УДК: 616.71-006-089.163:615.47:004.9

ПЕРСНИФИЦИРОВАННЫЙ ПОДХОД ПРИ ОПЕРАТИВНОМ ЛЕЧЕНИИ ДОБРОКАЧЕСТВЕННЫХ ОПУХОЛЕЙ КОСТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРЕДОПЕРАЦИОННОГО КОМПЬЮТЕРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И НАВИГАЦИИ

PERSONIFIED APPROACH IN SURGICAL TREATMENT OF BENIGN BONE TUMORS
WITH THE USE OF PRE-OPERATIVE COMPUTER PLANNING AND NAVIGATION

Колсанов А.В.
Николаенко А.Н.
Иванов В.В.
Приходько С.А.
Платонов П.В.

Kolsanov AV
Nikolaenko AN
Ivanov VV
Prikhodko SA
Platonov PV

ФГБОУ ВО «Самарский государственный
медицинский университет» Минздрава России

Samara State
Medical University

Цель — проанализировать ближайшие результаты 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. В свою очередь пациенты были разделены на две группы. Основную группу составили 10 пациентов, которым на этапе предоперационного планирования в дополнение к рентгенографии и компьютерной томографии проводили построение трехмерной модели пораженного сегмента кости. Оперативное лечение проводилось с применением навигационной системы. Контрольную группу составили 9 пациентов, которым на этапе предоперационного планирования выполнялись рентгенография и компьютерная томография пораженного сегмента кости.

Результаты. С применением нового метода в хирургическом лечении доброкачественных опухолей и опухолеподобных заболеваний трубчатых костей удалось сократить время операции с $121,5 \pm 11,3$ мин. до $81,1 \pm 9,7$ мин., интраоперационную кровопотерю с $718,7 \pm 43,2$ мл до $364,2 \pm 28,4$ мл, интенсивность болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале с $7,6 \pm 1,9$ баллов до $5,3 \pm 1,2$ баллов. Данного результата удалось добиться за счет интуитивно простой для оператора

Aim — to analyze the results of the use of 3D modeling and computer navigation in the treatment of benign tumors and tumor-like diseases of long bones.

Materials and methods. The study included 19 patients with benign tumors and tumor-like diseases. The main group consisted of 10 patients. In the preoperative planning stage, in addition to X-ray and computed tomography these patients had 3D-models of the affected bone segment constructed. Surgical treatment was carried out with the use of the navigation system. The control group consisted of 9 patients who underwent radiography and computed tomography of the affected bone segment in the preoperative planning stage.

Results. The application of the new method made it possible to reduce the operation time by 40 min, intraoperative blood loss by 350 ml, and the intensity of pain on a visual analog scale by more than 2 points. This result was achieved by intuitively simple for the operator dimensional orientation in the operative field in real time, the possibility of more accurate surgical procedures due to a more precise calculation of the level of necessary transplant. It minimizes the trauma of the donor area, exerting a positive influence on the reduction of post-operative pain.

пространственной ориентации в операционном поле в режиме реального времени, возможности проведения более точных и дозированных хирургических манипуляций, за счет более точного расчета необходимого объема трансплантата, что сводит к минимуму травматизацию донорской области, оказывая положительное влияние на снижение послеоперационного болевого синдрома.

Заключение. С применением 3D-моделирования и компьютерной навигации для лечения пациентов с доброкачественными опухолями и опухолеподобными заболеваниями трубчатых костей удалось достоверно улучшить ближайшие результаты хирургического лечения, тем самым провести скорейшую социальную и функциональную адаптацию пациентов и повысить социально-экономический эффект.

Ключевые слова: доброкачественные опухоли костей, 3D-моделирование, компьютерная навигация.

Conclusion. The use of 3D modeling and computer navigation for the treatment of patients with benign tumors and tumor-like diseases of long bones managed to improve noticeably the results of surgical treatment, and consequently, to speed up social and functional adaptation of patients and to enhance social and economic outcome.

Keywords: benign bone tumors, 3D-modeling, computer navigation.

