Хирургическое лечение пациентов с опухолями длинных трубчатых костей верхних конечностей с использованием индивидуальных имплантатов из костнозамещающего материала, созданных по технологиям 3D-печати

Н.Н. Карякин, Р.О. Горбатов, А.Е. Новиков, Р.М. Нифтуллаев

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Приволжский федеральный медицинский исследовательский центр»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Нижний Новгород, Россия

Surgical treatment of patients with tumors of long bones of upper limbs using tailored 3D printed bone substitute implants

N.N. Karyakin, R.O. Gorbatov, A.E. Novikov, R.M. Niftullaev

Privolzhsky Federal Research Medical Centre, Nizhny Novgorod, Russia

Цель. Оценить результаты хирургического лечения пациентов с онкопатологией длинных трубчатых костей верхних конечностей с использованием одномоментной костной пластики образовавшихся дефектов индивидуальными имплантатами из костнозамещающего вещества, изготовленными с применением технологий трехмерной печати. **Материалы и методы.** Проведено клинико-рентгенологическое обследование 22 пациентов с онкопатологией длинных трубчатых костей верхних конечностей после хирургического лечения, которое включало удаление новообразования и одномоментную костную пластику индивидуальным имплантатом, изготовленным с помощью трехмерной печати (Пат. RU 2598769). В качестве материалов для изготовления имплантата использованы костный цемент и костнозамещающее вещество Рекост (Пат. RU 2518753). Обследование всех пациентов проводили до оперативного лечения и через 12 месяцев после операции, использовали опросник «The Short Form-36», «Musculoskeletal Tumor Society» (MSTS) и «Visual analogue scale» (VAS). **Результаты.** У всех пациентов в послеоперационном периоде нами зафиксировано купирование болевого синдрома и улучшение функции верхней конечности. За весь период наблюдения не было выявлено рентгенологических признаков миграции имплантатов. При анкетировании через 1 год после операции у пациентов с доброкачественными новообразованиями получены следующие результаты: «The Short Form-36» – $71,4 \pm 6,6$ балла, «VAS» – $2,5 \pm 1,5$, «MSTS» – $65,1 \pm 8,3$ %; у пациентов со злокачественными поражениями: «The Short Form-36» – $39,2 \pm 4,3$ балла, «VAS» – $4,8 \pm 1,4$, «MSTS» – $41,8 \pm 5,2$ %. **Заключение.** Хирургическое лечение больных с онкопатологией плечевой, локтевой и лучевой костей с использованием одномоментной костной пластики образовавшихся дефектов индивидуальными имплантатами из костнозамещающего вещества, изготовленными с применением технологий трехмерной печати, является одним из эффективных методов улучшения функции пораженной верхней конечности и качества жизни пациентов. Использование разработанной технологии создания имплантатов позволяет прецизионно и одномоментно заместить костные дефекты любой формы, сложности и размеров, упростить технику операции.

Ключевые слова: 3D-печать, индивидуальные костнозамещающие имплантаты, костные опухоли, онкоортопедия, персонализированная медицина

Purpose To evaluate outcomes of surgical treatment of patients with tumors of long bones of upper limbs using a single-stage repair of bone defects with tailored bone substitute implants manufactured with 3D printing technique. **Materials and methods** Clinical and radiological assessment of 22 patients with tumors of long bones of upper limbs was produced after surgical treatment that included removal of neoplasm and one-stage bone plasty using a tailored implant manufactured with three-dimensional printing (Patent RU 2598769). Bone cement and Recost bone substitute (Patent RU 2518753) were used to produce an implant. All patients were evaluated preoperatively and at 12-month follow-up using the 36-item Short Form Health Survey (SF-36), Musculoskeletal Tumor Society (MSTS) Rating Scale and visual analogue scale (VAS). **Results** Postoperatively, all patients showed pain reduction and improved function of the upper limb. No radiographic evidence of implant migration was observed throughout the follow-up. Evaluation of benign patients at one year after surgical intervention showed average 71.4 ± 6.6 of SF-36, 2.5 ± 1.5 of VAS, and 65.1 ± 8.3 % of MSTS scoring system; malignant cases demonstrated average figures of SF-36 39.2 ± 4.3 , VAS 4.8 ± 1.4 , and 41.8 ± 5.2 % at MSTS rating scale. **Conclusion** Surgical treatment of patients with tumors of the humerus, ulna and radius using one-stage plasty of bone defects with tailored 3D-printed bone substitute implants has shown to be an efficient method in improving an affected upper limb function and patient's quality of life. The use of 3D printing to manufacture implants allows for precise and single-stage repair of bone defects of any shape, size and complexity with the technique making surgery easier to perform.

