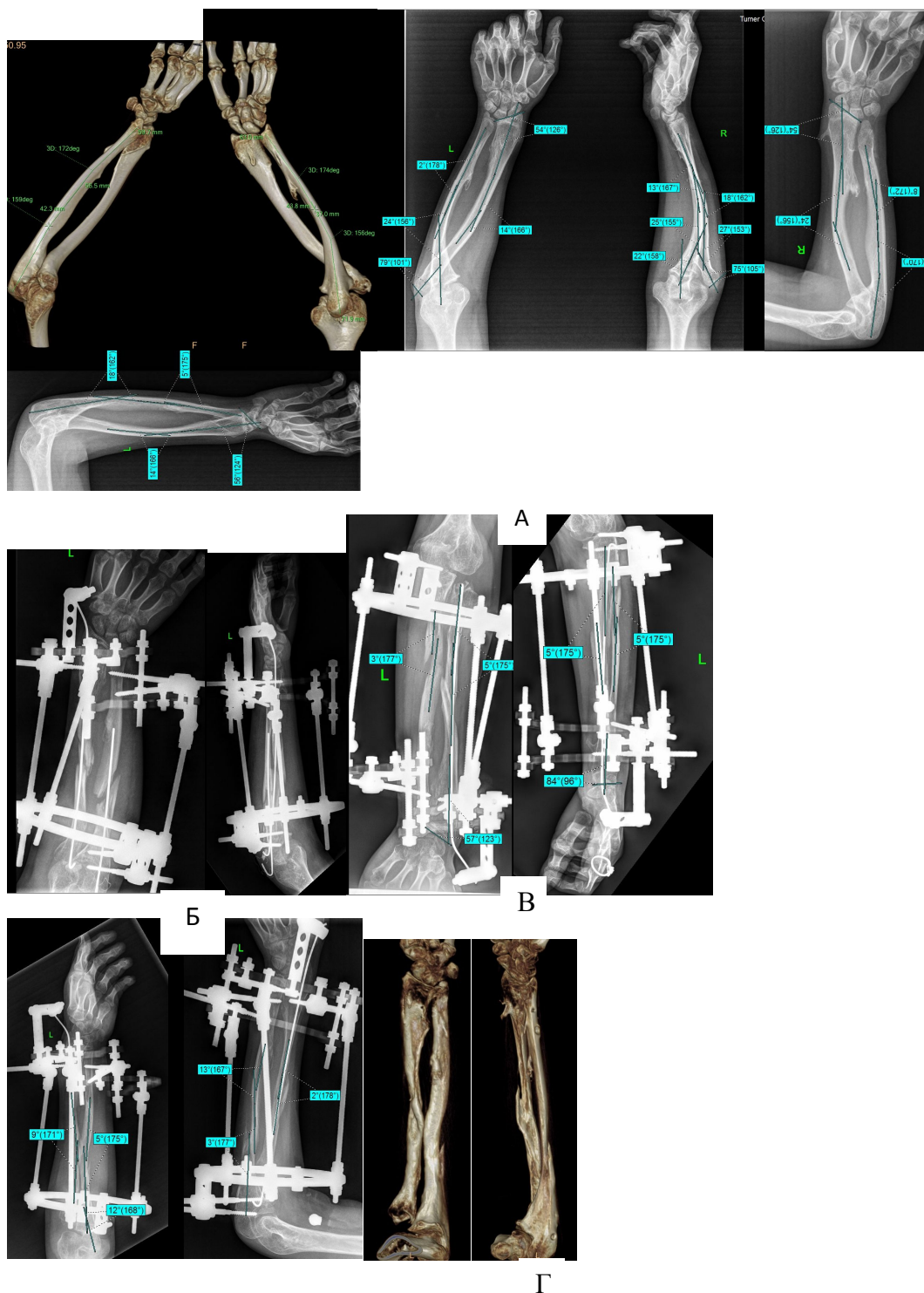


Рис. 4. Клинический пример: Пациентка К., 16 лет. Va тип деформации (с двух сторон):
 А – рентгенограммы и КТ предплечий до операции; Б – рентгенограммы левого предплечья
 интраоперационно: одномоментно устранена варусно-рекурвационная и спиралевидная
 (торсионная) деформация костей предплечья; В – рентгенограммы левого предплечья через
 2 месяца после начала дистракции: устранен вывих головки лучевой кости, удлинена
 локтевая кость; Г – рентгенограммы и КТ левого предплечья через 5,5 месяца (на момент
 снятия АВФ)

Хирургическое лечение при Vб типе деформации

Первым этапом выполнялась резекция костно-хрящевых экзостозов в дистальном отделе костей предплечья, вторым этапом использовалась методика, применяемая при устранении Va типа деформации (рис. 3).