■ ВВЕДЕНИЕ

Основным методом лечения доброкачественных опухолей и опухолеподобных заболеваний трубчатых костей является хирургический, при этом предпочтение отдается органосохраняющим методам, применение которых возможно при различных вариантах внутрикостных резекций с соблюдением всех онкологических принципов радикальности. Данные методы должны быть основаны на прецизионном представлении о персонифицированной анатомии конкретного пациента, в том числе измененной опухолевым поражением. Дополнительную актуальность придает тот факт, что статистические данные последних лет свидетельствуют о неуклонном интенсивном росте заболеваемости при данной нозологии. Чаще всего поражаются дети и лица молодого возраста, то есть самый социально весомый и значимый контингент населения [1, 2].

Определяющее значение в результате оперативного вмешательства у данной категории пациентов имеет предоперационное планирование и информационная и аппаратная поддержка операций [3, 4].

Одним из обязательных обследований на этапе планирования оперативного вмешательства является выполнение компьютерной томографии (КТ) для уточнения локализации, протяженности и объема опухолевого поражения [5]. Без построения трехмерной модели зоны интереса представляются затруднительными оценка индивидуальных анатомо-топографических особенностей пациента и точный расчет объема замещаемого материала. Стандартным методом определения зоны оперативного вмешательства признана интраоперационная рентгенография [6]. Однако разрешающая способность данного способа не позволяет точно оценить объем и протяженность зоны костной резекции, кроме того этот метод связан с дополнительной лучевой нагрузкой [7].

Учитывая вышесказанное, перспективным направлением предоперационного планирования является использование 3D-моделирования зоны опухолевого поражения. На его основе оправдано интраоперационное сопровождение хирургических манипуляций с применением навигационной системы [8].

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проанализировать ближайшие результаты 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 КТ проводили построение трехмерной модели пораженного сегмента кости. Оперативное лечение проводилось с применением компьютерно-ассистированной навигационной системы «Автоплан», разработанной в Центре прорывных исследований СамГМУ.

Основной задачей навигационной системы являлось определение положения хирургического инструмента внутри пациента в текущий момент времени.

Контрольную группу составили 9 пациентов, которым на этапе предоперационного планирования выполнялись стандартная рентгенография и компьютерная томография пораженного сегмента кости [1].

В основной группе предоперационное планирование и оперативное лечение проводилось по следующему алгоритму. На дооперационном этапе выполняли рентгенографию с помощью аппарата Precision 500D (GE Healthcare, USA) и серию компьютерных томограмм с контрастным усилением на аппарате GE Light Speed Ultra 16 Slice CT Scanner (GE Healthcare, USA) с сохранением изображений в формате DICOM. Использовались изображения с изотропным разрешением 0,8–1 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 (**рисунок 1**) [5].

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

Интраоперационно на основании костных ориентиров производили пространственную регистрацию зоны вмешательства в навигационной системе с использованием специального маркера с отражающими сферами (рисунок 2).

В итоге виртуальная модель костной опухоли совмещалась с материальной основой на операционном столе. Таким образом, во время операции хирург получал данные о локализации и протяженности внутрикостного опухолевого процесса и имел возможность точно контролировать выполнение манипуляций.

В результате внутрикостная резекция кости осуществлялась в запланированных пределах, а замещение дефекта — запланированным объемом трансплантата. Точность резекции составила $0,8 \pm 0,12$ мм. Сформировавшуюся полость после удаления опухолевой массы перед замещением дефекта с целью допол-

После этого дефект замещали трансплантатом, моделирование которого выполняли интраоперационно, забор материала выполняли с помощью остеотома в донорской зоне (крыло подвздошной кости).

Для оценки ближайших результатов были использованы следующие критерии: длительность операции, объем интраоперационной кровопотери, интенсивность болевого синдрома в раннем послеоперационном периоде по визуально-аналоговой шкале (ВАШ). Также на вторые-третьи сутки послеоперационного периода всем пациентам выполнялась контрольная рентгенография оперированной конечности в двух проекциях. При этом оценивались объем выполненной резекции, адекватность замещения дефекта и состояние металлоостеосинтеза. По показаниям проводилось обследование донорской области костного трансплантата.

Рисунок 2. Маркер навигационной системы «Автоплан» с отражающими сферами.

■ СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ

Статистическая обработка результатов осуществлялась с помощью программы STATISTICA—9. Для изучаемых параметров производилось вычисление средних арифметических величин ($M \pm \sigma$, где M — среднее арифметическое, σ — среднее квадратическое отклонение). Определение статистической разницы между данными групп сравнения проводилось с использованием критерия Стьюдента (t), возможность использования которого определялась с помощью критерия Фишера. Критическое значение уровня значимости принимали 0,05. Эффективность предлагаемого метода оценивалась стандартами доказательной медицины. Все манипуляции производились после одобрения комитета по биоэтике при

Характеристика	Группы сравнения (n=19)	
	Основная (n=10)	Контрольная (n=9)
Локализация		
Лучевая кость	1	1
Плечевая кость	4	5
Бедренная кость	3	2
Большеберцовая кость	2	1
Нозологическая форма		
Хондрома	5	5
Костная киста	2	1
Гигантоклеточная опухоль типичного строения	1	1
Фиброзная дисплазия	2	2

Таблица 1. Распределение пациентов по локализации поражения и нозологической форме опухолевого поражения (абсолютные числа)

СамГМУ. На каждого пациента оформлялось добровольное информированное согласие.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Средний возраст пациентов составил $30,4 \pm 2,8$ лет в основной группе и $32,1 \pm 3,2$ лет — в контрольной группе ($p > 0,05$). Пациентов мужского пола в основной группе — 4, женского — 6 человек; в контрольной группе 3 и 6 человек соответственно ($p > 0,05$).

Распределение пациентов по локализации и нозологическим формам опухолевого поражения представлены в **таблице 1**.

Наиболее частой локализацией патологического процесса являлись плечевая и бедренная кость, наиболее распространенная гистологическая форма — хондрома. Статистически значимых различий между группами не выявлено ($p > 0,05$).

С применением инновационного подхода в хирургическом лечении доброкачественных опухолей и опухолеподобных заболеваний трубчатых костей скелета удалось сократить время операции с $121,5 \pm 11,3$ мин. до $81,1 \pm 9,7$ мин. Интраоперационную кровопотерю — с $718,7 \pm 43,2$ мл до $364,2 \pm 28,4$ мл и интенсивность болевого синдрома по ВАШ с $7,6 \pm 1,9$ баллов до $5,3 \pm 1,2$ баллов ($p > 0,05$). Искомое результата удалось добиться за счет ин-

туитивно простой для оператора пространственной ориентации в операционной зоне в режиме реального времени, возможности проведения более точных и дозированных хирургических манипуляций, за счет прецизионного расчета объема необходимого трансплантата, что сводит к минимуму травматизацию донорской области, оказывая положительное влияние на уменьшение болевого синдрома.

Контрольное рентгенологическое исследование, выполненное на вторые-третьи сутки после оперативного вмешательства, выявило смещение границ выполненной резекции в основной группе на $0,9 \pm 0,14$ мм, в контрольной — на $4,2 \pm 0,93$ 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. Также они рекомендуются для повышения точности внутрикостной резекции и объема замещающего трансплантата — как в качестве рутинного метода, так и в сложных клинических случаях. Кроме этого, применение навигационной системы для интраоперационного контроля хирургических манипуляций позволяет снизить лучевую нагрузку на пациента и медицинский персонал.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С применением 3D-моделирования и компьютерной навигации для лечения пациентов с доброкачественными опухолями и опухолеподобными заболеваниями трубчатых костей скелета удалось достоверно улучшить ближайшие результаты хирургического лечения, провести скорейшую социальную и функциональную адаптацию пациентов и повысить социально-экономический эффект. ■

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Richter M. Computer-Assisted Surgery (CAS) in Foot and Ankle Surgery. Minimally Invasive Surgery in Orthopedics. 2015;1–16. doi:10.1007/978-3-319-15206-6_102-1
2. Mavrogenis A, Savvidou O, Mimidis G, Papanastasiou J, Koulalis D, Demertzis N, Papagelopoulos P. Computer-assisted Navigation in Orthopedic Surgery. *Orthopedics*. 2013; 36(8):631–642. doi:10.3928/01477447-20130724-10
3. Sonya D. 3D imaging and dentistry. From multiplanar cephalometry to guided navigation in implantology. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2016;150(6):1069. doi:10.1016/j.ajodo.2016.09.005
4. Kleck C, Perry J, Burger E, Cain C, Milligan K., Patel V. Sacroiliac Joint Treatment Personalized to Individual Patient Anatomy Using 3-Dimensional Navigation. *Orthopedics*. 2016;39(2):89–94. doi:10.3928/01477447-20160304-05

