

## **Количественная оценка восстановительных процессов при реабилитации пациентов с первичными опухолями костей кисти в условиях чрескостного остеосинтеза**

**Д. Ю. Борзунов, Д. С. Моховиков, Е. В. Осипова**

## **Quantitative evaluation of restorative processes in rehabilitation of patients with primary tumors of the hand bones under transosseous osteosynthesis**

**D. Yu. Borzunov, D. S. Mokhovikov, E. V. Osipova**

Федеральное государственное учреждение «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г. А. Илизарова Минздрава России», г. Курган (директор — д. м. н. А. В. Губин)

С целью количественной оценки восстановительных процессов при реабилитации пациентов с первичными опухолями костей кисти в условиях чрескостного остеосинтеза авторы с помощью непрямой компьютерной денситометрии на аппаратно-программном комплексе «ДиаМорф» изучили динамику ремоделирования костной ткани при замещении пострезекционных дефектов костей кисти в условиях чрескостного остеосинтеза. Проведен анализ 90 изображений рентгенограмм кисти 11 больных (мужчин — 6, женщин — 5) в возрасте от 12 до 42 лет, которым для заполнения дефекта использовали губчатые и кортикальные аутотрансплантаты, а также биосовместимый материал КоллапАн. Результаты лечения прослежены в предоперационном периоде, после операции, через 1, 2 месяца после чрескостного остеосинтеза, 1, 3, 6 месяцев и 1 год после демонтажа аппарата.

**Ключевые слова:** чрескостный остеосинтез, аппаратно-программный комплекс «ДиаМорф», костные опухоли, ремоделирование костной ткани.

The authors have studied the dynamics of bone tissue remodeling for post-resection hand bone defect filling under transosseous osteosynthesis for the purpose of quantitative evaluation of restorative processes in rehabilitation of patients with primary hand bone tumors under transosseous osteosynthesis by indirect computer densitometry using “DiaMorph” hardware-software complex. The analysis of 90 hand x-ray images has been made in 11 patients (6 — males, 5 — females) at the age of 12-42 years, for whom cancellous and cortical autografts, as well as biocompatible Collapan material was used to fill the defect. The results of treatment have been followed preoperatively, postoperatively, 1, 2 months after transosseous osteosynthesis, 1, 3, 6 months and one year after the fixator dismounting.

**Keywords:** transosseous osteosynthesis, “DiaMorph” hardware-software complex, bone tumors, bone tissue remodeling.

### ВВЕДЕНИЕ

Реабилитация больных с опухолями костей кисти представляет определенные проблемы в связи с тем, что методы лечения, кроме оперативных, не эффективны, а удаление опухолевых очагов в пределах здоровых тканей предусматривает необходимость восполнения пострезекционного костного дефекта и последующего анатомо-функционального восстановления кисти как органа, имеющего одно из первостепенных значений в социальной адаптации пациентов [1, 4, 9, 19, 20].

В настоящее время в реконструктивно-восстановительной хирургии отдается предпочтение следующим видам оперативных вмешательств: резекции очага поражения в пределах здоровой ткани (сегментарная резекция, краевая резекция, внутрикостная резекция) и замещению сформированного пострезекционного дефекта различными костно-пластическими материалами [1, 4, 7, 9, 11, 12, 13, 15, 22].

Широкое распространение в лечении данной патологии нашло сочетание остеосинтеза с костно-пластическими оперативными вмешательствами.

Однако до сих пор нет единого мнения о том, какой способ остеосинтеза и какой вид фиксатора является оптимальным для синтеза отломков при деструктивных поражениях костей кисти опухолевой этиологии. Различна также и точка зрения на преимущества и недостатки применения кортикальных, губчатых или полнослойных губчато-кортикальных аутотрансплантатов. Нет единства во взглядах на необходимые размеры и форму пересаживаемой кости, на способы укладки и фиксации имплантов [4–6, 9–12, 14–18, 21].

