

# ПРИМЕНЕНИЕ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ И КОМПЬЮТЕРНОЙ НАВИГАЦИИ В ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ С ДОБРОКАЧЕСТВЕННЫМИ ОПУХОЛЯМИ И ОПУХОЛЕПОДОБНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ТРУБЧАТЫХ КОСТЕЙ СКЕЛЕТА

DOI: 10.17691/stm2017.9.3.08  
УДК 616.71–006.3–089–004.94  
Поступила 29.12.2016 г.



**С.А. Приходько**, аспирант кафедры травматологии, ортопедии и экстремальной хирургии им. академика РАН А.Ф. Краснова;  
**Г.П. Котельников**, д.м.н., профессор, академик РАН, зав. кафедрой травматологии, ортопедии и экстремальной хирургии имени академика РАН А.Ф. Краснова;  
**А.Н. Николаенко**, к.м.н., ассистент кафедры травматологии, ортопедии и экстремальной хирургии им. академика РАН А.Ф. Краснова;  
**С.С. Чаплыгин**, к.м.н., доцент кафедры оперативной хирургии, клинической анатомии с курсом инновационных технологий;  
**В.В. Иванов**, к.м.н., ассистент кафедры травматологии, ортопедии и экстремальной хирургии им. академика РАН А.Ф. Краснова;  
**Н.В. Попов**, к.м.н., ассистент кафедры стоматологии детского возраста;  
**П.М. Зельтер**, к.м.н., ассистент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии с курсом медицинской информатики;  
**А.В. Колсанов**, д.м.н., профессор, зав. кафедрой оперативной хирургии, клинической анатомии с курсом инновационных технологий

Самарский государственный медицинский университет, Самара, 443099, ул. Чапаевская, 89

**Цель исследования** — оценить возможности применения 3D-моделирования и компьютерной навигации в лечении доброкачественных опухолей и опухолеподобных заболеваний трубчатых костей скелета.

**Материалы и методы.** В исследование вошли 19 пациентов с доброкачественными опухолями и опухолеподобными заболеваниями трубчатых костей скелета, которые были разделены на две группы. Основную группу составили 10 пациентов, которым на этапе предоперационного планирования в дополнение к рентгенографии и компьютерной томографии выполняли построение трехмерной модели пораженного сегмента кости. Оперативное лечение проводили с применением навигационной системы. В контрольную группу вошли 9 пациентов, которым на этапе предоперационного планирования выполняли только рентгенографию и компьютерную томографию пораженного сегмента.

**Результаты.** Применение 3D-моделирования в диагностике и компьютерной навигации в ходе хирургического лечения доброкачественных опухолей и опухолеподобных заболеваний трубчатых костей позволило сократить время операции с  $121,5 \pm 11,3$  до  $81,1 \pm 9,7$  мин, интраоперационную кровопотерю — с  $718,7 \pm 43,2$  до  $364,2 \pm 28,4$  мл, интенсивность болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале — с  $7,6 \pm 1,9$  до  $5,3 \pm 1,2$  баллов. Данного результата удалось добиться путем разработки интуитивно простой для оператора системы пространственной ориентации в операционном поле в режиме реального времени, проведения более точных и дозированных хирургических манипуляций, более точного расчета необходимого объема трансплантата, что сводит к минимуму травматизацию донорской области, оказывая положительное влияние на снижение послеоперационного болевого синдрома.

**Заключение.** Использование 3D-моделирования и компьютерной навигации для лечения пациентов с доброкачественными

Для контактов: Николаенко Андрей Николаевич, e-mail: nikolaenko.83@inbox.ru

опухолями и опухолеподобными заболеваниями трубчатых костей позволяет улучшить ближайшие результаты хирургического лечения, тем самым способствуя скорейшей социальной и функциональной адаптации пациентов.

**Ключевые слова:** доброкачественные опухоли костей; 3D-моделирование внутрикостной резекции; компьютерная навигация при операционном доступе; онкоортопедия.