Keywords: 3D printing, tailored bone substitute implant, bone tumor, orthopaedic oncology, personalized medicine

ВВЕДЕНИЕ

Одной из актуальных проблем современной медицины является лечение пациентов с костной онкопатологией. Рост заболеваемости как первичными опухолями, так и метастатическими поражениями костно-мышечной системы человека с каждым годом возрастает. Ежегодно диагностируется более 2900 случаев впервые выявленных остеогенных сарком [1–3]. Кроме того, в кости метастазируют многие злокачественные заболевания. Поражение скелета выявляется у 65–73 % больных карциномой молочной железы, у

56–68 % аденокарциномой простаты и у 30–36 % раком легкого [4, 5]. Чаще всего (от 40 до 70 % случаев) опухоли костной системы локализуются в длинных трубчатых костях [6]. В структуре поражений костей верхней конечности наиболее часто опухолевые очаги располагаются в проксимальном отделе (более 40 % случаев) и диафизе (около 15 % случаев) плечевой кости, дистальном отделе лучевой кости (около 20 % случаев) [2]. Первичные опухоли и метастатические очаги опорно-двигательного аппарата значительно ухудша-

Карякин Н.Н., Горбатов Р.О., Новиков А.Е., Нифтуллаев Р.М. Хирургическое лечение пациентов с опухолями длинных трубчатых костей верхних конечностей с использованием индивидуальных имплантатов из костнозамещающего материала, созданных по технологиям 3D-печати // Гений ортопедии. 2017. Т. 23. № 3. С. 323–330. DOI 10.18019/1028-4427-2017-23-3-323-330

ют качество жизни больного, приводят к его инвалидизации, а в ряде случаев, и к летальному исходу [7]. Смертность только от патологических переломов достигает 32 % случаев [8]. Основным методом лечения опухолей костей является хирургический. Однолетняя выживаемость пациентов с множественными метастазами в кости без оперативного пособия составляет всего 8-13 % [6, 9]. До семидесятых годов прошлого столетия при костной онкопатологии конечностей выполнялись в большинстве случаев ампутации. Сейчас наиболее приоритетными в лечении пациентов с данной патологией являются органосохранные операции, включающие удаление новообразования и пластику

образующегося дефекта аутокостью или имплантатами из синтетических материалов [4, 10, 11]. Применение технологий трехмерной печати в производстве имплантатов обеспечивает их высокую прецизионность и персонализированность, возможность создания любой формы, сложности и размеров [12, 13, 16, 17].

Цель исследования – оценить результаты хирургического лечения пациентов с онкопатологией длинных трубчатых костей верхних конечностей с использованием одномоментной костной пластики образовавшихся дефектов индивидуальными имплантатами из костнозамещающего вещества, изготовленными с применением технологий трехмерной печати.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено клинико-рентгенологическое обследование 22 пациентов с онкопатологией костей верхних конечностей после хирургического лечения, которое включало удаление новообразования и одномоментную костную пластику индивидуальным имплантатом, изготовленным с помощью трехмерной печати. В группе было 10 мужчин (возраст – $44,5 \pm 3,8$ года, 95 % доверительный интервал: 41-49) и 12 женщин (возраст – $56,3 \pm 4,2$ года, 95 % доверительный интервал: 51-62). Патологический очаг у 11 пациентов находился в плечевой кости, у 7 – в лучевой, у 4 – в локтевой. Доброкачественные новообразования были у 13 (59 %) пациентов, злокачественные у 9 (41 %). Все пациенты с доброкачественными опухолями предъявляли жалобы на боли, нарушение функции верхней конечности. Всем больным со злокачественными новообразованиями на догоспитальном этапе был проведен курс лучевой и химиотерапии, диагноз был подтвержден гистологическим и иммуногистохимическим исследованием материала после открытой биопсии.

После верификации диагноза производили удаление опухоли с последующим замещением образовавшегося дефекта костной ткани индивидуальным имплантатом, изготовленным по разработанной технологии [14]. Для этого по данным компьютерной томографии пациента создавали виртуальную 3D модель поврежденного сегмента с установкой по шкале Хаунсфилда параметров (0–250), характерных для костных структур. Затем с помощью стандартных инструментов для компьютерного моделирования производили удаление опухоли в пределах здоровых тканей (рис. 1).

Рис. 1. Виртуальная трехмерная модель костной ткани пациента с патологическим образованием проксимального отдела левой плечевой кости

После этого производили реконструкцию отсутствующих участков костной ткани с созданием виртуальной 3D модели имплантата, используя методики топологической оптимизации и гибридного параметрического моделирования (рис. 2).

Рис. 2. Этап гибридного параметрического моделирования имплантата

Затем на основе полученных данных о трехмерной структуре имплантата создавали виртуальную модель матрицы, которая использовалась в последующем для его изготовления из костнозамещающего материала. После этого ее отправляли (через USB кабель) на FDM 3D принтер для производства (рис. 3, 4).

По завершении трехмерной печати в созданную матрицу импактировали в жидком виде костнозамещающее вещество. Когда оно отвердевало, матрицу разбирали. В результате чего оставался имплантат, который после стерилизации передавали в операционную.

