

19. *Партон В.З.* Механика разрушения: от теории к практике. М.: Наука; 1990. [*Parton V.Z.* Destruction mechanics: from theory to practice. Moscow: Nauka; 1990 (in Russian).]
20. *Pasco J.A., Henry M.J., Sanders K.M., Kotowicz M.A., Seeman E., Nicholson G.C.* b-adrenergic blockers reduce the risk of fracture partly by increasing bone mineral density: Geelong Osteoporosis Study. *J. Bone Miner. Res.* 2004; 19: 19–24.
21. *Zebaze R.M., Ghasem-Zadeh A., Bohte A., Iuliano-Burns S., Mirams M., Price R.I., Mackie E.J., Seeman E.* Intracortical remodelling and porosity in the distal radius and post-mortem femurs of women: a cross-sectional study. *Lancet.* 2010; 375 (9727): 1729–36.
22. *Karunaratne A., Boyde A., Esapa C.T., Hiller J., Terrill N.J., Brown S.D., Cox R.D., Thakker R.V., Gupta H.S.* Symmetrically reduced stiffness and increased extensibility in compression and tension at the mineralized fibrillar level in rachitic bone. *Bone.* 2013; 52 (2): 689–98.
23. *Chiang C.Y., Zebaze R.M., Ghasem-Zadeh A., Iuliano-Burns S., Hardidge A., Seeman E.* Teriparatide improves bone quality and healing of atypical femoral fractures associated with bisphosphonate therapy. *Bone.* 2013; 52 (1): 360–5.
24. *Jiang Y., Genant H., Zhao J. et al.* 3D-microCT images. *J. Bone Miner Res.* 2006; 21 (suppl 1): S 44.
25. *Wehrli F.W., Ford J.C., Attie M., Kressel H.Y., Kaplan F.S.* Trabecular structure: preliminary application MR interferometry. *Radiology* 1991; 79 (3): 615–22.
26. *Jeong H., Kim J., Ishida T., Akiyama M., Kim Y.* Computerised analysis of osteoporotic bone patterns using texture parameters characterising bone architecture. *Br. J. Radiol.* 2013; 86 (1021): 20101115.

Сведения об авторе: Родионова Светлана Семеновна — профессор, доктор мед. наук, руководитель научно-клинического Центра остеопороза.

Для контактов: 127299, Москва, ул. Приорова, д. 10, ЦИТО. Тел.: 8 (495) 601-44-07.

ОБЗОРЫ ЛИТЕРАТУРЫ

© В.О. Каленский, П.А. Иванов, 2013

СПОСОБЫ ЛЕЧЕНИЯ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКИХ ДЕФЕКТОВ ДЛИННЫХ КОСТЕЙ КОНЕЧНОСТЕЙ

В.О. Каленский, П.А. Иванов

НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, Москва РФ

Ключевые слова: дистракционный остеогенез, костная пластика, метод индуцированной мембраны, факторы роста.

Treatment Methods of Posttraumatic Defects of Extremity Long Bones

V.O. Kalenskiy, P.A. Ivanov

Key words: distraction osteogenesis, bone graft, induced membrane technique, growth factors.

Посттравматическими дефектами можно назвать дефекты костной ткани, являющиеся последствием тяжелой травмы конечности. Они могут быть как первичными, когда участок кости при открытом переломе утрачивается в момент травмы, или вторичными, когда костная ткань удаляется при последующих хирургических обработках по причине остеонекроза или развития инфекции. Встречаемость посттравматических дефектов длинных костей конечностей довольно высока. Большая частота осложнений, в том числе необратимых, длительные сроки лечения, неудовлетворительные функциональные исходы, а также социальная дезадаптация пациентов делают эту проблему актуальной и значимой. В литературе опи-

сано не менее 20 различных методик и их модификаций по замещению дефектов костей конечностей различной длины. Ни одна из них не является идеальной, каждый способ имеет свои существенные недостатки. Значимость проблемы подтверждает также и то, что хирурги нередко предпочитают простое укорочение сегмента [1] или компенсацию длины конечности за счет удлинения смежного неповрежденного сегмента [2], что по сути является отказом от лечения дефекта ввиду худшего функционального и косметического прогноза, чем сохраняющееся укорочение. Имеется множество публикаций на тему лечения дефектов костей конечностей различной локализации и размера. Среди работ доминируют исследования с дизай-



ном в виде серии случаев, а количество экспериментальных исследований по сравнению разных методик замещения дефекта крайне мало. Это связано с относительно редким поступлением пациентов с дефектами кости, длительностью их лечения и необходимостью многолетнего наблюдения для оценки окончательных исходов.