**Как цитировать:** Prikhod'ko S.A., Kotelnikov G.P., Nikolayenko A.N., Chaplygin S.S., Ivanov V.V., Popov N.V., Zelter P.M., Kolsanov A.V. Surgical treatment of patients with benign tumors and tumor-like diseases of tubular bones using 3D modeling and computer navigation. *Sovremennye tehnologii v medicine* 2017; 9(3): 64–70, <https://doi.org/10.17691/stm2017.9.3.08>

## English

## Surgical Treatment of Patients with Benign Tumors and Tumor-Like Diseases of Tubular Bones Using 3D Modeling and Computer Navigation

**S.A. Prikhod'ko**, PhD Student, Department of Traumatology, Orthopedics and Extreme Surgery named after Academician of the Russian Academy of Sciences A.F. Krasnov;

**G.P. Kotelnikov**, MD, DSc, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Traumatology, Orthopedics and Extreme Surgery named after Academician of the Russian Academy of Sciences A.F. Krasnov;

**A.N. Nikolayenko**, MD, PhD, Tutor, Department of Traumatology, Orthopedics and Extreme Surgery named after Academician of the Russian Academy of Sciences A.F. Krasnov;

**S.S. Chaplygin**, MD, PhD, Associate Professor, Department of Operative Surgery and Clinical Anatomy with the Course of Innovative Technology;

**V.V. Ivanov**, MD, PhD, Tutor, Department of Traumatology, Orthopedics and Extreme Surgery named after Academician of the Russian Academy of Sciences A.F. Krasnov;

**N.V. Popov**, MD, PhD, Tutor, Department of Pediatric Dentistry;

**P.M. Zelter**, MD, PhD, Tutor, Department of Radio-Diagnosis and Radiotherapy with the Course of Medical Informatics;

**A.V. Kolsanov**, MD, DSc, Professor, Head of the Department of Operative Surgery and Clinical Anatomy with the Course of Innovative Technology

Samara State Medical University, 89 Chapaevskaya St., Samara, 443099, Russian Federation

**The aim of the investigation** was to evaluate the possibilities of applying 3D modeling and computer navigation in treatment of benign tumors and tumor-like diseases of tubular bones.

**Materials and Methods.** The study involved 19 patients with benign tumors and tumor-like diseases of tubular bones of the skeleton, who were divided into two groups. The main group comprised 10 patients in whom three-dimensional models of affected bone segments were created in addition to radiography and computed tomography at the stage of preoperative planning. Surgical treatment was carried out using a navigation system. The control group included 9 patients who underwent only radiography and computed tomography of the affected segment at the stage of preoperative planning.

**Results.** The use of 3D modeling in diagnosis and computer navigation in surgical treatment of benign tumors and tumor-like diseases of tubular bones helped to reduce the time of surgery from  $121.5 \pm 11.3$  to  $81.1 \pm 9.7$  min, intraoperative blood loss from  $718.7 \pm 43.2$  to  $364.2 \pm 28.4$  ml, pain intensity by visual analogue scale from  $7.6 \pm 1.9$  to  $5.3 \pm 1.2$  scores. These results were achieved through the development of intuitively simple for the operator system of real-time spatial orientation in the operating field, more accurate and measured surgical procedures, precise calculation of the required transplant volume, which minimized trauma to the donor area and contributed to reducing postoperative pain.

**Conclusion.** The use of 3D modeling and computer navigation in treatment of patients with benign tumors and tumor-like diseases of tubular bones provides the possibility to improve immediate results of surgical treatment promoting fast social and functional adaptation of patients.

**Key words:** benign bone tumors; 3D modeling of intraosseous resection; computer navigation for surgical access; oncoorthopedics.

Основным методом лечения доброкачественных опухолей и опухолеподобных заболеваний трубчатых костей является хирургический, при этом предпочте-

ние отдается органосохраняющим методам, применение которых возможно при различных вариантах внутрикостных резекций с соблюдением всех онколо-

гических принципов радикальности. Данные методы должны быть основаны на точном представлении о персонифицированной анатомии конкретного пациента, в том числе измененной опухолевым поражением. Статистические данные последних лет свидетельствуют о неуклонном интенсивном росте этой нозологии, что увеличивает актуальность данной проблемы. Чаще всего заболевают дети и лица молодого возраста, т.е. самый социально весомый и значимый контингент населения [1, 2].

