

Эндопротезирование коленного сустава как хирургический этап лечения пациентов детского и подросткового возраста с опухолями костей

Н.А. Большаков, А.Ю. Артемов, А.М. Ворочай, И.Г. Хамин, М.В. Тихонова, А.С. Слинин, Д.В. Рогожин, А.Н. Ремизов, Н.С. Грачев, А.И. Карачунский

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Дмитрия Рогачева» Минздрава России, Москва

В статье представлен анализ собственного опыта удаления опухолей и последующего эндопротезирования у пациентов детского и подросткового возраста с первичными опухолями костей. Данное исследование поддержано Независимым этическим комитетом и утверждено решением Ученого совета НМИЦ ДГОИ. За 5-летний период (2012–2017) выполнены 65 эндопротезирований коленного сустава у детей и подростков с онкологической патологией. Оценку функциональных результатов проводили с помощью шкалы MSTS через 3 месяца с момента операции. Послеоперационные осложнения анализировали согласно классификации по Henderson. Средний показатель функционального результата после оперативного лечения по шкале MSTS составил 76%. Чаще среди послеоперационных осложнений отмечены структурные повреждения (7,6%) и инфекционные осложнения (6,2%). Общая выживаемость в наиболее многочисленной группе пациентов с остеосаркомой (56 человек) составила $82 \pm 12\%$; бессобытийная выживаемость – $37 \pm 12\%$. Использование индивидуальных раздвижных эндопротезов позволяет проводить операции пациентам детского возраста – с незрелым скелетом. Эндопротезирование обеспечивает хорошие онкологические и функциональные результаты, способствует наибольшей социальной адаптации ребенка.

Ключевые слова: саркомы костей, опухоли костей у детей, органосохраняющие операции, эндопротезирование, раздвижной онкологический эндопротез, модульный онкологический эндопротез

Большаков Н.А. и соавт. Вопросы гематологии/онкологии и иммунопатологии в педиатрии, 2019; 18 (1): 55–61.
DOI: 10.24287/1726-1708-2019-18-1-55-61

Endoprosthesis reconstruction, as a surgical treatment of children and adolescence with bone tumors around the knee

N.A. Bolshakov, A.Yu. Artemov, A.M. Vorochai, I.G. Khamin, M.V. Tikhonova, A.S. Slinin, D.V. Rogozhin, A.N. Remizov, N.S. Grachev, A.I. Karachunsky

Dmitriy Rogachev National Medical Research Center of Pediatric Hematology, Oncology, Immunology Ministry of Healthcare of Russian Federation, Moscow

Aim: analysis of own experience in endoprosthesis reconstruction of the knee for children and adolescents with primary bone tumors. The article reports the results of 65 endoprosthesis reconstruction of the knee joint in children and adolescents with oncological pathology for a 5-year period (2012–2017). The study was approved by the Independent Ethics Committee of the Dmitry Rogachev National Medical Research Center of Pediatric Hematology, Oncology, and Immunology. Evaluation of functional results was performed using the MSTS scale 3 months after the operation. Postoperative complications were analyzed according to the Henderson classification. The average indicator of the functional rate after operative treatment, according to the MSTS scale, was 76%. The most common postoperative complications were structural failures (7.6%) and infectious complications (6.2%). Overall survival in the largest group of patients with osteosarcoma (56 patients) was $82 \pm 12\%$, event-free survival $37 \pm 12\%$. The use of individual expandable endoprostheses makes it possible to perform operations for patients with skeletal immaturity. Endoprosthesis replacement provide good oncological and functional results, and also contribute to the most adequate social adaptation of the child.