Таким образом, в настоящее время отмечается недостаток качественной научной информации и, как следствие, отсутствие единого научно обоснованного подхода к лечению костных дефектов.

Целью данного обзора явился анализ классических и новых методов замещения дефектов и оценка их эффективности, основанная на результатах опубликованных клинических исследований. В обзоре рассмотрены только методики, позволяющие полностью восстановить длину поврежденного сегмента и восполнить утраченную костную массу. Протезирование дефекта и перманентное укорочение сегмента не анализировались.

При всем обилии подходов к лечению костных дефектов все методы можно разделить на два принципиально отличных друг от друга типа: дистракционный остеогенез и заполнение дефекта костнопластическими материалами. Главным отличием этих двух типов лечения является то, что при пластике дефекта костнопластический материал находится в зоне первичного очага повреждения, а при дистракционном остеогенезе первичный очаг сокращается на фоне роста регенерата в зоне интактной костной ткани.

Внедренный в СССР в 60-х годах XX века дистракционный остеогенез зарекомендовал себя как надежный и достаточно эффективный метод замещения костных дефектов и получил широкое распространение по всему миру. Надежность метода складывается из двух основных преимуществ: возможности замещать большие по протяженности костные дефекты при полном отсутствии забора костного трансплантата, а также низкой частоты реинфекции при лечении инфицированных несращений [3].

В целом, исходя из классификации исходов лечения по Paley, отличные и хорошие функциональные результаты лечения по разным источникам составляют от 60 до 96% [4–7].

Принцип дистракционного остеогенеза в настоящее время реализуется двумя классическими приемами: транспорт костного фрагмента и острое укорочение сегмента с последующим восстановлением длины.

Транспорт костного фрагмента позволяет без использования костнопластических материалов и без укорочения сегмента восстанавливать протяженные костные дефекты длиной до 20 см и более [5, 6, 8–11]. Первичное сращение достигается в 47–100% случаев [5, 8–12].

Данная методика предполагает большие сроки лечения. Так, средняя длительность лечения варьируется от 1,45 до 2,4 мес на 1 см дефекта [5, 8,

12, 13]. Проблема длительности лечения может быть частично решена за счет дополнительной остеотомии. L. Kristiansen и соавт. [14] при лечении 69 укорочений большеберцовой кости сравнили одно- и двухуровневую остеотомию. Ускорение лечения от 1,7 до 1 мес на 1 см дефекта сопровождалось увеличением количества осложнений.

Технология метода объясняет специфические для него осложнения. По данным [15], на фоне транспорта стыкующийся конец транспортируемого фрагмента становится деваскуляризован. Кроме того, длительное отсутствие контакта между отломками обуславливает образование рубца, препятствующего стыковке и сращению. Несращение в зоне стыковки регистрируют в 35–83% случаев, а решают данную проблему в основном путем ревизии зоны стыковки с костной аутопластикой [5, 8, 12, 13, 16].

Типичным является западение мягких тканей в зону костного дефекта, которое встречается с частотой 8–38,5%. В большинстве случаев недостаток нивелируется на фоне продолжающегося транспорта кости. При сохранении западения, препятствующего контакту отломков, требуется ревизия зоны стыковки [6, 7].

За время транспорта нередко случаи возникновения вторичных смещений, что требует исправления положения отломков с неоднократным рентгенологическим контролем. В 1992 г. M. Raschke и соавт. предложили применять транспорт кости на фоне интрамедуллярного остеосинтеза, назвав метод «монорельсовой системой». К 1996 г. G. Oedekoven и M. Raschke представили результаты 20 случаев применения методики: интрамедуллярная инфекция развилась в 2 (10%) случаях, а время наружной фиксации составило 19,42 дня/см для голени и 15,93 дня/см для бедра [17].