Определяющее влияние на результаты оперативного вмешательства у данной категории пациентов оказывают предоперационное планирование и информационная и аппаратная поддержка операций [3–5].

Одним из обязательных обследований на этапе планирования оперативного вмешательства является выполнение компьютерной томографии для уточнения локализации, протяженности и объема опухолевого поражения [3, 6–8]. Без построения трехмерной модели зоны интереса представляется затруднительной оценка индивидуальных анатомо-топографических особенностей пациента и точный расчет объема замищаемого материала. Стандартным методом определения зоны оперативного вмешательства признана интраоперационная рентгенография [1, 2, 4], однако разрешающая способность данного способа не позволяет точно оценить объем и протяженность зоны костной резекции, кроме того, метод связан с дополнительной лучевой нагрузкой [9–12].

Перспективным направлением предоперационного планирования в настоящее время является использование 3D-моделирования зоны опухолевого поражения [9, 13]. Этот метод дает возможность выполнять интраоперационное сопровождение хирургических манипуляций с применением навигационной системы [3, 14, 15].

**Цель исследования** — оценить возможности оперативного лечения пациентов с доброкачественными опухолями и опухолеподобными заболеваниями трубчатых костей скелета с применением 3D-моделирования и компьютерной навигации.

**Материалы и методы.** В исследование вошли 19 пациентов с доброкачественными опухолями и опухолеподобными заболеваниями трубчатых костей скелета. Основную группу составили 10 пациентов, которым на этапе предоперационного планирования в дополнение к компьютерной томографии и рентгенографии выполняли построение трехмерной модели пораженного сегмента кости. Оперативное лечение проводили с применением компьютерно-ассистированной навигационной системы «Автоплан», разработанной в Центре прорывных исследований Самарского государственного медицинского университета [9].

Основной задачей навигационной системы является выбор правильного положения хирургического инструмента внутри пациента в текущий момент времени.

Контрольную группу составили 9 пациентов, которым на этапе предоперационного планирования вы-

полняли стандартную рентгенографию и компьютерную томографию пораженного сегмента кости [1].

Средний возраст пациентов составил 30,4±2,8 года в основной группе и 32,1±3,2 года — в контрольной группе ( $p>0,05$ ). Мужчин в основной группе было 4, женщин — 6; в контрольной группе 3 и 6 человек соответственно.

Распределение пациентов по локализации и нозологическим формам опухолевого поражения представлено в табл. 1.

Исследование проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией, принятой в июне 1964 г. (Хельсинки, Финляндия) и пересмотренной в октябре 2000 г. (Эдинбург, Шотландия), и одобрено Этическим комитетом Самарского государственного медицинского университета. От каждого пациента получено информированное согласие.

В основной группе предоперационное планирование и оперативное лечение проводили по следующему алгоритму. На дооперационном этапе выполняли рентгенографию с помощью аппарата Precision 500 D (GE Healthcare, США) и серию компьютерных томограмм с контрастным усилением на аппарате GE LightSpeed Ultra 16 Slice CT Scanner (США) с сохранением изображений в формате DICOM. Использовали изображения с изотропным разрешением 0,8–1,0 мм. Эти данные применяли для построения виртуальной трехмерной модели опухолевого очага. Полученная 3D-модель полностью соответствовала по форме, объему и протяженности существующему патологическому очагу, что позволяло планировать границы резекции кости с учетом принципов абластичности и рассчитывать необходимый объем пластического материала [16] (рис. 1).