5. Guan J. Digital navigation enhances cervical pedicle screw placement accuracy and safety: study protocol of a randomized controlled trial. *Clinical and Translational Orthopedics*. 2016;1(3):106. doi:10.4103/2468-5674.189509
6. Khongphaopong M. Computer-Assisted TKR Vs Conventional TKR: Post-Operative Ankle Radiographic Finding and Ankle Clinical Assessment. *MOJ Orthopedics & Rheumatology*. 2016;6(7). doi:10.15406/mojor.2016.06.00253
7. Formby P, Kang D, Potter B, Forsberg J. Treatment of Symptomatic Intraosseous Pneumatocyst Using Intraoperative Navigation. *Orthopedics*. 2015;38(3):e244–e247. doi:10.3928/01477447-20150305-93
8. Al Eissa S, Al-Habib A, Jahangiri F. Computer-Assisted Navigation During an Anterior-Posterior En Bloc Resection of a Sacral Tumor. *Cureus*. 2015. doi:10.7759/cureus.373

■ Участие авторов

Концепция и дизайн исследования: Колсанов А.В.

Сбор и статистическая обработка материала: Николаенко А.Н., Иванов В.В.

Написание текста и его редактирование: Приходько С.А., Платонов П.В.

Конфликт интересов отсутствует.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Колсанов А.В. — д.м.н., профессор, заведующий кафедрой оперативной хирургии, клинической анатомии с курсом инновационных технологий СамГМУ.

E-mail: info@samsmu.ru

Николаенко А.Н. — к.м.н., ассистент кафедры травматологии, ортопедии и экстремальной хирургии имени академика РАН А.Ф. Краснова СамГМУ.

E-mail: nikolaenko.83@inbox.ru

Иванов В.В. — к.м.н., ассистент кафедры травматологии, ортопедии и экстремальной хирургии имени академика РАН А.Ф. Краснова СамГМУ.

E-mail: info@samsmu.ru

Приходько С.А. — аспирант кафедры травматологии, ортопедии и экстремальной хирургии имени академика РАН А.Ф. Краснова СамГМУ.

E-mail: info@samsmu.ru

Платонов П.В. — аспирант кафедры травматологии, ортопедии и экстремальной хирургии имени академика РАН А.Ф. Краснова СамГМУ.

E-mail: info@samsmu.ru

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Kolsanov AV — PhD, professor, head of the Department of operative surgery and clinical anatomy with the course of innovative technologies, Samara State Medical University.

E-mail: info@samsmu.ru

Nikolaenko AN — PhD, assistant of the Department of traumatology, orthopaedics and extreme surgery n.a. academician Krasnov AF, Samara State Medical University.

E-mail: nikolaenko.83@inbox.ru

Ivanov VV — PhD, assistant of the Department of traumatology, orthopaedics and extreme surgery n.a. academician Krasnov AF, Samara State Medical University.

E-mail: info@samsmu.ru

Prikhodko SA — postgraduate student of the Department of traumatology, orthopaedics and extreme surgery n.a. academician Krasnov AF, Samara State Medical University.

E-mail: info@samsmu.ru

Platonov PV — postgraduate student of the Department of traumatology, orthopaedics and extreme surgery n.a. academician Krasnov AF, Samara State Medical University.

E-mail: info@samsmu.ru

■ Контактная информация

Николаенко Андрей Николаевич

Адрес: Самарский государственный медицинский университет, ул. Чапаевская, 89, г. Самара, Россия, 443099.

E-mail: nikolaenko.83@inbox.ru

Тел.: + 7 (904) 747 97 77.

■ Contact information

Nikolaenko Andrei Nikolaevich

Address: Samara State Medical University, 89 Chapaevskaya st., Samara, Russia, 443099.

E-mail: nikolaenko.83@inbox.ru

Phone: + 7 (904) 747 97 77.