В целом количество осложнений при применении транспорта кости варьируется от 1,53 до 3,55 на 1 пациента [5, 12, 16], с чем связана и высокая частота повторных операций: от 1,25 до 3,3 на 1 пациента без учета операции по снятию внешнего фиксатора [5, 16].

Второй классический метод дистракционного остеогенеза — укорочение с последующим удлинением сегмента — при сохранении большинства преимуществ костного транспорта лишен главного его недостатка — частого несращения в зоне стыковки. Принципиальным отличием метода является одномоментное или максимально ускоренное сопоставление отломков. Таким образом, во время формирования костного регенерата в зоне стыковки уже происходит сращение. Проблемы сращения в зоне стыковки возникают лишь у 3–25% пациентов [12, 18].

В сравнительном исследовании транспорта кости и острого укорочения с последующим удлинением [11] получены схожие результаты по продолжительности лечения (2,4 и 2,65 мес/см соответственно), но в группе транспорта значительно

чаще наблюдалось несращение в зоне стыковки (62% против 25%), а количество повторных операций составило 2,2 на 1 пациента в сравнении с 1 на 1 пациента для группы острого укорочения с последующим удлинением.

Важной положительной особенностью метода острого укорочения является возможность закрытия дефекта мягких тканей без использования микрохирургических операций [3, 4, 19]. Однако сокращение сегмента приводит к гофрированию мягких тканей, появлению венозного застоя, риску возникновения островковых некрозов мягких тканей [20] и такому редкому, но грозному осложнению, как острая ишемия конечности вследствие перегиба или пережатия магистральных сосудов [3, 21].

У всех методов аппаратного дистракционного остеогенеза есть ряд типичных осложнений. Некоторые из них практически неизбежны и выявляются почти у каждого пациента [3]. Особое место среди этих осложнений занимают контрактуры смежных суставов. Стойкие контрактуры возникают у 18–56% пациентов [5, 7, 18, 22]. Даже у пациентов, полностью удовлетворенных функцией конечности, после лечения сохраняются остаточные необратимые явления в виде мышечной слабости (снижение силы мускулатуры голени на $27 \pm 15\%$) и незначительной потери объема движения в пределах 10° [23].

Также характерной проблемой, связанной с использованием аппаратных методик, является воспаление мягких тканей вокруг чрескостных элементов и спицевой остеомиелит, возникающие у 24–100% пациентов [3, 7]. Воспаление появляется приблизительно вокруг 10% чрескостных элементов [4].

Все перечисленные проблемы в совокупности с частым возникновением стойкого отека (до 25% случаев) [18], неудобством от ношения аппарата, необходимостью подбора специальной одежды, эстетической неудовлетворенностью пациента делают данный способ замещения дефектов все менее привлекательным.

Описанных недостатков дистракционного остеогенеза лишены методы замещения дефекта различными костнопластическими материалами, доминирующие позиции среди которых на сегодняшний день принадлежат костным ауто- и аллотрансплантатам.

В то время как хирургическая техника почти для всех вариантов костной пластики схожа, существует множество видов и вариантов подготовки трансплантатов. Среди них можно выделить ауто- и аллотрансплантаты, измельченные и цельные, кортикальные и губчатые трансплантаты. Ауто- и аллотрансплантаты могут быть васкуляризованными и не васкуляризованными. Аллотрансплантаты в свою очередь бывают свежемороженными, лиофилизированными и деминерализованными.

Безусловным преимуществом костной пластики является возможность одномоментного замещения костного дефекта и, при отсутствии инфекции, использования любого способа внутренней фиксации перелома, включая весь ряд внутренних фиксаторов. Благодаря этому пациент имеет возможность ранней и полноценной реабилитации. Отсутствие наружных конструкций обуславливает хороший эстетический эффект и быструю социальную адаптацию пациента.