Интраоперационно на основании костных ориентиров в навигационной системе с использованием спе-

Таблица 1

**Распределение пациентов по локализации поражения и нозологической форме опухолевого поражения, абс. числа**

Характеристики	Основная группа (n=10)	Контрольная группа (n=9)
<i>Локализация</i>		
Лучевая кость	1	1
Плечевая кость	4	5
Бедренная кость	3	2
Большеберцовая кость	2	1
<i>Нозологическая форма</i>		
Хондрома	5	5
Костная киста	2	1
Гигантоклеточная опухоль типичного строения	1	1
Фиброзная дисплазия	2	2



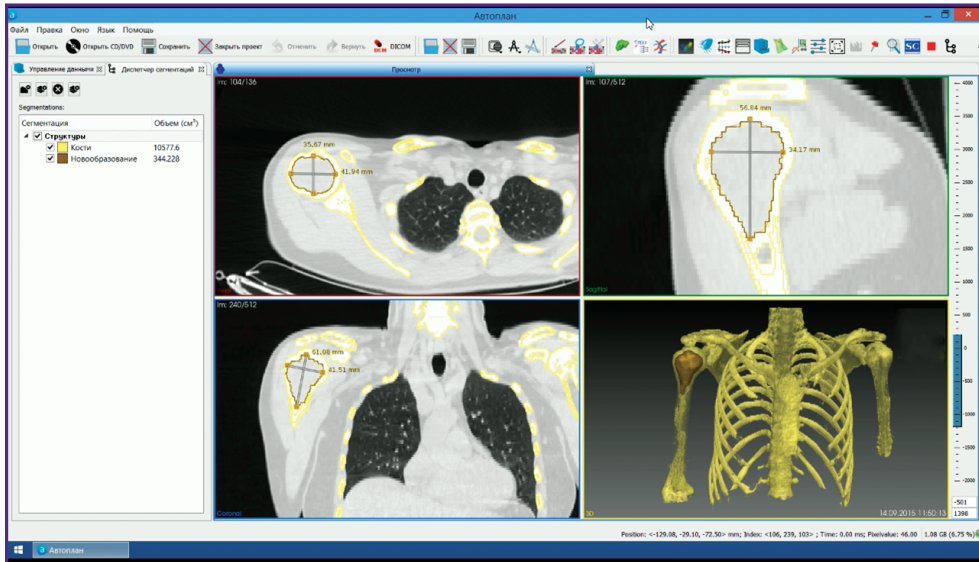


Рис. 1. Предоперационное планирование с использованием 3D-моделирования

циального маркера с отражающими сферами производили пространственную регистрацию зоны вмешательства (рис. 2).

Далее виртуальную модель костной опухоли совмещали с материальной основой на операционном столе. Таким образом, во время операции хирург получает данные о локализации и протяженности внутрикостного опухолевого процесса и имеет возможность точно контролировать выполнение манипуляций (рис. 3).

В результате внутрикостная резекция кости осуществляется в запланированных пределах [17, 18], а замещение дефекта происходит запланированным объемом трансплантата. Точность резекции составляет  $0,80 \pm 0,12$  мм. Сформировавшуюся полость после удаления опухолевой массы перед замещением дефекта с целью дополнительной аблации обрабатывали потоком низкотемпературной плазмы [19]. После костной пластики выполняли этап остеосинтеза. Препарат отправляли на гистологическое исследование.

Предоперационное планирование в контрольной группе осуществляли с помощью рентгенографии и компьютерной томографии пораженного сегмента кости. Определение границ резекции проводили интраоперационно с помощью рентгеноскопии. Основным недостатком данного способа считаем субъективность метода.

После этого дефект замещали трансплантатом, моделирование которого выполняли интраоперационно, забор материала проводили с помощью остеотома