Key words: bone sarcomas, bone tumors in children, limb-sparing surgery, endoprosthesis replacement, expandable endoprosthesis, modular oncological endoprosthesis

Bolshakov N.A., et al. Pediatric Hematology/Oncology and Immunopathology, 2019; 18 (1): 55–61.
DOI: 10.24287/1726-1708-2019-18-1-55-61

Среди онкологических заболеваний у детей и подростков, по данным различных источников, опухоли костей занимают третье место по частоте встречаемости [1–3]. В исследованиях ряда специалистов отмечено, что на возрастную группу от 5 до 25 лет приходится около 70–80% случаев за-

болевания этой патологией [4–7]. Наиболее распространенные первичные костные опухоли – остеосаркома и саркома Юинга [4, 6, 8, 9]. Чаще всего опухоли костей возникают ближе к эпиметафизарным зонам длинных трубчатых костей; в большинстве случаев это кости, образующие коленный сустав, – дисталь-

Контактная информация:

Большаков Николай Анатольевич, врач – ортопед-травматолог отделения онкологии и детской хирургии, руководитель ортопедической хирургической группы НМИЦ детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Дмитрия Рогачева Минздрава России.
Адрес: 117997, Москва, ГСП-7, ул. Саморы Машела, 1
E-mail: bolshakovn@yandex.ru

© 2019 by NMRC PHOI

Correspondence:

Nikolay A. Bolshakov, MD, orthopedic surgeon of the Department of Oncology and Pediatric Surgery, Head of the Orthopedic Surgery Group of the Dmitry Rogachev National Medical Research Center of Pediatric Hematology, Oncology, Immunology Ministry of Healthcare of Russian Federation.
Address: Russia 117997, Moscow, Samory Mashela st., 1
E-mail: bolshakovn@yandex.ru

ный метаэпифиз бедренной кости и проксимальный метаэпифиз большеберцовой кости [3, 9, 10]. Подобное расположение, помимо удаления пораженного сегмента, требует эндопротезирования близлежащего сустава. Данная операция в области коленного сустава затрагивает наиболее активные зоны роста. У пациентов с незрелым скелетом удаляют ростовую пластинку со стороны опухоли и повреждают пластинку с противоположной стороны от суставной щели [11].

Радикальное удаление опухоли, хороший функциональный результат и максимально возможное сохранение анатомии конечности – основные цели хирургического этапа лечения. Разница в длине и нарушение физиологической оси нарушают механизм походки, способствуют появлению болевого синдрома, развитию раннего остеоартроза, приводят к перекосу костей таза, нарушению осанки и развитию сколиоза [6, 12, 13]. Поэтому органосохраняющие операции, разновидностью которых является эндопротезирование, у пациентов со злокачественными опухолями костей и незрелым скелетом требуют тщательного предоперационного планирования.

Внедрение последних достижений травматологии и ортопедии в клиническую практику ведущих онкологических центров мира привело к тому, что в XX веке сформировалась новая междисциплинарная наука – онкоортопедия. В России данный термин впервые предложен академиком РАН *М.Д. Алиевым* [14]. С 1970-х годов в детской онкоортопедической практике начинается внедрение «раздвижных» онкологических эндопротезов, которые в последующие годы постоянно совершенствовались [15]. Появление таких имплантов и возможность изготовления их элементов индивидуально для каждого пациента позволили все более широко внедрять онкологическое эндопротезирование у пациентов детского возраста. Перед хирургом был поставлен ряд непростых вопросов: определение объема резекции и ее типа (экстраартикулярная или интраартикулярная), а также типа эндопротеза (раздвижной или нераздвижной) и вида фиксации (цементный или бесцементный).