Как отечественными, так и зарубежными авторами описано множество техник по костной аутопластике дефектов длинных костей конечностей [24–26]. Хотя доказательства превосходства кортикальных ауто- и аллотрансплантатов над губчатыми отсутствуют, еще во второй половине XX века наметилась явная тенденция к применению губчатой кости в качестве основного костнопластического материала [24]. Открытая костная пластика по Раріеи измельченным губчатым ауто- и аллотрансплантатом, несмотря на связь ауто- и аллотрансплантата с внешней средой, в ряде исследований показала достаточную эффективность при лечении инфицированных и «чистых» костных дефектов протяженностью от 1 до 10 см. Сращение наступало в 86–100% случаев [27–30]. С. Robinson и соавт. в опубликованной серии наблюдений отметили частую необходимость в повторной пластике (63%); в 15% случаев потребовалась третья [29]. В сравнительном исследовании [8] сроки лечения пациентов с открытой костной пластикой и дистракционным замещением дефектов в аппарате Илизарова оказались одинаковыми — 1,9 мес на 1 см дефекта. Частота глубоких нагноений по данным С. Robinson составила 20% [29]. Ампутация сегмента фигурирует в 3,3–13,3% случаев [27, 29], а существенное нарушение функции конечности отмечают у 24–40% пациентов [28, 29]. Е. Cristian применил закрытую пластику измельченным ауто- и аллотрансплантатом у 9 пациентов с укрытием зоны дефекта свободным мягкотканым лоскутом. При среднем дефекте 10,25 (6–14) см сращение достигнуто у всех пациентов. Зафиксировано по 1 (11,1%) случаю глубокой инфекции в зоне трансплантата и инфекции в донорской зоне. В 2 (22,2%) случаях потребовалась повторная пластика. В связи с этапностью лечения количество операций составило более 4 на 1 пациента [31].

При наличии протяженного дефекта пластика губчатым измельченным трансплантатом существенно затруднена, что связано в первую очередь с недостатком материала и возрастающим количеством осложнений [29, 31]. Замещение дефектов кортикальным ауто- и аллотрансплантатом из малоберцовой кости позволило решить проблему недостатка губчатого трансплантата. При применении этого типа пластики сращение наступает в 67,5–91,6% случаев [32–34]. При средних размерах дефекта от 9 до 24 см сроки лечения варьируются в пределах 4–20 мес, в среднем составляя 10–12 мес [32–34].

Хорошие функциональные результаты удается получить в 73,0–91,6% случаев [32, 34]. Гипертрофия трансплантата отмечается в 55–70% случаев [32, 34]. W. Enneking доложил о случаях гипотрофии трансплантата у 9% пациентов [32].

Основной проблемой применения подобной техники явилась стрессовая рефрактура в центре трансплантата как самое частое осложнение, возникающее у 7,6–45% пациентов после сращения обеих стыковочных зон трансплантата с реципиентной костью. В исследованиях [32, 34] гистологически подтверждена хорошая реваскуляризация малоберцовых аутоотрансплантатов, которая всегда менее выражена в центре трансплантата. Также отмечена низкая эффективность интрамедуллярной фиксации трансплантатов (спицами и стержнями Штейнмана) в предотвращении стрессовых рефрактур и показана зависимость количества переломов от длины трансплантата: для трансплантатов длиной более 12 см частота рефрактур составила 58%, для коротких — 16% [32].

Нередки случаи несращения как в области стыковки трансплантата с костью, так и в зоне стрессовой рефрактуры — 8,3–32,5% [32, 34]. Инфекционные осложнения встречаются в 5–26,9% случаев [32, 34], а в 9,6% наблюдений влекут за собой ампутацию [34].

С целью улучшения результатов лечения ряд авторов предпочитает проводить костную пластику васкуляризованными аутоотрансплантатами. Данный вид трансплантатов помимо остеоиндукции и остеокондукции имеет свойство остеогенеза за счет сохранения большого количества живых клеток в трансплантате, что было доказано при гистологических исследованиях [35].

При средних размерах дефектов 4,3–19 см сроки сращения на фоне применения васкуляризованного трансплантата варьируются в диапазоне 5,5–7,6 мес с хорошими и отличными результатами в 54,5–85,7% случаев [35–39]. В исследованиях [36–38] частота первичных сращений приблизительно одинакова и составляет 87,5–89,5%. Рефрактуры трансплантата возникают у 7,9–21% пациентов, но в большинстве крупных серий их частота не превышает 15% [36–38].