При обширных дефектах (более 5 см²) вместе с костнозамещающим материалом использовалась измельченная аллокость, изготавливаемая по стандартным методикам из аллотрансплантатов, применяемых в учреждении. По показаниям производился остеосинтез металлоконструкциями с целью армирования поврежденного участка костной ткани и предотвращения переломов в послеоперационном периоде. Для этого применялись погружные имплантаты – пластины, интрамедуллярные стержни. Радикальное удаление новообразования проверялась с использованием экспресс-исследования тканей с концов опилов.

При создании индивидуальных имплантатов использовался костный цемент (полиметилметакрилат) или разработанное с участием ФГБУ «Приволжский федеральный медицинский исследовательский центр» костнозамещающее вещество «Рекост» [15]. Выбор материала для изготовления имплантата осуществлялся рандомизированно с применением методики «четных и нечетных номеров историй болезни» (табл. 1, 2).

Рис. 3. Изготовление матрицы на 3D принтере (Makerbot replicator 2, USA)

Рис. 4. Матрица для индивидуального имплантата

Таблица 1

Распределение пациентов в зависимости от заболевания и используемых материалов для создания имплантатов

Классификация	Диагноз	Используемые материалы	
		Костный цемент	«Рекост»
Доброкачественные новообразования	Энхондрома	1	5
	Остеобластокластома	1	1
	Неостеогенная фиброма	1	1
	Солидарные костные кисты	2	1
Злокачественные новообразования	Остеогенная саркома	1	1
	Метастазы рака молочной железы, предстательной железы или легких	5	2
Итого		11	11

Таблица 2

Распределение пациентов в зависимости от локализации поражения и используемых материалов для создания имплантатов

Локализация поражения	Используемые материалы		Итого
	Костный цемент	«Рекост»	
Плечевая кость	7	4	11
Локтевая кость	2	2	4
Лучевая кость	2	5	7
Всего	11	11	22

При клиническом обследовании пациентов использовались следующие опросники: «The Short Form-36» [18], «Musculoskeletal Tumor Society» (MSTS) [19] и «Visual analog scale» (VAS) [20].

Обследование всех пациентов производилось до операции и на контрольном осмотре через 1 год после нее.

Исследование выполнено в соответствии с этическими принципами, предъявляемыми Хельсинкской Декларацией Всемирной Медицинской Ассоциации (World Medical Association Declaration of Helsinki

(1964, 2011 – поправки)) и "Правилами клинической практики в Российской Федерации", утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266.

Статистическая оценка данных выполнялась с помощью программы Statistica 6.1. Результаты представлены в виде $M \pm \sigma$, где M – среднее арифметическое, σ – стандартное отклонение. Оценка достоверности различий между группами проводилась с помощью U-критерия Манна-Уитни. За достоверные данные принимали отличия при уровне вероятности $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

При обследовании пациентов через 1 год после оперативного лечения у всех отмечалась положительная динамика в виде уменьшения интенсивности или отсутствия болевого синдрома, увеличения объема движений в суставах поврежденной верхней конечности, улучшения качества их жизни.

Пациенты, которым выполнялось оперативное лечение злокачественных новообразований, вернулись к обычной жизни и трудовой деятельности в 44 % случаев (4 больных). Частичное восстановление функции верхних конечностей наблюдалось у 5 (56 %) пациентов. После проведенного анкетирования пациентов с использованием «The Short Form-36» результаты по показателю «Physical Functioning» со-

ставили $18,4 \pm 2,1$ балла (до операции $4,9 \pm 1,7$ балла), «Mental Health» – $20,9 \pm 2,3$ балла (до операции $5,3 \pm 2,2$ балла).

По результатам обследования пациентов с доброкачественными опухолями по «The Short Form-36» общие показатели составили для «Physical Functioning» $30,3 \pm 7,4$ балла (до операции $11,6 \pm 2,9$ балла), для «Mental Health» – $40,7 \pm 6,2$ балла (до операции $16,5 \pm 3,3$ балла). Вернуться к обычной жизни и трудовой деятельности смогли все пациенты.

Статистически значимое ($p < 0,05$) улучшение показателей после оперативного лечения во всех группах наблюдалось также по результатам анкетирования пациентов по «VAS», «MSTS» (табл. 3).

Результаты анкетирования пациентов до и после оперативного вмешательства

Анкета		Доброкачественные образования		Злокачественные образования	
		до операции	через 12 месяцев после операции	до операции	через 12 месяцев после операции
The Short Form-36	«Рекост»	30,6 ± 6,9	73,7 ± 7,2	9,1 ± 3,5	37,0 ± 3,2
	Костный цемент	25,3 ± 5,1	69,2 ± 5,9	11,2 ± 4,2	41,4 ± 5,3
	По всей группе	28,1 ± 6,1	71,4 ± 6,6	10,2 ± 3,8	39,2 ± 4,3
MSTS	«Рекост»	27,1 ± 5,4	61,9 ± 6,5	10,2 ± 5,1	39,5 ± 6,9
	Костный цемент	24,2 ± 3,6	68,3 ± 10,2	13,1 ± 7,7	44,1 ± 3,5
	По всей группе	25,7 ± 4,3	65,1 ± 8,3	11,7 ± 6,5	41,8 ± 5,2
VAS	«Рекост»	5,3 ± 1,2	2,1 ± 1,8	8,1 ± 1,3	5,3 ± 1,1
	Костный цемент	6,1 ± 2,3	2,8 ± 1,1	7,2 ± 1,2	4,2 ± 1,6
	По всей группе	5,7 ± 1,8	2,5 ± 1,5	7,7 ± 1,3	4,8 ± 1,4

Примечание. The Short Form-36, VAS – результат оценивается в баллах. MSTS – результат оценивается в %.