Во всех случаях остеотомия костей предплечья осуществлялась с формированием несвободного костного лоскута (фрагмент патента № 2106826 «Способ удлинения костей». Авторы: А.П. Поздеев, О.А. Даниелян).

В зависимости от варианта деформации нами применялись следующие методики хирургических вмешательств: резекция костно-хрящевых экзостозов костей предплечий (n=29, в 29,6% случаев); остеотомия локтевой кости, фиксация в АВФ (n=34, в 34,7% случаев); остеотомия локтевой кости, низведение головки лучевой кости, фиксация в АВФ (n=8, в 8,16% случаев); остеотомия локтевой и лучевой костей, фиксация в АВФ (n=31, в 31,62% случаев). Одномоментная коррекция деформации костей предплечья была выполнена 59 пациентам. 14 пациентам коррекция деформации проводилась при помощи универсального репозиционного узла Орто-СУВ.

Результаты исследования и их обсуждение. При оценке эффективности проведенного хирургического лечения наиболее значимое улучшение функции верхней конечности (ротационных движений) отмечалось у пациентов (в 28,42% случаев, n=29), которым была выполнена резекция костно-хрящевого экзостоза (в среднем на 30° по сравнению с дооперационными значениями). У всех остальных пациентов (в 71,54% случаев, n=73), которым проводилось лечение методом компрессионно-дистракционного остеосинтеза, отмечалось снижение амплитуды ротационных движений, в среднем на 4–8°. Более выраженное ограничение ротационных движений (8°) отмечалось в проспективной группе («коррекция деформации при помощи аппарата Орто-СУВ»). Это связано с более длительным сроком стабилизации в аппарате внешней фиксации: в среднем 180 дней, по сравнению с группой без применения аппарата Орто-СУВ – в среднем 143 дня. В 85,7% случаев (n=12) это были пациенты с IVa и IVб типами деформаций (согласно классификации деформаций предплечья A.R. Jo, S.T. Jung). И лишь в 14,3% случаев (n=2) это были пациенты с I типом деформаций, в то время как среди пациентов, которым выполнялась одномоментная коррекция деформации, преобладал I тип деформации (в 81,3% случаев), и в 18,7% случаев это были пациенты с IIa и IVa типами деформаций. Таким образом, основной областью применения универсального репозиционного узла Орто-СУВ у наших групп пациентов были наиболее выраженные и сложные деформации костей предплечья, степень которых не позволяла выполнить одномоментную коррекцию деформации костей предплечья непосредственно в операционной. В процессе оценки результатов лечения нами

замечено, что монтаж двух отдельных модулей аппарата внешней фиксации на локтевую и лучевую кости позволяет сохранять амплитуду ротационных движений на весь период фиксации в аппарате. Это, в свою очередь, способствует увеличению амплитуды ротационных движений в отдаленном периоде (в среднем на 5°). В 90% случаев у пациентов (после одномоментной коррекции) на момент снятия аппарата внешней фиксации присутствовала деформация локтевой/лучевой кости (в среднем 5°). У пациентов, которым выполнялось устранение деформации при помощи универсального репозиционного узла Орто-СУВ, точность коррекции достигала 90% и выше, остаточная деформация (на момент снятия) костей предплечья в данной группе пациентов составила в среднем 1°. Таким образом, в нашей группе пациентов были получены «хорошие» анатомические и функциональные результаты в 55,6% случаев, у 40,2% пациентов – «удовлетворительные»; в 4,2% – «неудовлетворительные». В группу с «неудовлетворительными» результатами вошли пациенты, у которых отсутствовал эффект (функциональный/анатомический) от проведенного лечения или отмечалось ухудшение в той или иной степени выраженности: осталась неизменной / увеличилась степень деформации костей предплечья в послеоперационном периоде; ухудшилось функциональное состояние верхней конечности. В группу осложнений вошли: нейроциркуляторные расстройства (невропатии, парез), которые наблюдались в 4,9% случаев; в 2,94% случаев отмечались замедленная консолидация / ложный сустав; в 0,98% случаев произошел перелом костной мозоли после снятия аппарата с потерей достигнутой коррекции оси конечности. Средний возраст пациентов с послеоперационными осложнениями составил 10 лет.