Несращения в зонах соприкосновения трансплантата с реципиентной костью возникают в 10,5–12,5% случаев, повторную костную пластику измельченным губчатым аутоотрансплантатом проводят у 15,1–50% пациентов [36, 38]. A. Minami и соавт. [38] предложили рутинную пластику измельченным губчатым трансплантатом в зонах стыковки на этапе установки васкуляризованного трансплантата.

Разницу длины конечностей в исходе лечения отмечают в 26,3–69,2% наблюдений, что связано с интрамедуллярным положением трансплантата и непредсказуемым укорочением конечности на фоне формирования сращения в зонах стыковки трансплантата с реципиентной костью [37, 39]. Инфек-

ционные осложнения встречаются в 7,8–18,4% случаев [35–37]. В отличие от серий пациентов с пластикой не васкуляризованными трансплантатами ни в одной из изученных публикаций по использованию васкуляризованных аутоотрансплантатов нагноение не описано как причина удаления трансплантата при условии функционирования его сосудистой ножки. У 1,9–9,1% пациентов персистирующая инфекция потребовала ампутации сегмента [35, 36, 38]. Осложнения в донорской зоне, типичные для пластики трансплантатами из малоберцовой кости, составляют 7,5–36% и представлены в основном патологией малоберцового нерва и нестабильностью наружной лодыжки [32–34, 38].

В целом в исследованиях отмечается тенденция к ускорению сращения на фоне пластики васкуляризованными трансплантатами по сравнению с не васкуляризованными. С другой стороны, необходимость микрохирургических навыков, специального инструментария, большая продолжительность операции (в среднем 7,7 ч [36]), риск большой кровопотери (в среднем 1300 мл [36]) ограничивают применение этого метода.

Удачной альтернативой оказалось применение васкуляризованного малоберцового аутоотрансплантата в сочетании с массивными костными аллотрансплантатами, предложенное R. Saranna в 1988 г. [40]. Однако, как и классическая костная аллопластика массивным аллотрансплантатом, методика не получила распространения в лечении посттравматических дефектов, что прежде всего объясняется повышенным риском инфекционных осложнений на фоне применения аллотрансплантата. Данные методы успешно применяются в ортопедии при замещении пострезекционных дефектов костей.

Принципиально новым методом костной пластики является метод индуцированной мембраны, названный по имени автора A. Masquelet. Лечение предусматривает два последовательных этапа. Первым этапом на фоне фиксации костных отломков внешним или внутренним фиксатором производится индукция биологически активной соединительнотканной оболочки в зоне костного дефекта путем имплантации в нее цилиндра из полиметилметакрилатного цемента на срок 1,5–2 мес. Вторым этапом осуществляют изъятие цилиндра и помещают костный трансплантат в полость, ограниченную этой оболочкой. При гистологических исследованиях полученной соединительнотканной капсулы подтверждена ее хорошая васкуляризация и способность к синтезу факторов роста кости, таких как VEGF, TGFβ и BMP-2 [41]. Таким образом, эта структура может выполнять функции утраченной надкостницы в зоне дефекта.

Преимуществами метода являются кратковременное ношение наружных фиксирующих устройств, а также возможность внутреннего остеосинтеза на обоих этапах лечения. В сравнении с классической аутопластикой методика выигрывает

за счет возможности укладки в полость мембраны трансплантатов полужидкой консистенции, таких как аспират от рассверливания костномозгового канала. В 2003 г. А. Masquelet представил результаты лечения 35 пациентов, у которых провел замещения дефектов размерами от 4 до 25 см, используя внедренный метод. В срок до 4 мес констатировано заполнение дефекта, а в среднем через 8,5 (6–17) мес пациентам разрешалась полная нагрузка на конечность без дополнительной опоры [42].

Время закрытия костных дефектов вне зависимости от их протяженности с применением этого метода составляет от 4 до 11 мес при частоте сращений 85–100%. Частота инфекционных осложнений варьируется в диапазоне 9–33,3% [41–45]. Вследствие рецидивирующей инфекции потребность в ампутации сегмента возникала в 4–7,1% случаев [44, 46].

Функциональные исходы в публикациях на тему пластики по Masquelet описаны недостаточно. По данным С. Karger и соавт. [46], в серии из 84 пациентов у 13,1% пациентов возникли стойкие нарушения движений в суставах, потребовавшие корригирующих операций.