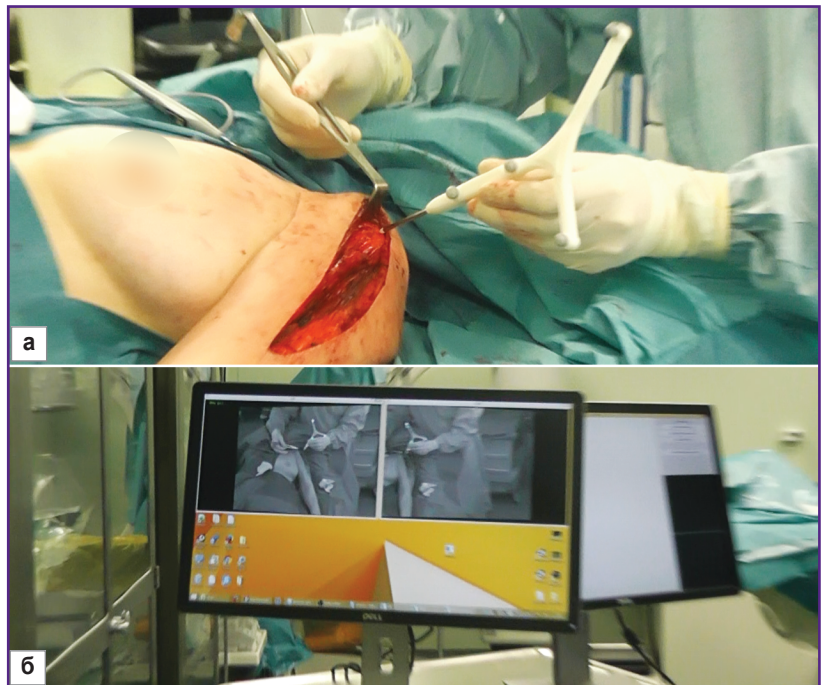


Рис. 2. Навигационная система «Автоплан»:

а — регистрация костного ориентира; б — изображения на экране навигационной системы

в донорской зоне (крыло подвздошной кости) [1–3].

Для оценки ближайших результатов использовали следующие критерии: длительность операции, объем интраоперационной кровопотери, интенсивность болевого синдрома в раннем послеоперационном периоде по визуально-аналоговой шкале (ВАШ). На 2–3-и сутки послеоперационного периода всем пациентам выполняли контрольную рентгенографию оперированной конечности в двух проекциях. При этом оценивали объем выполненной резекции, адекватность замеще-





Рис. 3. Определение линии предполагаемой резекции

ния дефекта и состояние металлоостеосинтеза. По показаниям проводили обследование донорской области костного трансплантата [19].

Статистическую обработку результатов осуществляли с помощью программы Statistica 9.0. Для изучаемых параметров производили вычисление средних арифметических величин ( $M \pm \sigma$ , где  $M$  — среднее арифметическое,  $\sigma$  — среднее квадратическое отклонение). Статистическую разницу между данными групп сравнения вычисляли с использованием критерия Стьюдента. Критическое значение уровня значимости считали при  $p < 0,05$ .

Эффективность предлагаемого метода оценивали по стандартам доказательной медицины.

**Результаты и обсуждение.** Наиболее частой локализацией патологического процесса являлись плечевая и бедренная кости, наиболее распространенной гистологической формой — хондрома. Статистически значимых различий между группами не выявлено ( $p > 0,05$ ).

Ближайшие результаты хирургического лечения пациентов групп сравнения представлены в табл. 2.

С применением нового подхода в хирургическом лечении доброкачественных опухолей и опухолеподобных заболеваний трубчатых костей скелета удалось сократить время операции почти в 1,5 раза, интраоперационную кровопотерю — почти в 2 раза, а интенсивность болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале — почти в 1,5 раза ( $p < 0,05$ ). Такого результата удалось добиться за счет интуитивно простой для оператора пространственной ориентации в операционной зоне в режиме реального времени,

возможности проведения более точных и дозированных хирургических манипуляций с помощью прецизионного расчета объема необходимого трансплантата, что сводит к минимуму травматизацию донорской области.

Контрольное рентгенологическое исследование, выполненное на 2–3-и сутки после оперативного вмешательства, выявило смещение границ выполненной резекции в основной группе на  $0,90 \pm 0,14$  мм, в контрольной — на  $4,20 \pm 0,93$  мм от запланированной линии ( $p < 0,05$ ). У одного пациента контрольной группы в раннем послеоперационном периоде была отмечена резкая болезненность в донорской зоне, что можно связать с неадекватно большим объемом забранного для трансплантации материала.

Таким образом, предоперационное 3D-моделирование и интраоперационная компьютерная навигация могут быть рекомендованы при лечении данной категории пациентов с целью моделирования внутрикостного опухолевого поражения с учетом индивидуальных топографо-анатомических данных конкретного больного, для повышения точности внутрикостной резекции и объема замещаемого трансплантата. Они могут быть использованы как в качестве рутинного метода, так и в сложных клинических случаях, повышая качество оказания специализированной медицинской помощи. Кроме того, применение навигационной системы для интраоперационного контроля хирургических манипуляций позволяет снизить лучевую нагрузку на пациента и медицинский персонал.