Для проверки гипотезы об улучшении показателей по всем шкалам после оперативного лечения использовался U-критерий Манна-Уитни. В группе в целом и в подгруппах, сформированных по используемому материалу для создания имплантатов, получен статистически значимый прирост показателей по «MSTS», «The Short Form-36» и снижение по «VAS» ($p < 0,05$). При сравнении подгрупп статистически значимых различий в зависимости от используемого материала получено не было ($p > 0,05$).

По данным рентгенографии верхних конечностей у пациентов в отдаленном послеоперационном периоде миграции имплантатов диагностировано не было. По данным компьютерной-томографии выявлено наличие краевой остеointеграции у 4 (36 %) пациентов, которым было выполнено замещение дефектов с использованием имплантата из разработанного костнозамещающего материала «Рекост». Из них у двух выполнялась операция по поводу энхондромы, у одного – костной кисты, у одного – метастаза рака молочной железы.

Для демонстрации результатов оперативного лечения онкопатологии верхних конечностей с использованием персонифицированных имплантатов из костезамещающего вещества, созданных по разработанной технологии, приводится два клинических примера.

Клинический пример № 1. Пациент К., 58 лет.

Диагноз: метастатическое поражение правой плечевой кости в верхней трети. Аденокарцинома простаты. Жалобы на боль, нарушение функции правой верхней конечности. Объем движений в правом плечевом суставе: экстензия/флексия – $5^\circ/0^\circ/30^\circ$, абдукция/аддукция – $30^\circ/0^\circ/10^\circ$, ротация кнаружи/ротация кнутри – $5^\circ/0^\circ/10^\circ$. Результаты обследования пациента до операции с использованием опросников: «VAS» – 8 баллов, «The Short Form-36» – 38 баллов, «MSTS» – 25 %. По данным рентгенографии выявлено наличие патологического образования в верхней трети правой плечевой кости (рис. 5).

Выполнена сегментарная резекция патологического очага с последующей костной пластикой образовавшегося дефекта индивидуальным имплантатом из костного цемента и фиксацией интрамедулярным стержнем UHN (рис. 6).

Послеоперационный период протекал без осложнений. Контрольное обследование произведено через 1 год после операции. При анкетировании по «VAS» – 3 балла, «The Short Form-36» – 70 баллов, «MSTS» – 75 %. Объем движений в правом плечевом суставе: экстензия/флексия – $5^\circ/0^\circ/90^\circ$, абдукция/аддукция – $70^\circ/0^\circ/20^\circ$, ротация кнаружи/ротация кнутри – $20^\circ/0^\circ/20^\circ$.

Рис. 5. Рентгенограммы правой плечевой кости до операции

Рис. 6. Рентгенограммы правой плечевой кости через 1 год после операции

Клинический пример № 2. Пациентка Б., 55 лет. Диагноз: патологический перелом левого плеча. Метастаз рака правой молочной железы. Жалобы при поступлении на боль, нарушение функции левой верхней конечности. Травмы в анамнезе не было. Результаты анкетирования пациентки до операции: «VAS» – 8 баллов, «The Short Form-36» – 39 баллов, «MSTS» – 15 %. Движения в левом плечевом суставе невозможны из-за выраженного болевого синдрома. По данным рентгенографии – наличие патологического перелома на границе верхней и средней трети диафиза левой плечевой кости (рис. 7).

Выполнено удаление патологического очага с последующей костной пластикой дефекта индивидуальным имплантатом из костнозамещающего вещества «Рекост», который является рентгенонегативным. Для фиксации использовался интрамедуллярный стержень UHN (рис. 8).

Послеоперационный период протекал без осложнений. На контрольном осмотре пациентки через 1 год после операции: «VAS» – 3 балла, «The Short Form-36» – 71 балл, «MSTS» – 67 %. Объем движений в левом плечевом суставе: экстензия/флексия – $5^{\circ}/0^{\circ}/80^{\circ}$,

абдукция/аддукция – $60^{\circ}/0^{\circ}/20^{\circ}$, ротация кнаружи/ротация кнутри – $15^{\circ}/0^{\circ}/20^{\circ}$.