Значимые изменения в получении костного аутоматериала для пластики по Masquelet произошли после появления на рынке системы RIA (Reamer-Irrigator-Aspirator; «Synthes»), предназначенной для малотравматичного рассверливания костномозгового канала с возможностью сбора полученной в ходе процедуры костной стружки. При применении RIA в распоряжении хирурга имеются 4 интрамедуллярные донорские зоны в крупных костях нижних конечностей. При этом осложнения в донорской зоне по существующим данным представлены исключительно бессимптомной гетеротопической оссификацией, возникающей в 9,5–18% случаев [43, 45].

Все виды костной пластики демонстрируют хорошие результаты лечения при отсутствии инфекции (в частности, после резекции костных опухолей), но при лечении посттравматических дефектов, а также дефектов, возникающих при остеомиелите, применение этих методик имеет ряд ограничений, а некоторые из них противопоказаны.

Альтернативой костной пластике и дистракционному остеогенезу являются синтетические костнопластические материалы (СКПМ). Отсутствие необходимости забора собственной костной ткани, неограниченное количество материала, простота хранения, легкость применения, возможность создания любых форм выпуска (цельные блоки, порошки, гранулы, жидкий цемент, паста), возможность смешивания с антибиотиками и факторами роста — привлекательные свойства современных СКПМ. Существенный недостаток всех СКПМ, критически ограничивающий их применение и отличающий их от тканевых трансплантатов, — отсутствие способности к остеиндукции и остеогенезу.

В лечении протяженных диафизарных дефектов СКПМ практически не используются, о чем свидетельствует крайне малое количество публикаций на эту тему. В большинстве работ идет речь о применении СКПМ при дефектах губчатой костной ткани, имеющей гораздо больший регенеративный потенциал по сравнению с кортикальной.

В замещении костных дефектов нашли применение соли кальция (фосфаты и сульфаты), а также гидроксипатит (как природный коралловый, так и синтетический). Данные ряда обзоров литературы свидетельствуют о непригодности солей кальция для замещения больших костных дефектов, в то время как лечение с их помощью малых метаэпифизарных дефектов может давать хорошие результаты [47, 48]. Так, например, в обзоре, посвященном применению препаратов сульфата кальция, отмечены удовлетворительные результаты при заполнении костных полостей объемом до 20 мл и, с другой стороны, прирост количества осложнений на фоне применения материала в большем объеме [47].

В связи с развитием биотехнологий, разработкой способов синтеза факторов роста костной ткани в области лечения костных дефектов появилось новое направление: местная стимуляция остеогенеза. В настоящее время в литературе представлено множество работ по изучению эффективности различных факторов роста костной ткани при лечении дефектов костей у животных [49]. Среди всех факторов роста костной ткани в ряде клинических исследований доказана только эффективность белка BMP. Тем не менее публикации на тему его применения в клинической практике противоречивы [50], и на сегодняшний день качественных исследований по оценке его эффективности при лечении циркулярных протяженных дефектов у человека нами не найдено. Местная стимуляция остеогенеза является одним из самых перспективных направлений в решении проблемы сращения переломов в целом и лечения больших костных дефектов в частности.

По мере роста количества высокоэнергетических травм во всем мире возрастает и актуальность проблемы костных дефектов.

Лечение протяженных диафизарных костных дефектов всегда было сопряжено с большой частотой осложнений, длительным периодом лечения, ограничением функции сегмента, множественными повторными операциями. На сегодняшний день научно обоснованных данных по этой клинической проблеме мало. Это выражается в малочисленности экспериментальных сравнительных исследований применения различных методик, низком уровне доказательности имеющихся публикаций, малочисленности выборок пациентов во всех исследованиях. Несмотря на то что в нескольких экспериментальных и обзорных исследованиях предпринята попытка сформулировать показания для применения того или иного

метода, в целом не существует четких алгоритмов лечения сегментарных дефектов крупных костей. Выбор тактики ведения конкретного пациента с дефектом кости во многом основывается на личном опыте хирурга и его интуиции.