Открытым остается вопрос мониторинга процессов регенерации костной ткани, интеграции и перестройки различных видов трансплантатов в зоне имплантации в условиях чрескостного остеосинтеза и в безаппаратном периоде наблюдения. К настоящему времени не определены показания для использования различных видов имплантов при замещении пострезекционных дефектов трубчатых костей кисти с учетом особенностей процессов перестройки костной

ткани и костно-пластических материалов в условиях чрескостного остеосинтеза. По мнению ряда авторов [3, 5, 6, 10], идеальный имплантат должен обладать следующими характеристиками:

- 1) высокой остеогенной потенцией,
- 2) отсутствием антигенности,
- 3) простотой получения,
- 4) удобной для клинического применения геометрической формой,
- 5) постоянной доступностью,
- 6) способностью к биодеградации,
- 7) не препятствовать костеобразованию.

При этом трансплантация тканей может стать одним из инструментов репаративной хирургии как биологический метод стимуляции репаративной регенерации [15]. Для интенсификации репаративной регенерации тканей необходимо создавать в организме определенные условия, способствующие ускоренному

костеобразованию и повторяющие те, в которых проходит физиологическая регенерация [3, 10, 15]. Отчасти подобные условия могут быть созданы применением закона Г. А. Илизарова в условиях управляемого чрескостного остеосинтеза.

Таким образом, проблема дифференцированного подхода к выбору пластического материала для замещения костных дефектов кисти, образующихся после радикального удаления очага поражения, в зависимости от вида резекции (сегментарной, сегментарной с сохранением хондральной пластинки смежного сустава, краевой) остается актуальной и дискуссионной.

**Цель нашего исследования** — с помощью непрямо компьютерной денситометрии изображений рентгенограмм изучить динамику ремоделирования костной ткани при замещении пострезекционных дефектов костей кисти опухолевой этиологии в условиях чрескостного остеосинтеза.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При замещении пострезекционных костных дефектов на этапах реабилитации пациентов с доброкачественными опухолями и опухолеподобными заболеваниями трубчатых костей кисти мы применяли метод чрескостного остеосинтеза мини-аппаратами Илизарова [8] и следующие виды имплантов:

- фрагмент компактного слоя большеберцовой кости,
- фрагмент гребня подвздошной кости,
- фрагмент метафиза лучевой кости,
- костнопластический материал «КоллапАн».

Мы располагаем опытом лечения 26 пациентов в возрасте от 11 до 63 лет. До обращения в РНЦ «ВТО» все больные получали только консервативное лечение. Было выявлено 24 случая энхондромы, один случай экхондромы, один случай костной кисты трубчатых костей кисти. У пяти пациентов патологический процесс был осложнен переломом в зоне очага деструкции. В восьми случаях патологический процесс поражал фаланги пальцев, в 18 — пястные кости. При замещении пострезекционных внутрикостных дефектов, не осложненных патологическими переломами, мы предпочитали использовать костнопластический материал «КоллапАн» (в пяти случаях). Замещая сформированные при удалении опухолевого очага сегментарные костные дефекты, а также внутрикостные, сопровождающиеся переломами трубчатых костей кисти, в качестве пластического материала мы использовали костные ауто трансплантаты (у 21 пациента). Остеосинтез мини-аппаратом Илизарова применялся нами во всех клинических случаях при замещении пострезекционных дефектов трубчатых костей кисти, при добровольном согласии пациента, ввиду очевидного преимущества мини-аппарата перед другими доступными нам и большинству практических врачей способами фиксации сегментов кисти. К преимуществам относятся: необходимая и достаточная стабильность и управляемость фиксации сегментов кисти, возможность ранней функциональной нагрузки на конечность, удобство ухода за послеоперационной раной, возможность создания дозированных компрессирующих или дистракционных усилий на сегменты

кости в зависимости от вида выполненной костной резекции и пластического материала. После демонтажа аппарата и удаления спиц у всех пациентов было достигнуто костное сращение и полное (100%) замещение пострезекционного костного дефекта трубчатой кости. Ближайшие и отдаленные результаты лечения пациентов с доброкачественными опухолями и опухолеподобными заболеваниями трубчатых костей кисти были оценены как хорошие (14 наблюдений) и удовлетворительные (12 наблюдений).