Рис. 7. Рентгенограммы левой плечевой кости до операции

Рис. 8. Рентгенограммы левой плечевой кости через 1 год после операции

ДИСКУССИЯ

Одной из актуальных проблем лечения костной онкопатологии является замещение образовавшегося после удаления опухоли дефекта. Применение с этой целью аутотрансплантатов имеет следующие недостатки: необходимость интраоперационного моделирования, ограниченность в объеме трансплантата, травматизация донорского участка. Применение ксено- и аллотрансплантатов обуславливает необходимость наличия костного банка с его постоянным пополнением, высокую вероятность развития гистонесовместимости тканей. Также при их использовании частота некрозов достигает 33 %. Кроме того, при применении биологических трансплантатов необходима длительная иммобилизация, и отсутствует возможность раннего функционального лечения [1, 3, 21–23]. Также используются онкологические эндопротезы, применение которых сопряжено с высоким риском развития асептической нестабильности и некротических процессов в месте контакта с костью, необходимостью в ревизионных оперативных вмешательствах [22, 24]. Имеющиеся методики и технологии изготовления имплантатов не обеспечивают возможность их моделирования и топологической адаптации с прецизионным соответствием физическим и объемным параметрам замещаемого дефекта, создание

их из костнозамещающего материала для оперативного лечения костной онкопатологии с поражением крупного сегмента конечности [16, 17]. Использование разработанной технологии в создании индивидуальных имплантатов позволило избежать этих недостатков.

Применение матриц в производстве имплантатов из костного цемента обеспечило отсутствие термического повреждения костной ткани пациента, которое возникает при застывании данного материала.

Учитывая отсутствие статистически достоверных различий при оценке клинических результатов лечения пациентов с применением имплантатов из костного цемента и разработанного костнозамещающего вещества, наличие краевой остеоинтеграции у 4 (36 %) человек, мы считаем, что «Рекост» может являться приоритетным в выборе материала для создания индивидуальных имплантатов.

Отсутствие рентгенологических признаков миграции имплантатов, по нашему мнению, обусловлено не только стабильной фиксацией металлоконструкциями, но и эластичной компрессией костной тканью пациента, благодаря разработанной технологии изготовления имплантатов, позволяющих прецизионно заместить костный дефект.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование персонифицированных имплантатов, создаваемых с применением трехмерной печати по разработанной технологии, позволяет прецизионно и одномоментно заместить костные дефекты любой формы, сложности и размеров, возникающие после удаления опухоли, упростить технику оперативного вмешательства. Применение матриц обеспечивает возможность создания имплантатов из любых костезамещающих материалов, имеющих жидкую стадию в процессе затвердевания, позволяет избежать термического повреждения тканей организма костным цементом. У всех пациентов после оперативного лечения отме-

чалась положительная динамика в виде уменьшения интенсивности или полного отсутствия болевого синдрома, улучшения показателей по результатам анкетирования по «MSTS», «The Short Form-36» и «VAS». Хирургическое лечение больных с онкопатологией плечевой, локтевой и лучевой костей с использованием одномоментной костной пластики образовавшихся дефектов индивидуальными имплантатами из костнозамещающего вещества, изготовленными с применением технологий трехмерной печати, является одним из эффективных методов улучшения функции пораженной верхней конечности и качества жизни пациентов.

ЛИТЕРАТУРА

- Алиев М.Д., Сушенцов Е.А. Современная онкоортопедия // Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи. 2012. № 4. С. 3-10.
- Вывра О.Е., Бурлака В.В., Михановский Д.А. Индивидуальное эндопротезирование при лечении злокачественных опухолей костей верхней конечности // Ортопедия, травматология и протезирование. 2011. № 2. С. 71–75.
- Семинар по костной патологии. Классическая остеосаркома. Новое или хорошо забытое старое? / Д.В. Рогожин, И.В. Булычева, Н.Е. Кушлинский, Ю.Н. Соловьев, F. Bertoni, P. Bacchini, A.H. Казакова // Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи. 2014. № 2. С. 9-18.
- Карпенко В.Ю., Державин В.А., Бухаров А.В. Эндопротезирование плечевого сустава при опухолевом поражении проксимального отдела плечевой кости // Исследования и практика в медицине. 2015. Т. 2, № 2. С. 15-23.
- Усманова Е.Б., Сушенцов Е.А., Щелкова О.Ю. Качество жизни пациентов с опухолями костей // Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи. 2015. № 1. С. 55-61.
- Специализированная помощь больным со злокачественными и доброкачественными опухолями костей скелета. 10-летний анализ по материалам Казахского НИИ онкологии и радиологии / Г.А. Серикбаев, Ж.О. Мауленов, Д.А. Тулеуова, А.К. Курманалиев, Г.С. Ахметова // Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи. 2015. № 4. С. 36-41.
- Балаев П.И., Люлин С.В., Мещерягина И.А. Малоинвазивные хирургические вмешательства в лечении больных с метастатическим поражением позвоночника // Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи. 2016. № 3. С. 22-26.
- Радченко А.И., Жуковец А.Г., Богдаев Ю.М. Результаты хирургического лечения патологических переломов длинных трубчатых костей у пациентов, страдающих раком молочной железы // Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи. 2016. № 3. С. 11-14.
- Тепляков В.В., Алиев М.Д. Руководство по онкологии / под ред. В.И. Чиссова, С.Л. Дарьяловой. М., 2008. С. 680-693.
- Опыт эндопротезирования крупных суставов при опухолях костей в Самарской области / Г.П. Котельников, А.Е. Орлов, В.В. Стадлер, Р.В. Хобта, Д.А. Огурцов, В.В. Иванов, А.Н. Николаенко, С.А. Приходько // Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи. 2016. № 2. С. 11-16.
- Остеобластома / А.Б. Блудов, А.В. Федорова, Я.А. Щипахина, А.С. Неред, Н.В. Кочергина // Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи. 2015. № 4. С. 20-30.
- Карякин Н.Н., Горбатов Р.О. Прецизионные персонифицированные направлятели для эндопротезирования коленного сустава // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 5. С. 23-31. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=25134> (дата обращения: 10.03.2017).