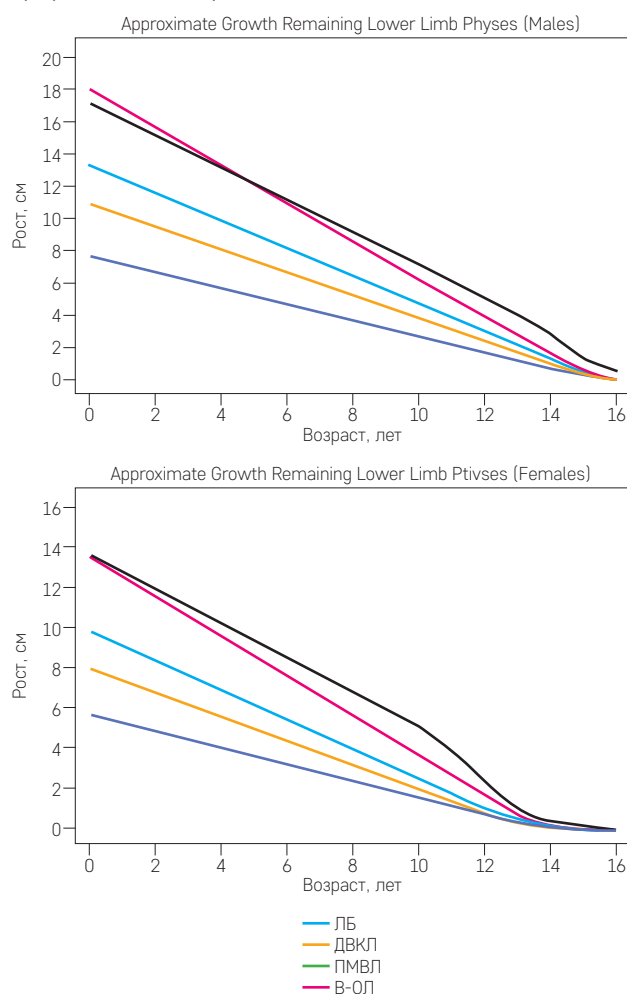
Объем резекции, и в первую очередь величина отступа, до сих пор вызывает споры среди специалистов. Особенно сложно планировать эту операцию у пациентов детского возраста ввиду их антропометрических данных. Последние исследования показали, что нет необходимости в минимальном отступе в 3 см, допустим отступ даже около 1 см, поскольку данные МРТ отлично коррелируют с последующими данными патологоанатомического исследования удаленного препарата [16, 17].

Большинство специалистов выбирает раздвижной эндопротез с помощью графиков Тапмана и Притчета, отражающих запас роста отдельно для

каждой ростовой пластины в зависимости от пола и возраста пациента (*рисунк*) [9]. Данные литературы указывают приблизительно одну и ту же возрастную границу, до достижения которой пациенту может понадобиться данный тип импланта, а именно: девочкам – до 13–14 лет, мальчикам – до 14–15 лет [10, 18, 19]. Пациентам детского возраста, которым установлен раздвижной эндопротез, с большей долей вероятности требуются ревизионные операции. Это связано как с развитием осложнений, так и с необходимостью замены его элементов – раздвижного механизма, интрамедуллярных ножек, рассчитанных на определенную массу тела.

Рисунок 1

Графики Тапмана и Притчета



Классически при оперативном вмешательстве проводят трансартикулярную резекцию. Считается, что экстраартикулярная резекция необходима в следующих случаях: при прохождении биопсийного тракта через полость сустава, распространении опухоли по внутрисуставным связкам, наличии патологического перелома с контаминацией полости сустава, расположении патологического очага внутри нее или в области дорсальной поверхности мыщелков бедренной кости и вовлечении места прикрепления головок икроножных мышц [20, 21].

О выборе метода фиксации до сих пор нет единого мнения: одинаково широко применяют и цементную, и безцементную фиксацию [22, 23].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование поддержано Независимым этическим комитетом и утверждено решением Ученого совета НМИЦ ДГОИ.

В период с января 2012 по октябрь 2017 года в отделении онкологии и детской хирургии НМИЦ детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Дмитрия Рогачева Минздрава России проведено 65 эндопротезирований коленного сустава. Соотношение пациентов по полу: 37 мальчиков и 28 девочек; медиана возраста – 14,02 года (от 5 до 17 лет). С гистологическим диагнозом «остеосаркома» прооперированы 56 пациентов, с саркомой Юинга – 6, с гигантоклеточной опухолью – 1, с эмбриональной

рабдомиосаркомой – 1, с синовиальной саркомой – 1 пациент. Для распределения по стадиям пользовались классификацией Американского объединенного комитета по изучению рака (AJCC). Чаще оперировали пациентов с II B и IV A стадиями (таблица 1). Пациентов с эмбриональной рабдомиосаркомой и синовиальной саркомой стадировали по классификации IRS (*Intergroup Rhabdomyosarcoma Study*) – у обоих была определена III стадия. Все пациенты получили неоадьювантную терапию: при диагнозе «остеосаркома» – по протоколу *EURAMOS*; при диагнозе «саркома Юинга» – по протоколу *Euro Ewing 2008*; при мягкотканых саркомах – по протокол *CWS 2009*; один пациент с гигантоклеточной опухолью получал деносумаб.