**Заключение.** Применение 3D-моделирования и компьютерной навигации для хирургического лечения пациентов с доброкачественными опухолями и опухолеподобными заболеваниями трубчатых костей скелета позволяет существенно улучшить результаты хирургического лечения, тем самым осуществить скорейшую социальную и функциональную адаптацию пациентов и повысить социально-экономический эффект лечения.

**Финансирование исследования.** Работа выполнена при поддер-

Таблица 2

Ближайшие результаты хирургического лечения пациентов сравниваемых групп ( $M \pm \sigma$ )

Параметры	Основная группа (n=10)	Контрольная группа (n=9)
Время операции, мин	81,1±9,7	121,5±11,3
Кровопотеря, мл	364,2±28,4	718,7±43,2
Визуально-аналоговая шкала, баллы	5,3±1,2	7,6±1,9

же Министерства промышленности и торговли РФ в рамках федеральной целевой программы «Развитие фармацевтической и медицинской промышленности на период до 2020 года и дальнейшую перспективу», утвержденной постановлением Правительства РФ от 17.02.2011 г. №91. Государственный контракт на выполнение научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы №14411.2049999.19.013 от 07.04.2014 г.

**Конфликт интересов.** У авторов нет конфликта интересов.

## Литература/References

1. Детская онкология. Национальное руководство. Под ред. Алиева М.Д., Полякова В.Г., Менткевича Г.Л., Маяковой С.А. М: РОНЦ; 2012; 684 с. *Detskaya onkologiya. Natsional'noe rukovodstvo* [Pediatric oncology. National guidelines]. Pod red. Alieva M.D., Polyakova V.G., Mentkevicha G.L., Mayakovoy S.A. [Aliev M.D., Polyakov V.G., Mentkevich G.L., Mayakova S.A. (editors)]. Moscow: RONTs; 2012; 684 p.
2. Young P., Bell S., Mahendra A. The evolving role of computer-assisted navigation in musculoskeletal oncology. *Bone Joint J* 2015; 97-B(2): 258–264, <https://doi.org/10.1302/0301-620x.97b2.34461>.
3. Ould-Slimane M., Thong P., Perez A., Roussignol X., Dujardin F. The role of intraoperative 3D navigation for pelvic bone tumor resection. *Orthop Traumatol Surg Res* 2016; 102(6): 807–811, <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2016.03.019>.
4. Фирсов С.А. Анализ возможности системы кинематической компьютерной навигации в эндопротезировании коленного сустава. Мир науки, культуры, образования 2015; 1(50): 414–416. Firsov S.A. Analysis of the possibility of kinematic computer navigation in knee arthroplasty. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya* 2015; 1(50): 414–416.
5. Zhang Y., Wen L., Zhang J., Yan G., Zhou Y., Huang B. Three-dimensional printing and computer navigation assisted hemipelvectomy for en bloc resection of osteochondroma. *Medicine (Baltimore)* 2017; 96(12): e6414, <https://doi.org/10.1097/md.00000000000006414>.
6. Валиев А.К., Борзов К.А., Щипахин С.А., Сафронов Д.И., Неред А.С., Мусаев Э.Р. Использование навигационной системы у больных опухолевым поражением шейного отдела позвоночника. Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи 2014; 2: 3–8. Valiev A.K., Borzov K.A., Schipakhin S.A., Safronov D.I., Nered A.S., Musaev E.R. Cervical spine surgery under the navigation system control. *Sarkomy kostey, myagkikh tkaney i opukholi kozhi* 2014; 2: 3–8.
7. Дубровин В.Н., Егошин А.В., Фурман Я.А., Роженцов А.А., Ерусланов Р.И. Первый опыт применения технологии дополненной реальности на основе 3D-моделирования для интраоперационной навигации при лапароскопической резекции почки. Медицинский альманах 2015; 2(37): 45–47. Dubrovin V.N., Egoshin A.V., Furman Ya.A., Rozhentsov A.A., Eruslanov R.I. First experience of applying the technology of added reality on the basis of 3D simulation for intraoperative navigation during laparoscopic renal resection. *Meditinskii al'manakh* 2015; 2(37): 45–47.