В ходе проведенного ретроспективного анализа отечественных и зарубежных источников литературы (информационная база PubMed) отмечено, что хирургический метод лечения деформаций предплечья является единственно эффективным. При ретроспективном анализе было выявлено, что наиболее популярными методами хирургического лечения служат: постепенное удлинение локтевой кости моноклатеральным аппаратом внешней фиксации («Orthofix») [5–7]; резекция костно-хрящевых экзостозов [8–10]; корригирующая остеотомия лучевой кости [11–13]; временный гемиепифизеодез дистальной зоны роста лучевой кости [14].

Средний возраст пациентов во время оперативного вмешательства, по данным авторов, составил 9 лет. Среди авторов существуют две точки зрения в отношении сроков проведения хирургического лечения. Одни из них выступают за раннее начало хирургического лечения (с 4–5 лет), другие авторы не согласны с этой точкой зрения и считают, что наиболее целесообразно начинать хирургическое лечение после окончания костного роста. Они объясняют это тем, что будет выполнено наименьшее количество

оперативных вмешательств с отсутствием в дальнейшем рецидивов деформации. Но эта точка зрения имеет свои минусы, так как на фоне длительно существующей и прогрессирующей деформации костей предплечья могут развиваться грубые нарушения соотношений суставных поверхностей в смежных суставах, нарушения нервно-мышечной системы и кровотока [5, 7, 8].

В ходе ретроспективного анализа мы оценили эффективность различных вариантов хирургического лечения по данным научных медицинских статей (информационной базы PubMed) с 1984 по 2018 гг. В ходе проведенного анализа результатов различных вариантов хирургического лечения мы выявили, что из 649 проведенных оперативных вмешательств в 5,5% случаев получены «отличные» результаты; в 33,5% – «хорошие»; в 23% – «удовлетворительные»; в 38% – «неудовлетворительные» результаты. В группу «неудовлетворительных» результатов входили все рецидивы или неустраненные деформации предплечья, выраженные контрактуры в смежных суставах, наличие болевого синдрома в послеоперационном периоде. Из всех предложенных методик хирургического лечения наиболее широко используемой являлось постепенное удлинение локтевой кости АВФ автономно или в сочетании с резекцией костно-хрящевого экзостоза, остеотомией лучевой кости (фиксацией пластиной) [5].

R. D'Ambrosi и иные в анализе группы из 15 пациентов, которым были выполнены оперативные вмешательства, такие как удлинение, корригирующие остеотомии костей предплечья, указали, что, несмотря на минимальное улучшение функции, внешний вид конечности был заметно улучшен [7].

Wessel и иные сообщают о результатах применения гексапода при коррекции деформации костей предплечья. В результате во всех случаях (5) была постепенно устранена деформация костей предплечья, в одном случае – низведена головка лучевой кости при помощи гексапода без нейроциркуляторных расстройств [15].

Заключение. Наиболее часто встречающимися деформациями костей предплечья в нашем исследовании были варусная и рекурвационная деформации на границе верхней трети и средней трети (в 65% случаев). Использование АВФ (аппарата внешней фиксации) в сочетании с остеотомией костей предплечья на вершине деформации позволяет в значительной степени восстановить анатомическую ось предплечья, устранить косметический дефект предплечья. Использование универсального репозиционного узла Орто-СУВ дает возможность повысить точность восстановления физиологической оси конечности. Резекция костно-хрящевых экзостозов, ограничивающих ротационные движения, позволяет наиболее значимо улучшить функцию предплечья (ротационных движений) – в среднем на 30°. Неблагоприятные исходы и осложнения обусловлены

различными нейроциркуляторными расстройствами со стороны верхней конечности, нарушением формирования костной мозоли и несоблюдением врачебных рекомендаций (по поводу охранительного режима). Многообразие вариантов деформаций предплечья у детей на фоне экзостозной хондродисплазии требует дифференцированного подхода к выбору конкретной методики хирургического вмешательства.