Анализ литературы и наш клинический опыт свидетельствуют, что выбор органосохраняющих оперативных вмешательств при поражениях трубчатых костей кисти требует поиска наиболее оптимальных способов замещения пострезекционных дефектов костей и индивидуального подхода к любой клинической ситуации.

Известно, что аутогенная губчатая кость из-за отсутствия иммуногенности обладает непосредственно остеогенными и остеоиндуктивными свойствами и имеет идеальную структуру для остеоиндукции, являясь идеальным пластическим материалом с биологических позиций, хотя ограничена в объеме и механической прочности [10, 15]. Фрагмент компактной аутокости обладает большей механической прочностью по сравнению с губчатой и костнопластическим материалом «КоллапАн». Это преимущество ауто трансплантатов из компактного слоя большеберцовой кости успешно применяется нами для замещения протяженных пострезекционных костных дефектов кисти и в случаях необходимости создания «арматурных» свойств имплантатов при осложнении неопластического процесса патологическим переломом трубчатой кости.

Анализ изображений рентгенограмм, выполненных в 2 проекциях, проводили на аппаратно-программном комплексе «ДиаМорф». Исследовано 90 изображений рентгенограмм кисти 11 больных (мужчин — 6, женщин — 5) в возрасте от 12 до 42 лет, которым для заполнения дефекта использовали губчатые (ГАТ) (n = 2) и кортикальные (КАТ) (n = 7) ауто трансплантаты, а также биосовместимый материал КоллапАн (n = 2). Результаты

лечения прослежены в предоперационном периоде, после операции, через 1, 2 месяца после чрескостного остеосинтеза, 1, 3, 6 месяцев и 1 год после снятия аппарата.

На изображениях рентгенограмм оконтуривали тени поврежденных и неповрежденных фаланг, измеряли среднюю интенсивность (яркость) выделенных участков, с учетом оптической калибровки рассчитывали их среднюю оптическую плотность (CrOP). Рассчитывали соотношение (доли) структур с различ-

ной степенью минерализации в площади неповрежденной и поврежденной фаланг до, после операции и в процессе реабилитации.

Статистическую обработку данных исследования выполняли с помощью табличного редактора «Microsoft Excel — 2007» и программы «AtteStat» Версия 1. 0 [2]. Цифровые данные представляли в виде среднего арифметического значения и стандартного отклонения ( $M \pm SD$ ). Различия считали значимыми при  $p < 0,05$ .

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В доступной нам литературе отсутствовали сведения об исследовании коротких трубчатых костей кисти с помощью не прямой компьютерной денситометрии изображений рентгеновских снимков, следовательно, нет и цифровых данных, с которыми можно было бы сравнить полученные результаты. Поэтому для контроля на изображениях рентгенограмм определяли CrOP теней неповрежденных фаланг пальцев кисти.

При анализе изображений рентгенограмм установлено, что CrOP неповрежденных фаланг равнялась  $0,35 \pm 0,06$  усл. ед., ее определяли средне- и высокоминерализованные структуры, суммарная доля которых составляла 93,6%.

До операции CrOP тени изображения поврежденной фаланги была значимо ниже неповрежденной и составляла  $0,26 \pm 0,09$  усл. ед. ( $p < 0,01$ ), что было связано с наличием очагов деструкции костной ткани. Почти половину площади (43,9%) фаланги занимали неминерализованные и слабоминерализованные структуры (рис. 1). Их доли были значительно выше по сравнению с неповрежденной фалангой ( $p < 0,001$ ), доля высокоминерализованных структур, напротив, была в четыре раза меньше ( $p < 0,01$ ).