8. Song S., Bae D. Computer-assisted navigation in high tibial osteotomy. *Clin Orthop Surg* 2016; 8(4): 349–357, <https://doi.org/10.4055/cios.2016.8.4.349>.
9. Колсанов А.В., Зельтер П.М., Манукян А.А., Чаплыгин С.С., Колесник И.В. Применение системы по предоперационному моделированию на основе данных компьютерной томографии у больного эхинококкозом печени. Российский электронный журнал лучевой диагностики 2016; 6(2): 111–114. Kolsanov A.V., Zelter P.M., Manukyan A.A., Chaplygin S.S., Kolesnik I.V. Application of the system for preoperative modeling based on computed tomography data in patient with liver hydatid disease. *Russian Electronic Journal of Radiology* 2016; 6(2): 111–114, <https://doi.org/10.21569/2222-7415-2016-6-2-111-114>.
10. Merloz Ph., Tonetti J., Milaire M., Kerschbaumer G., Ruatti S., Dao-Lena S. Вклад 3D-визуализации в хирургию позвоночника. Гений ортопедии 2014; 1: 51–57. Merloz Ph., Tonetti J., Milaire M., Kerschbaumer G., Ruatti S., Dao-Lena S. 3D visualization contribution to the spine surgery. *Genij Ortopedii* 2014; 1: 51–57.
11. Белецкий А.В., Мазуренко А.Н., Макаревич С.В., Зарецкий С.В., Петренко А.М., Воронович И.Р., Юрченко С.М. Установка транспедикулярных винтов в поясничном отделе позвоночника с применением компьютерной навигации. Ортопедия, травматология и протезирование 2010; 3(580): 89–95. Beletskiy A.V., Mazurenko A.N., Makarevich S.V., Zaretskiy S.V., Petrenko A.M., Voronovich I.R., Yurchenko S.M. Transpedicular screw fixation in the lumbar spine using computer navigation. *Ortopediya, travmatologiya i protezirovaniye* 2010; 3(580): 89–95.
12. Котельников Г.П., Каганов О.И., Приходько С.А., Колсанов А.В., Волова Л.Т., Николаенко А.Н., Долгушкин Д.А., Иванов В.В. Использование 3D моделирования для пластики костных дефектов при резекции опухолей костей. В кн.: Материалы первого съезда хирургов Приволжского федерального округа (с международным участием). Н. Новгород; 2016; с. 90–91. Kotelnikov G.P., Kaganov O.I., Prikhod'ko S.A., Kolsanov A.V., Volova L.T., Nikolaenko A.N., Dolgushkin D.A., Ivanov V.V. Ispol'zovanie 3D modelirovaniya dlya plastiki kostnykh defektov pri rezeksii opukholey kostey. V kn.: *Materialy pervogo s'ezda khirurgov Privolzhskogo federal'nogo okruga (s mezhdunarodnym uchastiem)*. N. Novgorod; 2016; с. 90–91. Kotelnikov G.P., Kaganov O.I., Prikhod'ko S.A., Kolsanov A.V., Volova L.T., Nikolaenko A.N., Dolgushkin D.A., Ivanov V.V. Ispol'zovanie 3D modelirovaniya dlya plastiki kostnykh defektov pri rezeksii opukholey kostey. V kn.: *Materialy pervogo s'ezda khirurgov Privolzhskogo federal'nogo okruga (s mezhdunarodnym uchastiem)* [Using 3D modeling for the plasticity of bone defects when resection of bone tumors. In: Materials of the first congress of surgeons of the Volga Federal District (with international participation)]. Nizhny Novgorod; 2016; p. 90–91.
13. Приходько С.А. Новый подход к хирургическому лечению больных с опухолями костей. В кн.: Аспирантские чтения — 2016. Материалы научно-практической конференции с международным участием «Молодые ученые — от технологий XXI века к практическому здравоохранению». Самара; 2016; с. 28–29. Prikhod'ko S.A. Novyy podkhod k khirurgicheskomu lecheniyu bol'nykh s opukholyami kostey. V kn.: *Aspirantskie chteniya — 2016. Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem "Molodye uchenye — ot tekhnologiy XXI veka k prakticheskomu zdravookhraneniyu"* [A new approach to surgical treatment of bone tumors. In: Materials of scientific and practical Conference with international participation "Young Scientists — from technologies of the XXI century to practical health care"]. Samara; 2016; p. 28–29.
14. Левченко О.В., Михайлюков В.М., Давыдов Д.В. Безрамная навигация в хирургии посттравматических дефектов и деформаций краниоорбитальной области. Нейро-