При эндопротезировании по поводу опухолей дистального отдела бедренной кости диапазон замещения составлял 120–320 мм; по поводу опухолей проксимального отдела большеберцовой кости – 120–240 мм. Применяли модульные эндопротезы *MUTARS Implantcast*; «раздвижные» эндопротезы *Stanmore JTS*, *Stanmore MIG*, *MUTARS Xpand Implantcast*. Установлено 40 эндопротезов дистального отдела бедренной кости и коленного сустава, в том числе 17 «раздвижных»; 25 эндопротезов проксимального отдела большеберцовой кости и коленного сустава, из них 11 «раздвижных» (таблица 2). В основном использовали бесцементный метод фиксации, применяли также цементный и гибридный методы (таблица 3).

Для оценки функционального результата после оперативного лечения использовали международную шкалу *MSTS (Musculoskeletal Tumor Society Score)*, которая учитывает следующие параметры: болевой синдром, функцию конечности, эмоциональную оценку пациентом; необходимость использования ортеза и/или дополнительных средств опоры, длину прогулки и качество походки. Каждый параметр оценивали по 5-балльной шкале, где 5 – наилучший результат, 0 – наихудший. Параметры суммируют и вычисляют процент по отношению к максимально возможному показателю. Так, показатель 80–100% соответствует отличному результату; 60–80% – хорошему; 40–60% – удовлетворительному, менее 40% – неудовлетворительному. Через 3 мес. после операции провели анкетирование. При оценке осложнений после эндопротезирования использовали классификацию *Henderson* (таблица 4).

Таблица 1

Распределение пациентов с остеосаркомой и саркомой Юинга по стадии заболевания согласно классификации AJCC (n = 62)

Стадия по AJCC	Количество	%
I	0	0
II A	9	14,5
II B	29	46,8
III	0	0
IV A	23	37,1
IV B	1	1,6

Таблица 2

Распределение пациентов в зависимости от типа установленного эндопротеза и зоны операции (n = 65)

Зона операции	Тип эндопротеза		Всего
	стандартный модульный	«раздвижной»	
Дистальный отдел бедренной кости	23	17	40
Проксимальный отдел б/берцовой кости	14	11	25
Всего	37	28	65

Таблица 3

Распределение пациентов в зависимости от типа фиксации эндопротеза (n = 65)

Тип протеза	Тип фиксации		
	бесцементный	цементный	гибридный*
Раздвижной	26	2	0
Нераздвижной	28	1	8

* Тип фиксации модульных нераздвижных эндопротезов, когда один из элементов имеет цементную фиксацию, а другой – бесцементную.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Функциональные результаты. Всем пациентам с первых послеоперационных суток начинали курс реабилитации, включая изометрическую гимнастику, ЛФК, механотерапию, активизацию (начало ходьбы при помощи костылей или ходунков с дозированной

Таблица 4

Классификация осложнений после онкологического эндопротезирования по классификации *Henderson*

Тип осложнения	Вид осложнения	Описание
Механические		
1	Повреждение мягких тканей	Нестабильность и вывих, повреждения сухожилия, асептическое расхождение швов
2	Асептическая нестабильность	Клинические и рентгенологические признаки нестабильности
3	Структурные повреждения	Перипротезный перелом, поломка протеза, выраженный перипротезный остеопороз
Немеханические		
4	Инфекция	Инфекционные осложнения, требующие удаления импланта
5	Опухолевая прогрессия	Локальный рецидив, в том числе с прогрессией заболевания

ной нагрузкой на оперированную конечность). При протезировании проксимального отдела большеберцовой кости и коленного сустава в связи с отсечением собственной связки надколенника и ее последующей пластикой, а также использованием лоскута медиальной головки икроножной мышцы проводили иммобилизацию в ортезе с заблокированным коленным суставом. Разработку движений начинали лишь с 5-й недели после операции. Данные хирургические манипуляции в дальнейшем приводят к ослаблению мышц голени и разгибательного механизма коленного сустава, обуславливая более низкие функциональные результаты по сравнению с пациентами, у которых проводили резекцию дистального отдела бедренной кости. Таким пациентам сложнее разработать движения в коленном суставе, увеличить силу разгибания. Из-за резекции мышц голени возникает также риск развития послеоперационной контрактуры в голеностопном суставе, что требует разработки движений в голеностопном суставе. Обычно у этих пациентов во время реабилитационных мероприятий более выражен болевой синдром, а походка длительное время имеет косметический дефект, чаще требуется дополнительное средство опоры.