При замещении дефектов аутооттрансплантатом из компактной костной ткани для динамики CrOP тени пораженной фаланги было характерно волнообразное течение (рис. 2). После операции наблюдали рост CrOP фаланги по сравнению с дооперационными значениями до  $0,34 \pm 0,05$  ( $p < 0,05$ ), что связано с увеличением долей средне- и высокоминерализованных структур ( $p > 0,05$ ). В течение 1-го месяца фиксации CrOP фаланги существенно не изменялась. Через 2 месяца фиксации наблюдали снижение показателя CrOP до  $0,24 \pm 0,03$  усл. ед. ( $p < 0,01$ ) по сравнению с неповрежденной

фалангой. В площади фаланги определялись неминерализованные структуры, значительно увеличивалась доля слабоминерализованных структур. После снятия аппарата в сроки от 1 до 6 месяцев происходили незначительные колебания CrOP по сравнению с неповрежденной фалангой. К концу периода наблюдения (1 год без аппарата) ремоделирование костной ткани восстановленной короткой кости в основном завершалось, ее CrOP достигала значений неповрежденной фаланги. Плотность новообразованного участка кости, так же, как и неповрежденной фаланги, определяли средне- и высокоминерализованные структуры.

Средняя оптическая плотность поврежденной фаланги после замещения дефекта аутооттрансплантатом из губчатой костной ткани существенно не изменялась (рис. 3). Несмотря на то, что на изображениях рентгенограмм фаланги совсем не визуализировали неминерализованные структуры и происходило увеличение доли среднеминерализованных структур, значимые различия с дооперационными показателями и неповрежденной фалангой отсутствовали.

Уже через 6 месяцев после снятия аппарата CrOP оперированной фаланги не отличалась от соответствующего показателя неповрежденной фаланги. Так же, как и в неповрежденной фаланге, в площади оперированной преобладали средне- и высокоминерализованные структуры, суммарная доля которых составляла 68,9%.

После замещения пострезекционного дефекта биосовместимым материалом КоллапАн CrOP фаланги увеличивалась и достигала максимальных значений через 1 месяц после операции (рис. 4). В день операции в площади поврежденной фаланги почти в 10 раз снижалась доля неминерализованных структур, кото-

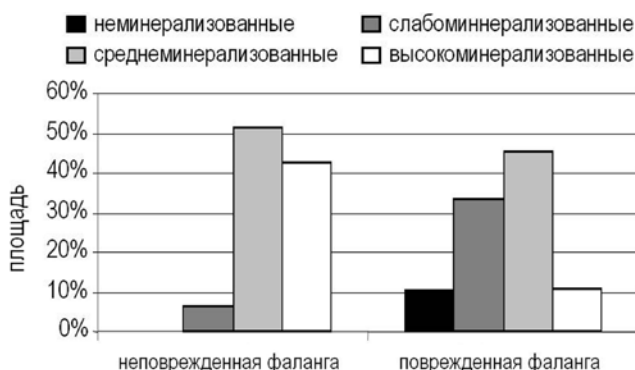


Рис. 1. Соотношение структур с различной степенью минерализации в неповрежденной и поврежденной фаланге до операции

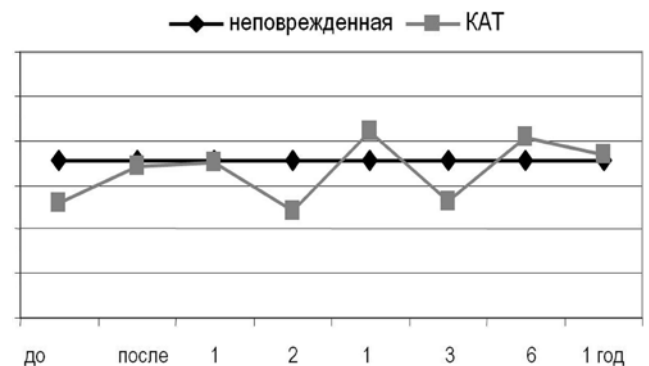


Рис. 2. Динамика средней оптической плотности поврежденной фаланги после замещения дефекта аутооттрансплантатом из компактной костной ткани