Список литературы

1. Поздеев А.П., Белоусова Е.А., Сосненко О.Н. Современное представление о деформациях костей предплечья у детей на фоне экзостозной хондродисплазии (обзор литературы) // Гений ортопедии. 2020. Т. 26. № 2. С. 248-253. DOI: 10.18019/1028-4427-2020-26-2-248-253.
2. Захарьян Е.А., Белоусова Е.А., Поздеев А.П. Клинико-рентгенологическая характеристика деформаций костей предплечья у детей с множественной экзостозной хондродисплазией // Гений Ортопедии. 2019. Т. 25. № 4. С. 487-492. DOI: 10.18019/1028-4427-2019-25-4-487-492.
3. Jo A.R., Jung S.T., Kim M.S., Oh C.S. An Evaluation of Forearm Deformities in Hereditary Multiple Exostoses: Factors Associated With Radial Head Dislocation and Comprehensive Classification. J Hand Surg Am. 2017. Vol.42. no.4. P. 292.e1-292.e8. DOI: 10.1016/j.jhsa.2017.01.010.
4. Соломин Л.Н., Щепкина Е.А., Кулеш П.Н., Виленский В.А., Корчагин К.Л., Скоморошко П.В. Определение референтных линий и углов длинных трубчатых костей. СПб.: Пособие для врачей, 2012. 48 с.
5. Tamer A. EL-Sobky, Shady Samir, Ahmed Naeem Atiyya. Current paediatric orthopaedic practice in hereditary multiple osteochondromas of the forearm: a systematic review. SICOT-J. 2018. Vol. 4. P. 17. DOI: 10.1051/sicotj/2018002.
6. Ahmed A.A.R.Y. Gradual ulnar lengthening by an Ilizarov ring fixator for correction of Masada IIb forearm deformity without tumor excision in hereditary multiple exostosis: preliminary results. J Pediatr Orthop B. 2019. Vol. 28. no1. P. 67-72. DOI: 10.1097/BPB.0000000000000514.
7. D'Ambrosi R., Barbato A., Caldarini C. Gradual ulnar lengthening in children with multiple exostoses and radial head dislocation: results at skeletal maturity. J. Child. Orthop. 2016. Vol. 10. P. 127–133. DOI:10.1007/s11832-016-0718-8.
8. Refsland S., Kozin S.H., Zlotolow D.A. Ulnar distraction osteogenesis in the treatment of forearm deformities in children with multiple hereditary exostoses. J. Hand Surg Am. 2016. Vol. 41. P. 888–895. DOI:10.1016/j.jhsa.2016.06.008.

9. Song S.H., Lee H., Youssef H. Modified Ilizarov technique for the treatment of forearm deformities in multiple cartilaginous exostoses: case series and literature review. *J. Hand Surg Eur.* 2013. Vol. 38. P. 288–296. DOI: 10.1177/1753193412450651.
10. Cho Y.J., Jung S.T. Gradual lengthening of the ulna in patients with multiple hereditary exostoses with a dislocated radial head. *Yonsei Med. J.* 2014. Vol. 55. P. 178-184. DOI: 10.3349/ymj.2014.55.1.178.
11. Iba K., Hanaka M., Ozasa Y. Treatment of forearm deformity with radial head dislocation because of multiple osteochondromas: a series of three cases treated by simple axis correction and distraction osteogenesis of the ulna. *J. Pediatr. Orthop B.* 2018. Vol. 27. no 4. P. 315-321. DOI: 10.1097/BPB.0000000000000453.
12. Clement N.D., Porter D.E. Forearm deformity in patients with hereditary multiple exostoses: factors associated with range of motion and radial head dislocation. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2013. Vol. 95. no 17. P. 1586-1592. DOI: 10.2106/jbjs.l.00736.
13. Beutel B.G., Klifto C.S., Chu A. Timing of forearm deformity correction in a child with multiple hereditary exostosis. *Am. J. Orthop (Belle Mead NJ).* 2014. Vol. 43. P. 422-425.
14. Kelly J.P., James M.A. Radiographic outcomes of hemiepiphyseal stapling for distal radius deformity due to multiple hereditary exostoses. *J. Pediatr. Orthop.* 2016. Vol. 36. P. 42-47. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000394.
15. Wessel L.E., Sacks H.A., Fufa D.T. Use of hexapod frame to gradually correct congenital and acquired forearm deformity. *J. Limb Lengthen Reconstr.* 2019. Vol. 5. no.1. P. 11-16. DOI: 10.4103/jllr.jllr_22_18.