Через 3 мес. после операции наихудший результат по шкале составил 50%, наилучший – 93%; средний показатель – 76%, что соответствует хорошему результату. При сравнении групп пациентов с резекцией дистального отдела бедренной кости и проксимального отдела большеберцовой кости средние показатели составили 85,1 и 63,6% соответственно.

Онкологические результаты. Наибольшую группу составили 56 пациентов с диагнозом «остеосаркома». По данным на апрель 2018 года, общая выживаемость (OS) в этой группе – $82 \pm 12\%$ (52 пациента); бессобытийная (EFS) – $37 \pm 17\%$ (37 пациентов). Событием считали прогрессию/рецидив заболевания, смерть как осложнение лечения, потерю контакта с пациентом.

С саркомой Юинга было 6 пациентов: OS – $83,3 \pm 15,2\%$; EFS – $62,5 \pm 21,3\%$. У пациентки с синовиальной саркомой отмечена прогрессия заболевания (метастазы в легкие), она находится на поддерживающей терапии.

Пациентки с эмбриональной рабдомиосаркомой и гигантоклеточной опухолью живы, без событий.

Осложнения после онкологического эндопротезирования. Анализ результатов с использованием классификации *Henderson* показал, что наи-

Таблица 5

Оценка осложнений по классификации *Henderson* в зависимости от области операции и типа эндопротеза (n = 65)

Тип осложнения	Вид осложнения	Нераздвижной эндопротез		Раздвижной эндопротез	
		дист. бедро	проксим. голень	дист. бедро	проксим. голень
Механические					
1	Повреждение мягких тканей	–	–	–	2 (3,1%)
2	Асептическая нестабильность	1 (1,5%)	–	–	–
3	Структурные повреждения	–	1 (1,5%)	1 (1,5%)	3 (4,6%)
Немеханические					
4	Инфекция	–	2 (3,1%)	–	2 (3,1%)
5	Опухолевая прогрессия	–	–	1 (1,5%)	–

более распространенными осложнениями после онкологического эндопротезирования были структурные повреждения (тип III), диагностированные у 5 (7,6%) пациентов (таблица 5). В данной группе отмечены 4 (6,2%) случая поломки механизма удлинения раздвижного эндопротеза и 1 (1,5%) случай перипротезного перелома. Эти осложнения не требовали повторных операций и не повлияли на сроки проведения химиотерапии. У пациентов данной группы не возникала разница в длине конечностей более 3 см; компенсацию проводили с помощью индивидуальных ортопедических стелек и обуви.

На втором месте по частоте встречаемости – инфекционные осложнения, которые возникли у 4 (6,2%) пациентов и наблюдались в позднем послеоперационном периоде, после окончания химиотерапии. Этим пациентам было проведено двухэтапное оперативное лечение: удаление эндопротеза, санация и постановка цементного спейсера с антибиотиком, а через 2–3 мес. – реэндопротезирование.

В 2 (3,1%) случаях возник асептический некроз краев послеоперационной раны. Пациентам выполнено оперативное лечение в объеме иссечения некротических тканей. Данное осложнение не повлияло на сроки проведения химиотерапии.

Несмотря на то что по результатам гистологического исследования удаленного материала во всех случаях отмечена резекция R0, у 1 (1,5%) пациента через год после операции диагностировали локальный рецидив, по поводу чего выполнено удаление эндопротеза с опухолевым очагом и ротационная пластика.