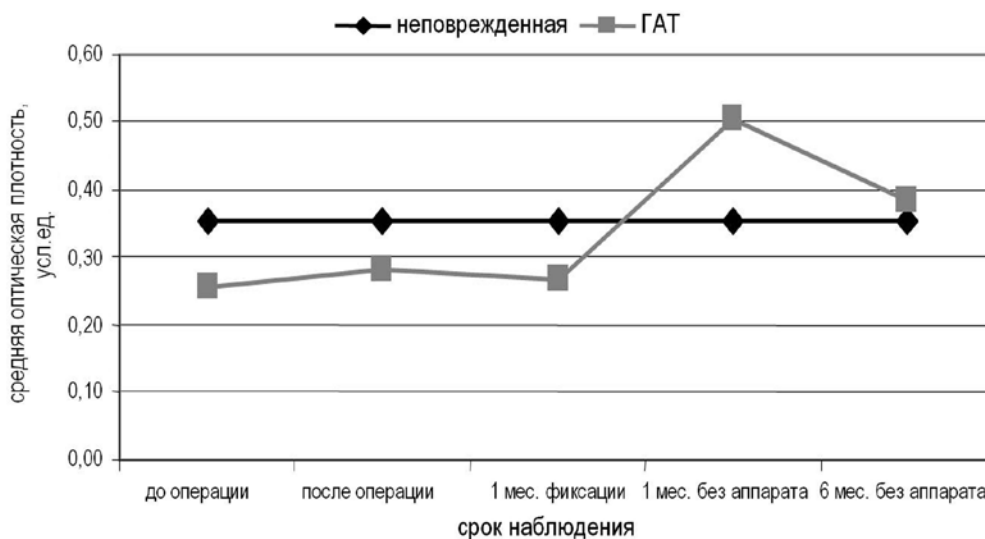


Рис. 3. Динамика средней оптической плотности поврежденной фаланги после замещения дефекта аутогранулятом из губчатой костной ткани

рые в дальнейшем на этапе (или этапах) чрескостного остеосинтеза не определяли.

Через 2 месяца фиксации наблюдали снижение СрОП оперированной фаланги, которое продолжалось до 1 месяца после снятия аппарата, что, по-видимому, было связано с перестройкой имплантируемого материала и постепенным заполнением дефекта новообразованной костной тканью.

Через 3 месяца после снятия аппарата СрОП увеличивалась по сравнению с предыдущим сроком наблюдения, но была ниже значений неповрежденной фаланги, ее плотность определяли слабо- и среднеминерализованные структуры.

Сравнивая результаты непрямого компьютерной денситометрии при замещении дефектов трансплантами из губчатой и компактной костной ткани и биосовместимым материалом Коллапан, необходимо отметить разницу в характере репаративных процессов и продолжительности органотипической перестройки костной ткани коротких костей, присущих для каждого вида имплантируемого материала.

Деструкция костной ткани при опухолевом поражении коротких костей кисти приводила к значимому снижению СрОП по сравнению с показателями неповрежденной фаланги. В процессе реабилитации пациентов с пострезекционными дефектами методом чрескостного остеосинтеза наблюдали волнообразную динамику СрОП поврежденной фаланги, более выраженную при замещении дефекта аутогранулятом из компактной костной ткани. На изображениях рентгенограмм аутогрануляты из губчатой костной ткани и биосовместимый материал Коллапан были практически рентгегенегативны, поэтому их СрОП и дефекта в целом после операции была ниже плотности неповрежденных фаланг (рис. 5).