хирургия 2013; 3: 9–14. Levchenko O.V., Mikhailiukov V.M., Davydov D.V. Frameless navigation system for surgical treatment of posttraumatic defects and craniorbital deformations. *Neurokhirurgiya* 2013; 3: 9–14.

**15.** Меркулов О.А., Панякина М.А. Роль компьютерно-ассистированных навигационных систем при эндоскопических эндоназальных подходах к основанию черепа у детей. Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова 2012; 7(1): 37–41. Merkulov O.A., Panyakina M.A. The role of computer-assisted navigation systems for endoscopic endonasal approaches to the skull base in children. *Vestnik Natsional'nogo mediko-khirurgicheskogo tsentra im. N.I. Pirogova* 2012; 7(1): 37–41.

**16.** Котельников Г.П., Козлов С.В., Приходько С.А., Каганов О.И., Колсанов А.В., Волова Л.Т., Николаенко А.Н., Долгушкин Д.А., Иванов В.В. Способ пластики костных дефектов. Уведомление о поступлении заявки на выдачу патента РФ 2016100690. Дата поступления 11.01.2016. Kotelnikov G.P., Kozlov S.V., Prikhod'ko S.A., Kaganov O.I., Kolsanov A.V., Volova L.T., Nikolaenko A.N., Dolgushkin D.A., Ivanov V.V. *Sposob plastiki kostnykh defektov* [Method of bone defect plasty]. Official filing receipt on patent application acceptance RU 2016100690. Filing date 11.01.2016.

**17.** Котельников Г.П., Козлов С.В., Приходько С.А.,

Каганов О.И., Колсанов А.В., Долгушкин Д.А., Николаенко А.Н., Иванов В.В. Способ резекции костей. Уведомление о поступлении заявки на выдачу патента РФ 2016112828. Дата поступления 04.04.2016. Kotelnikov G.P., Kozlov S.V., Prikhod'ko S.A., Kaganov O.I., Kolsanov A.V., Dolgushkin D.A., Nikolaenko A.N., Ivanov V.V. *Sposob rezeksii kostey* [Method of bone resection]. Official filing receipt on patent application acceptance RU 2016112828. Filing date 04.04.2016.

**18.** Котельников Г.П., Козлов С.В., Приходько С.А., Каганов О.И., Колсанов А.В., Долгушкин Д.А., Николаенко А.Н., Иванов В.В. Шаблон для резекции трубчатых костей. Патент РФ 164811. 2016. Kotelnikov G.P., Kozlov S.V., Prikhodko S.A., Kaganov O.I., Kolsanov A.V., Dolgushkin D.A., Nikolaenko A.N., Ivanov V.V. *Shablon dlya rezeksii trubchatykh kostey* [Template for tubular bone resection]. Patent RU 164811. 2016.

**19.** Терсков А.Ю., Иванов В.В. Применение плазменной деструкции костной ткани в хирургическом лечении пациентов с опухолеподобными заболеваниями скелета. Аспирантский вестник Поволжья 2012; 1–2: 205–206. Terskov A.Yu., Ivanov V.V. Application of plasma destruction of the bone tissue in surgical treatment of patients with bone tumor-like diseases. *Aspirantskiy vestnik Povolzh'ya* 2012; 1–2: 205–206.