Еще у 1 (1,5%) пациента спустя 1,5 года после операции возникло асептическое расшатывание одного из компонентов эндопротеза, а именно интрамедуллярной бедренной безцементной ножки. Потребовалось плановое оперативное лечение – замена стандартной интрамедуллярной ножки на ревизионную бесцементную ножку большей длины и диаметра. Операция не повлияла на сроки проведения химиотерапии.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Тщательное предоперационное планирование позволяет избежать развития большого количества послеоперационных осложнений, выполнить адекватную реконструкцию с сохранением анатомии конечности. Тем не менее с ростом количества органосохраняющих операций проблема осложнений стала особенно актуальной для современных онко-ортопедов.

При решении вопроса о выборе раздвижного эндопротеза мы, опираясь на данные литературы, устанавливали их пациентам девочкам в возрасте

до 13–14 лет и мальчикам – до 14–15 лет [6, 10, 18]. Тщательно собирали семейный анамнез пациента, оценивали ростовые показатели родителей, братьев и сестер, что позволяет приблизительно оценить потенциал роста; выполняли снимки для оценки костного возраста, проводили корреляцию с использованием графиков Тапмана и Притчета [9]. Использование этих имплантов обусловило увеличение количества осложнений III типа по классификации Henderson, включая 4 (6,2%) случая несрабатывания механизма раздвижки. В современной литературе не так много данных об этом осложнении; ряд специалистов представляет их как клинические случаи, однако появляются исследования со все большим количеством пациентов. *M.D. Neel и соавт.* при анализе результатов лечения 15 пациентов с раздвижными эндопротезами выявили три таких случая [11]. *E.L. Staals* в своей статье исследует осложнения у 15 пациентов, которым был установлен раздвижной эндопротез марки *Repiphysis*, и сообщает о 8 случаях поломки механизма раздвижки [24]. На сегодняшний день с целью минимизации осложнений данного типа мы используем эндопротезы, раздвигаемые за счет магнитного поля, а также механически – непосредственно хирургом.

Одно из основных и самых опасных осложнений – инфекция. При ортопедических операциях частота инфекционных осложнений после эндопротезирования составляет 1,5–2,5%, но у онкологических пациентов этот показатель, к сожалению, гораздо выше. По данным литературы, разброс осложнений составляет от 10,0 до 66,0% [14, 19, 25]. *N. Fabbri и соавт.* оценили результаты операции у 690 пациентов: частота инфекционных осложнений составила 13,5% (93 пациента) [26]. *J. Hardes и соавт.* провели исследование в Университетской клинике города Мюнстера и оценили осложнения у 321 пациента: выявлено, что инфекционные осложнения наблюдались у 30 (9,3%) пациентов [27]. *T. Morii и соавт.* анализировали лечение 82 пациентов в возрасте от 5 до 82 лет после онкологического эндопротезирования коленного сустава: данное осложнение было выявлено у 14 (17%) пациентов [28].

Таким образом, показатель 6,2%, достигнутый в нашем Центре при операциях по эндопротезированию коленного сустава, – очень неплохой результат, который получен благодаря взаимодействию онкологов, хирургов и специалистов инфекционного контроля; профилактическим мероприятиям, включая скрининг на метициллинрезистентный золотистый стафилококк, строгое соблюдение санитарно-эпидемиологического режима, периоперационную антибиотикопрофилактику с контролем концентрации препаратов в крови.

Хороший функциональный результат (средний показатель – 76,0%) обусловлен тщательным веде-

нием пациентов в послеоперационном периоде и началом реабилитации с первых суток. С пациентами ежедневно работали врачи-реабилитологи и психологи. Особенно это важно для пациентов младшего возраста; мы отметили, что в младших группах тяжелее проходит реабилитация и функциональный результат по шкале MSTs ниже. Похожие результаты получили *A.R. Sharil* и *соавт.*, они оценили результаты операции у 54 пациентов в возрасте от 15 до 55 лет – средний показатель составил 70,4% [29]. *K.K. Ness* и *соавт.* показали почти такие же результаты лечения 42 пациентов в возрасте от 6,1 до 21,7 года: 69% – для модульных эндопротезов и 73% – для раздвижных [30].