На динамику СрОП поврежденных фаланг оказывало влияние соотношение структур с различной степенью минерализации, которое, в свою очередь, зависело от *перестроечных* процессов в имплантируемых материалах и соотношения структур их составляющих. В ходе процесса ремоделирования тканей постепенно сглаживалась разница в структуре кости

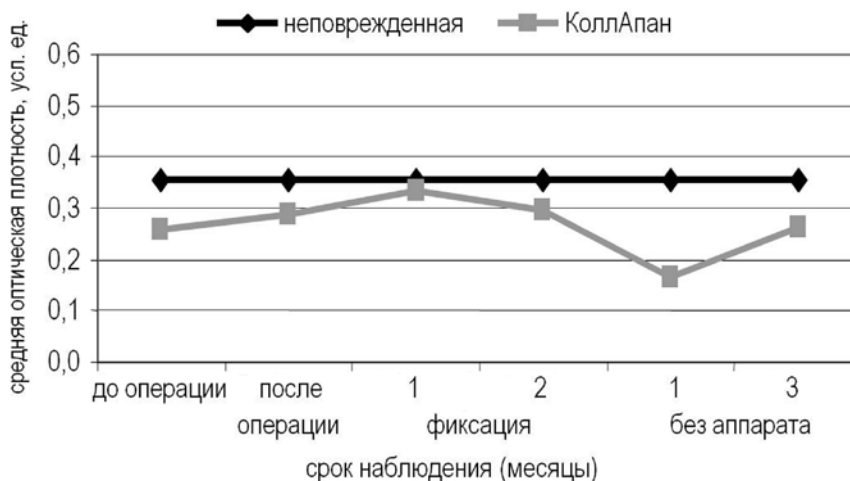


Рис. 4. Динамика средней оптической плотности поврежденной фаланги после замещения дефекта биосовместимым материалом Коллапан

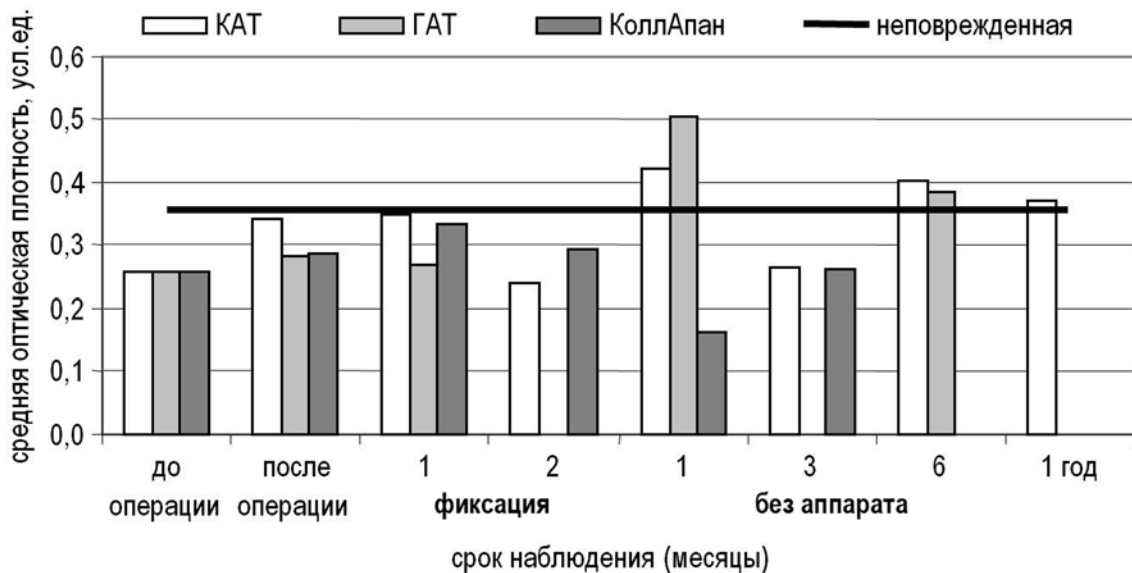


Рис. 5. Динамика средней оптической плотности неповрежденной и оперированной фаланги при замещении дефекта различными материалами