13. Возможности улучшения функции и косметики культи пальцев кисти методом оссеоинтеграции / А.А. Корюков, А.В. Губин, В.П. Кузнецов, Д.Ю. Борзунов, А.В. Антипов, Е.Н. Овчинников, А.В. Резник, А.А. Еманов, О.Н. Владимиров / Гений ортопедии. 2016. № 4. С. 22-28.
14. Способ изготовления индивидуализированного прецизионного биоимпланта для одномоментного замещения костных дефектов: пат. 2598769 Рос. Федерация. № 2015130372/14; заявл. 22.07.15; опубл. 27.09.16, Бюл. № 27. 5 с.
15. Костнозамещающий материал: пат. 2518753 Рос. Федерация. № 2012152201/15; заявл. 04.12.12; опубл. 10.06.14, Бюл. № 16. 9 с.
16. One-step reconstruction with a 3D-printed, biomechanically evaluated custom implant after complex pelvic tumor resection / K.C. Wong, S.M. Kumta, N.V. Geel, J. Demol // Comput. Aided Surg. 2015. Vol. 20, No 1. P.14-23. doi: 10.3109/10929088.2015.1076039.
17. Reconstruction of the upper cervical spine using a personalized 3D-printed vertebral body in an adolescent with Ewing sarcoma / N. Xu, F. Wei, X. Liu, L. Jiang, H. Cai, Z. Li, M. Yu, F. Wu, Z. Liu // Spine. 2016. Vol. 41, No 1. P. E50-E54. doi: 10.1097/BRS.0000000000001179.
18. Ware J.E. SF-36 physical and mental health summary scales: a user's manual. Boston: Health Institute, New England Medical Center, 1994.
19. Enneking W.F., Spanier S.S., Goodman M.A. A system for the surgical staging of musculoskeletal sarcoma // Clin. Orthop. Relat. Res. 1980. No 153. P. 106-120.
20. Comparison of fixed interval and visual analogue scales for rating chronic pain / C.R. Joyce, D.W. Zutshi, V. Hrubes, R.M. Mason // Eur. J. Clin. Pharmacol. 1975. Vol. 8, No 6. P. 415-420.
21. The use of bone graft substitutes in large cancellous voids: any specific needs? / O. Faour, R. Dimitriou, C.A. Cousins, P.V. Giannoudis // Injury. 2011. Vol. 42, Suppl. 2. P. S87-S90. doi: 10.1016/j.injury.2011.06.020.
22. Gosal G.S., Boparai A., Makkar G.S. Long-term outcome of endoprosthetic replacement for proximal femur giant cell tumor // Niger. J. Surg. 2015. Vol. 21, No 2. P. 143-145. doi: 10.4103/1117-6806.162583.
23. Reconstruction using massive allografts after resection of extremity osteosarcomas the study design: A retrospective cohort study / G. Han, Y. Wang, W. Bi, J. Jia, W. Wang, M. Xu, X. Zheng, L. Mei, M. Yang // Int. J. Surg. 2015. Vol. 21. P. 108-111. doi: 10.1016/j.ijsu.2015.07.686.
24. Peri-prosthetic fractures around tumor endoprostheses: a retrospective analysis of eighteen cases / N. Barut, P. Anract, A. Babinet, D. Biau // Int. Orthop. 2015. Vol. 39, No 9. P. 1851-1856. doi: 10.1007/s00264-015-2915-3.