Выводы

Эндопротезирование костей и суставов после удаления злокачественных опухолей конечностей – современный, эффективный вид органосохраняющих операций как у взрослых, так и у пациентов подросткового возраста. Возможность варьировать объем замещения пострезекционного дефекта интраоперационно – важная особенность модульных эндопротезов, подстраховывающая оперирующего хирурга от незапланированного увеличения длины резекции. Использование индивидуальных раздвижных эндопротезов позволило проводить органосохраняющие операции пациентам детского возраста с незрелым

скелетом (в нашем Центре самому младшему пациенту на момент операции было 5 лет), успешно корректировать появляющуюся с годами разницу в длине конечностей, что способствует профилактике не только нарушения походки, но и развития серьезных патологий опорно-двигательной системы.

Органосохраняющие операции у детей и подростков с онкологическими заболеваниями конечностей, разновидность которых – эндопротезирование, являются предпочтительным методом лечения. Благодаря современным технологиям они обеспечивают хорошие онкологические и функциональные результаты, способствуя наибольшей социальной адаптации ребенка.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Авторы выражают благодарность компании «Амджен» и благотворительному фонду «Подари жизнь».

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

ORCID

Bolshakov N.A. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6313-6712>

Khamin I.G. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8264-2258>

Tikhonova M.V. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5679-8961>

Slinin A.S. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9300-5198>

Rogozhin D.V. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0777-9152>

Grachev N.S. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4451-3233>

Karachunsky A.I. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9300-5198>

Литература

1. Алиев М.Д., Тепляков В.В., Махсон А.Н., Мачак Г.Н., Мусаев Э.Р. Руководство по онкологии /Под ред. В.И. Чиссова, С.Л. Дарьяловой. – М.: ООО Медицинское информативное агенство, 2008, с. 649.
2. Балберкин А.В., Шавырин Д.А. Клиника, диагностика и хирургическое лечение опухолей костей области коленного сустава. Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи 2013; 1: 15.
3. Махсон Н.Е., Махсон А.Н. Адекватная хирургия при опухолях плечевого пояса и тазового пояса. Монография. – М.: РПО «Гелла-принт», 1998, с. 4–12.
4. Соловьев Ю.Н. Саркома Юинга. Вопросы Онкологии 2002; 1: 7–16.
5. Malawer M., Sugarbaker P. Musculoskeletal Cancer Surgery Treatment of Sarcomas and Allied Diseases. 2001, Kluwer Academic Publishers, ch 1: 4–35.
6. Neel M.D., Letson D.G. Modular Endoprostheses for Children With Malignant Bone Tumors. Cancer Control 2001; 8 (4): 344–8.
7. Picci P., Manfrini M., Fabbri N., Gamberotti M., Vanel D. Atlas of Musculoskeletal Tumors and Tumorlike Lesions. Springer International Publishing Switzerland 2014; 147: 203.
8. Kaatsch P., Strothotte J., Becker C., Bielack S., Dirksen U., Blettner M. Pediatric bone tumors in Germany from 1987 to 2011: incidence rates, time trends and survival. Acta Oncologica 2016; 55 (9–10): 1145–51.
9. Malawer M., Wittig J., Bickels J., Jeys L., Grimer R. Operative Techniques in Orthopaedic Surgical Oncology. Kluwer Academic Publishers 2012; 4: 46.
10. Wu X., Cai Z.D., Chen Z., Yao Z.J., Zhang G.J. A preliminary evaluation of limb salvage surgery for osteosarcoma around knee joint. PlosOne 2012; 7 (3): 1–6.
11. Neel M.D., Wilkins R.M., Rao B.N., Kelly C.M. Early Multicenter Experience with a Noninvasive Expandable Prosthesis. Clinical Orthopaedics and Related Research 2003; 415: 72.
12. Aiona M., Do K.P., Emara K., Dorociak R., Pierce R. Gait Patterns in Children With Limb Length Discrepancy. J Pediatr Orthop 2015; 35 (3): 280–4.
13. Giles L.G.F., Taylor J.R. Lumbar spine structural changes associated with leg length inequality. Spine 1982; 7 (2): 159–62.
14. Нисиченко Д.В. Инфекционные осложнения у онкологических больных после эндопротезирования крупных суставов.