и трансплантатов. Восстанавливалась целостность поврежденной кости с образованием новой костной структуры, включающей фрагменты имплантируемого материала. К концу периода наблюдения (после снятия аппарата: для КАТ — 1 год; для ГАТ — 6 месяцев; для КоллАпана — 3 месяца) СрОП оперированной фаланги не имела значимых отличий от соответствующего показателя неповрежденной фаланги.

Таким образом, с учетом результатов визуализации рентгенограмм и полученных данных непрямой денситометрии можно говорить о полном завершении органотипической перестройки костной ткани восстановленных фаланг кисти через 3 месяца после снятия аппарата при использовании в качестве костнопластического материала КоллАпана, через 6 месяцев после костной пластики губчатый аутооттрансплантатом. Для полного ремоделирования костной ткани после выполнения пострезекционного дефекта коротких костей аутооттрансплантатом из компактного слоя кости требуется не менее одного года.

Подводя итоги исследовательской работы, считаем необходимым отметить что:

- показанием к использованию пластического материала КоллАпан считаем наличие сформированного внутрикостного дефекта трубчатой кости кисти;

- показанием для костной аутопластики считаем наличие сформированных сегментарных дефектов, дефектов суставных концов трубчатых костей кисти, внутрикостных дефектов, осложненных патологическим переломом;

- использование для остеосинтеза мини-аппарата Илизарова обеспечивает необходимую жесткость и управляемость фиксации костных фрагментов и трансплантата и позволяет создавать оптимальные условия для направленной и управляемой регенерации костной ткани у пациентов с пострезекционными дефектами трубчатых костей кисти.

Таким образом, интеграция трансплантата является комплексным процессом и во многом зависит от характеристик выбранного хирургом пластического материала. Проводимые исследования в данной области неизбежно приведут к оптимизации реабилитационных действий при курации пациентов с доброкачественными опухолевыми и опухолеподобными заболеваниями костей кисти.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аутопластика пострезекционных дефектов трубчатых костей кисти при лечении доброкачественных опухолей и опухолеподобных заболеваний с использованием чрескостного остеосинтеза / Л. М. Куфтырев [и др.] // Гений ортопедии. 2004. № 2. С. 16–19.
2. Гайдышев И. П. Решение научных и инженерных задач средствами Excel, VBA и C/C++. СПб.: БХВ — Петербург, 2004. 512 с.
3. Григорьян А. С., Топоркова А. К. Проблемы интеграции имплантатов в костную ткань (теоретические аспекты). М.: Техносфера, 2007. 128 с.
4. Иванов В. И. Об оперативном лечении доброкачественных опухолей скелета и фиброзно-диспластических процессов // Восстановительное лечение при доброкачественных опухолях костей и пограничных заболеваниях: сб. науч. тр. М., 1975. С. 37.
5. Иванцов В. А., Болтрукевич С. И., Калугин А. В. Репаративная регенерация при трансплантации различных форм деминерализованного костного матрикса // Деминерализованные костные трансплантаты и их использование в восстановительной хирургии: сб. науч. тр. СПб., 1996. С. 126–128.
6. Имплантационные материалы и остеогенез. Роль биологической фиксации и остеointegrации в реконструкции кости / Н. А. Корж [и др.] // Ортопедия, травматология и протезирование. 2005. № 4. С. 118–127.
7. Калугин А. В., Болтрукевич С. И. Применение аллогенного деминерализованного костного матрикса при оперативном лечении костных опухолей // Деминерализованные костные трансплантаты и их использование в восстановительной хирургии: сб. науч. тр. СПб., 1996. С. 123–125.
8. Компрессионно-дистракционный аппарат: а. с. 1715333 СССР. № 4055010/14; заявл. 11. 04. 86; опубл. 29. 02. 92, Бюл. 8. 2 с.
9. Микусев И. Е., Хабибуллин Р. Ф., Микусев Г. И. Оперативное лечение больных с костными опухолями ногтевых фаланг пальцев кисти // Медицина в Кузбассе. 2003. № 2. С. 93–94.