REFERENCES

1. Aliev M.D., Sushentsov E.A. Sovremennaya onkootopediya [Modern oncological orthopedics]. *Sarkomy kostei, miagkikh tkanei i opukholi kozhi*, 2012, no. 4, pp. 3-10. (In Russian)
2. Vyryva O.E., Burlaka V.V., Mikhaylovskii D.A. Individual'noe endoprotezirovaniye pri lechenii zlokachestvennykh opukholei kostei verkhnei konechnosti [Individual arthroplasty in treatment of malignant tumors of the upper limb bones]. *Ortopediya, Travmatologiya i Protezirovaniye*, 2011, no. 2, pp. 71-75. (In Russian)
3. Rogozhin D.V., Bulycheva I.V., Kushlinskii N.E., Solov'ev Iu.N., Bertoni F., Bacchini P., Kazakova A.N. Seminar po kostnoi patologii. Klassicheskaya osteosarkoma. Novoe ili khorosho zabytoe staroe? [Seminar on bone pathology. Classic osteosarcoma. New or well forgotten old?]. *Sarkomy kostei, miagkikh tkanei i opukholi kozhi*, 2014, no. 2, pp. 9-18. (In Russian)
4. Karpenko V.Iu., Derzhavin V.A., Bukharov A.V. Endoprotezirovaniye plechevogo sustava pri opukholevom porazhenii proksimal'nogo otdela plechevoi kosti [Arthroplasty of the shoulder for tumorous involvement of the proximal humerus]. *Issledovaniya i praktika v meditsine*, 2015, vol. 2, no. 2, pp. 15-23. (In Russian)
5. Usmanova E.B., Sushentsov E.A., Shchelkova O.Iu. Kachestvo zhizni patsientov s opukholiyami kostei [Quality of life in patients with bone tumors]. *Sarkomy kostei, miagkikh tkanei i opukholi kozhi*, 2015, no. 1, pp. 55-61. (In Russian)
6. Serikbaev G.A., Maulenov Zh.O., Tuleuova D.A., Kurmanaliyev A.K., Akhmetova G.S. Spetsializirovannaya pomoshch' bol'nym so zlokachestvennymi i dobrokachestvennymi opukholiyami kostei skeleta. 10-letniy analiz po materialam Kazakhskogo NII onkologii i radiologii [Specialized care for patients with malignant and benign tumors of skeletal bones. 10-year analysis by the materials of Kazakh Scientific Research Institute of Oncology and Radiology]. *Sarkomy kostei, miagkikh tkanei i opukholi kozhi*, 2015, no. 4, pp. 36-41. (In Russian)
7. Balaev P.I., Liulin S.V., Meshcheriagina I.A. Maloinvazivnye khirurgicheskie vmeshatel'stva v lechenii bol'nykh s metastaticheskimi porazheniyami pozvonochnika [Little-invasive surgical interventions in the treatment of patients with metastatic involvement of the spine]. *Sarkomy kostei, miagkikh tkanei i opukholi kozhi*, 2016, no. 3, pp. 22-26. (In Russian)
8. Radchenko A.I., Zhukovets A.G., Bogdaev Iu.M. Rezul'taty khirurgicheskogo lecheniya patologicheskikh perelomov dlinnykh trubchatykh kostei u patsientok, stradayushchikh rakom molochnoi zhelezy [Results of surgical treatment of pathological fractures of long tubular bones in female patients with mammary gland cancer]. *Sarkomy kostei, miagkikh tkanei i opukholi kozhi*, 2016, no. 3, pp. 11-14. (In Russian)
9. Teplakov V.V., Aliev M.D. Rukovodstvo po onkologii / pod red. V.I. Chissova, S.L. Dar'yalovoi [Chissova V.I., Dar'yalova S.L., eds. Guidelines for oncology]. M., 2008, pp. 680-693. (In Russian)
10. Kotelnikov G.P., Orlov A.E., Stadler V.V., Khobta R.V., Ogurtsov D.A., Ivanov V.V., Nikolaenko A.N., Prihod'ko S.A. Opyt endoprotezirovaniya krupnykh sustavov pri opukholiyakh kostei v Samarskoi oblasti [Experience in arthroplasty of large joints for bone tumors in the Samara region]. *Sarkomy kostei, miagkikh tkanei i opukholi kozhi*, 2016, no. 2, pp. 11-16. (In Russian)
11. Bludov A.B., Fedorova A.V., Shchipakhina I.A., Nered A.S., Kochergina N.V. Osteoblastoma [Osteoblastoma]. *Sarkomy kostei, miagkikh tkanei i opukholi kozhi*, 2015, no. 4, pp. 20-30. (In Russian)
12. Kariakin N.N., Gorbato R.O. Pretsizionnye personalizirovannye napraviteli dlia endoprotezirovaniya kolennogo sustava [Precision personalized guides for the knee arthroplasty]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2016, No 5, pp. 23-31. (In Russian) Available at: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=25134> (accessed 10.03.2017).
13. Koriukov A.A., Gubin A.V., Kuznetsov V.P., Borzunov D.Iu., Antipov A.V., Ovchinnikov E.N., Reznic A.V., Emanov A.A., Vladimirova O.N. Vozmozhnosti uluchsheniya funktsii i kosmetiki kul'tei pal'tsev kisti metodom osseointegratsii [Possibilities of improving the function and esthetic appearance of finger stumps using the method of osseointegration]. *Genij Ortopedii*, 2016, no. 4, pp. 22-28. (In Russian)
14. Gorbato R.O. *Sposob izgotovleniya individualizirovannogo pretsizionnogo bioimplanta dlia odnomomentnogo zameshcheniya kostnykh defektov* [The way to make the individualized precision bioimplant for acute filling of bone defects]. Patent RF, no. 2598769, 2016. (In Russian)
15. Kolmogorov Iu.N., Uspenskii I.V., Sliniakov A.Iu., Novikov A.E. *Kostnozameshchayushchii material* [Bone-substitute material]. Patent RF, no. 2518753, 2014. (In Russian)
16. Wong K.C., Kumta S.M., Geel N.V., Demol J. One-step reconstruction with a 3D-printed, biomechanically evaluated custom implant after complex pelvic tumor resection. *Comput. Aided Surg.*, 2015, vol. 20, no. 1, pp.14-23. doi: 10.3109/10929088.2015.1076039.
17. Xu N., Wei F., Liu X., Jiang L., Cai H., Li Z., Yu M., Wu F., Liu Z. Reconstruction of the upper cervical spine using a personalized 3D-printed vertebral body in an adolescent with Ewing sarcoma. *Spine*, 2016, vol. 41, no. 1, pp. E50-E54. doi: 10.1097/BRS.0000000000001179.
18. Ware J.E. SF-36 physical and mental health summary scales: a user's manual. Boston, Health Institute, New England Medical Center, 1994.
19. Enneking W.F., Spanier S.S., Goodman M.A. A system for the surgical staging of musculoskeletal sarcoma. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 1980, no. 153, pp. 106-120.
20. Joyce C.R., Zutshi D.W., Hrubes V., Mason R.M. Comparison of fixed interval and visual analogue scales for rating chronic pain. *Eur. J. Clin. Pharmacol.*, 1975, vol. 8, no. 6, pp. 415-420.