- Клиника, диагностика, лечение, профилактика. – Дисс... канд. мед. наук. – М., 2010, 200 с.
15. Marulanda G.A., Henderson E.R., Palumbo B.T., Alexander G.E., Cheong D., Letson G.D. Use of extendable prostheses: a limb salvaging alternative for patients with malignant bone tumors. *Exp Rev Med Devices* 2008; 5 (4): 467–74.
 16. Andreou D., Bielack S.S., Carrle D., Kevric M., Kotz R., Winkelmann W. The Influence of tumor- and treatment-related factors on the development of local recurrence in osteosarcoma after adequate surgery. An analysis of 1355 patients treated on neoadjuvant Cooperative Osteosarcoma Study Group protocols. *Ann Oncol* 2011; 22: 1228–35.
 17. Cloake Th.P., Jeys L.M. How Important are surgical margins in Osteosarcoma? *J Bone & Soft Tissue Tumors* 2016; 2 (1): 22–6.
 18. Beebe K., Benevenia J., Kaushal N., Ugliarolo A., Patel N., Patterson F. Evaluation of a Noninvasive Expandable Prosthesis in Musculoskeletal Oncology Patients for the Upper and Lower Limb. *Orthopedics* 2010; 33 (6): 396.
 19. Eckard J.J., Eilber F.R., Dorey F.J., Mirra J.M. The UCLA experience in limb salvage surgery of malignant tumors. *Orthopedics* 1985; 8 (5): 612–21.
 20. Capanna R., Scoccianti G., Campanacci D.A., Beltrami G., De Biase P. Extra-articular Knee Resection with Prosthesis-Proximal Tibia-extensor Apparatus Allograft for Tumors Invading the Knee. *Clin Orthop Relat Res* 2011; 469: 2905–14.
 21. Zwolak P., Kuhnel S.P., Fuchs B. Extraarticular Knee Resection for Sarcomas with Preservation of the Extensor Mechanism. *Clin Orthop Relat Res* 2011; 469: 251–6.
 22. Blunn G.W., Briggs T.W.R., Cannon S.R., Walker P.S., Unwin P.S., Culligan S.M. Cementless Fixation for Primary Segmental Bone Tumor Endoprostheses. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 2000; 372: 223–30.
 23. Coathup M.J., Baata V., Pollock R.C., Aston W.J., Cannon S.R., Skinner J.A., et al. Long-Term Survival of Cemented Distal Femoral Endoprostheses with a Hydroxyapatite-Coated Collar. *J Bone & Joint Surgery* 2013; 95 (17): 1569–75.
 24. Staals E.L., Colangeli M., Ali N., Casanova J.M., Donati D.M., Manfrini M. Are Complications Associated With the Repiphysis Expandable Distal Femoral Prosthesis Acceptable for Its Continued Use? *Clin Orthop Relat Res* 2015; 473: 3003–13.
 25. Harris W.H., Sledge C.B. Total hip and total knee replacement. *N Eng J Med* 1990; 323: 801–7.
 26. Fabbri N., Donati D. Periprosthetic fractures around megaprostheses of the knee after limb salvage surgery for bone tumor. *EMSOS Italy* 2005; Abstract book: 45–6.
 27. Harges J., Gebert C., Schwappach A., Ahrens H., Streitburger A., Winkelmann W., et al. Characteristics and outcome of infections associated with tumor endoprostheses. *Arch Orthop Trauma Surg* 2006; 126: 289–96.
 28. Morii T., Yabe H., Morioka H., Beppu Y., Chuman H., Kawai A. Postoperative deep infection in tumor endoprosthesis reconstruction around the knee. *J Orthop Sci* 2010; 15: 331–9.
 29. Sharil A.R., Nawaz A., Noz Azman M., Zulmi W., Faisham W. Early Functional Outcome of Resection and Endoprosthesis Replacement for Primary Tumor around the Knee. *Malays Orthop J* 2013; 7 (1): 30–5.
 30. Ness K.K., Neel M.D., Kaste S.C., Billups C.A., Marchese V.G., Rao B.N. A comparison of Function after Limb Salvage with Non-invasive Expandable or Modular Prostheses in Children. *Eur J Cancer* 2014; 50 (18): 3212–20.