10. Новые виды материалов для костной пластики в свете современных представлений о костных трансплантатах / И. А. Кирилова [и др.] // Хирургия позвоночника. 2007. № 2. С. 66–70.
11. Особенности чрескостного остеосинтеза при лечении экзондром костей кисти / В. И. Шевцов [и др.] // Травматология и ортопедия России. 2005. № 2. С. 35–39.
12. Очкуренко А. А., Молочков Х. Х. Применение «Коллапана» в лечении доброкачественных опухолей и опухолеподобных заболеваний костей кисти // Биоматериалы. 2008. № 9. С. 13.
13. Попков А. В., Варганов Е. В. Управляемый чрескостный остеосинтез при лечении больных с опухолями трубчатых костей кисти // Новые технологии в здравоохранении: сб. науч. тр. — Челябинск, 2007. Вып. VI. С. 247–248.
14. Применение коллапана для замещения пострезекционных дефектов у больных с опухолями и опухолеподобными заболеваниями костей / А. В. Балберкин [и др.] // Биоматериалы. 2007. № 7. С. 2–3.
15. Различные виды костно-пластических материалов для восстановления костной структуры / И. А. Кирилова [и др.] // Политравма. 2008. № 4. С. 60–64.
16. Чрескостный остеосинтез при пластике дефектов костей кисти / Е. В. Варганов [и др.] // Новые технологии в здравоохранении: сб. науч. тр. Челябинск, 2007. Вып. VI. С. 137–138.
17. Экспериментальное обоснование применения композитных материалов на основе хитозана и фосфатов кальция для замещения костных дефектов / С. Н. Данильченко [и др.] // Ортопедия, травматология и протезирование. 2009. № 1. С. 66–72.
18. Chondromes de la main traités par curettage-complements par biomatériaux: résultats à plus de 2 ans / F. Gouin [et al.] // Rev. Chir. Orthop. 2001. Vol. 87, No 6. P. 2S158.
19. Curetage avec ou sans greffe osseuse dans le traitement des chondromes de la main / A. Bremner-Smith [et al.] // Rev. Chir. Orthop. 2004. Vol. 90, No 6. P. 2S53–2S54.
20. Enchondroma of the distal phalanx of the hand / K. Shimizu [et al.] // J. Bone Jt. Surg. 1997. Vol. 79-A. P. 898–900.
21. Rinaldi E. Autografts in the treatment of osseous defects in the forearm and hand // J. Hand Surg. 1987. Vol. 12-A, No 2. P. 282–286.
22. Simple curettage without bone grafting for enchondromata of the hand: with special reference to replacement of the cortical window / T. Goto [et al.] // J. Hand Surg. 2002. Vol. 27-B, No 5. P. 446–451.

---

Рукопись поступила 15. 04. 11.

**Сведения об авторах:**

1. Борзунов Дмитрий Юрьевич — ФГУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г. А. Илизарова» Минздравсоцразвития России, ведущий научный сотрудник лаборатории коррекции деформаций, удлинения и замещения дефектов конечностей, д. м. н.
2. Моховиков Денис Сергеевич — ФГУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г. А. Илизарова» Минздравсоцразвития России, врач травматолог — ортопед травматолог — ортопедического отделения № 12.
3. Осипова Елена Владимировна — ФГУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г. А. Илизарова» Минздравсоцразвития России, старший научный сотрудник лаборатории морфологии, к. б. н.