21. Faour O., Dimitriou R., Cousins C.A., Giannoudis P.V. The use of bone graft substitutes in large cancellous voids: any specific needs? *Injury*, 2011, vol. 42, Suppl. 2, pp. S87-S90. doi: 10.1016/j.injury.2011.06.020.
22. Gosal G.S., Boparai A., Makkar G.S. Long-term outcome of endoprosthetic replacement for proximal femur giant cell tumor. *Niger. J. Surg.*, 2015, vol. 21, no. 2, pp. 143-145. doi: 10.4103/1117-6806.162583.
23. Han G., Wang Y., Bi W., Jia J., Wang W., Xu M., Zheng X., Mei L., Yang M. Reconstruction using massive allografts after resection of extremity osteosarcomas the study design: A retrospective cohort study. *Int. J. Surg.*, 2015, vol. 21, pp. 108-111. doi: 10.1016/j.ijss.2015.07.686.
24. Barut N., Anract P., Babinet A., Biau D. Peri-prosthetic fractures around tumor endoprostheses: a retrospective analysis of eighteen cases. *Int. Orthop.*, 2015, vol. 39, no. 9, pp. 1851-1856. doi: 10.1007/s00264-015-2915-3.

Рукопись поступила 16.03.2017

Сведения об авторах:

1. Карякин Николай Николаевич – Федеральное государственное бюджетное учреждение «Приволжский федеральный медицинский исследовательский центр» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Нижний Новгород, Россия, директор, д. м. н.
2. Горбатов Роман Олегович – Федеральное государственное бюджетное учреждение «Приволжский федеральный медицинский исследовательский центр» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Нижний Новгород, Россия, врач травматолог-ортопед травматолого-ортопедического отделения, руководитель лаборатории аддитивных технологий; Email: gorbатов.ro@yandex.ru
3. Новиков Антон Евгеньевич – Федеральное государственное бюджетное учреждение «Приволжский федеральный медицинский исследовательский центр» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Нижний Новгород, Россия, врач онколог, врач травматолог-ортопед травматолого-ортопедического отделения, научный сотрудник научно-клинического отдела
4. Нифтуллаев Руслан Мирмамед оглы – Федеральное государственное бюджетное учреждение «Приволжский федеральный медицинский исследовательский центр» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Нижний Новгород, Россия, врач-ординатор по специальности «травматология-ортопедия»

Information about the authors:

1. Nikolai N. Karyakin, M.D., Ph.D., Director of Privolzhsky Federal Research Medical Centre, Nizhny Novgorod, Russia; Email: drkaryakinnn@mail.ru
2. Roman O. Gorbатов, M.D., Privolzhsky Federal Research Medical Centre, Nizhny Novgorod, Russia, Department of Traumatology and Orthopaedics, Head of the Laboratory of Additive Technologies, Corresponding author: gorbатов.ro@yandex.ru
3. Anton E. Novikov, M.D., Privolzhsky Federal Research Medical Centre, Nizhny Novgorod, Russia, Department of Traumatology and Orthopaedics, Scientific and Clinical Department; Email: a.e.novikov1973@gmail.com
4. Ruslan M. Niftullaev, M.D., Privolzhsky Federal Research Medical Centre, Nizhny Novgorod, Russia; Email: ruslanniftullaev53@gmail.com