За последние 20 лет появились новые хирургические техники и новые костнопластические материалы, предлагающие большую эффективность в сочетании с большим комфортом для пациента и лучшими перспективами восстановления функции по сравнению с классическими методами лечения. Тем не менее успех применения этих техник продемонстрирован лишь в единичных сериях случаев и ряде экспериментальных контролируемых исследований на животных.

Требуется проведение качественных сравнительных исследований на больших выборках пациентов для получения информации более высокого уровня доказательности, а также разработка на их основе алгоритмов лечения, позволяющих подобрать оптимальный подход для каждого конкретного пациента с костным дефектом.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Dhar S.A., Kawoosa A.A., Butt M.F., Ali M.F., Mir M.R., Halwai M.A. Acute invaginating docking for infected non-unions of the humerus. *J. Orthop. Surg. (Hong Kong)*. 2008; 16 (3): 290-4.
2. Rozbruch S.R., Weitzman A.M., Watson T.J., Freudigman P., Katz H.V., Ilizarov S. Simultaneous treatment of tibial bone and soft-tissue defects with the Ilizarov method. *J. Orthop. Trauma*. 2006; 20 (3): 197-205.
3. Тихилов Р.М., Кочиш А.Ю., Родоманова Л.А., Кутянов Д.И., Афанасьев А.О. Возможности современных методов реконструктивно-пластической хирургии в лечении больных с обширными посттравматическими дефектами тканей конечностей (обзор литературы). *Травматология и ортопедия России*. 2011; 2 (60): 164-70. [Tikhilov R.M., Kochish A.Yu., Rodomanova L.A., Kutyanov D.I., Afanac'ev A.O. Possibilities of modern technique of plastic reconstruction surgery in the treatment of patients with major posttraumatic defects of extremities. *Travmatologiya i ortopediya Rossii*. 2011; 2; 60: 164-70 (in Russian).]
4. Sen C., Kocaoglu M., Eralp L., Gulsen M., Cinar M. Bifocal compression-distraction in the acute treatment of grade III open tibia fractures with bone and soft-tissue loss: a report of 24 cases. *J. Orthop. Trauma*. 2004; 18 (3): 150-7.
5. Bobroff G.D., Gold S., Zinar D. Ten year experience with use of Ilizarov bone transport for tibial defects. *Bull. Hosp. Jt. Dis*. 2003; 61 (3-4): 101-7.
6. Paley D., Catagni M.A., Argnani F., Villa A., Benedetti G.B., Cattaneo R. Ilizarov treatment of tibial nonunions with bone loss. *Clin. Orthop. Relat. Res*. 1989; (241): 146-65.
7. Chaddha M., Gulati D., Singh A.P., Maini L. Management of massive posttraumatic bone defects in the lower limb with the Ilizarov technique. *Acta Orthop. Belg*. 2010; 76 (6): 811-20.
8. Green S.A. Skeletal defects: a comparison of bone grafting and bone transport for segmental skeletal defects. *Clin. Orthop. Relat. Res*. 1994; 301: 111-7.
9. Борзунов Д.Ю. Несвободная костная пластика по Г.А. Илизарову в проблеме реабилитации больных с дефектами и ложными суставами длинных костей. *Гений ортопедии*. 2011; 1: 26-31. [Borzunov D.Yu. Ilizarov non-free bone plasty in problem of rehabilitation of patients with defects and pseudarthroses of long bones. *Geniy ortopedii*. 2011; 2: 26-31 (in Russian).]
10. Пучков Г.М., Галецкий В.С. Опыт удлинения костей голени при дефекте – диастазе берцовых костей на базе травматологического отделения МУЗ ГБ 1 г. Братска. *Бюллетень ВШЦ СО РАМН*. 2006; (50): 274-7. [Puchkov G.M., Galestkiy V.S. Experience in lengthening of crus bones in defects (tibial and fibular diastasis) at the Traumatologic Department of Bratsk City Hospital № 1. *Bulletin VSNC SO RAMN*. 2006; 50: 274-7 (in Russian).]
11. Борзунов Д.Ю. Замещение дефектов длинных костей полилокальным удлинением отломков. *Травматология и ортопедия России*. 2006; 4 (42): 24-9. [Borzunov D.Yu. Substitution for long bone defects by polylocal bone fragments lengthening. *Travmatologiya i ortopediya Rossii*. 2006; 4; 42: 24-9 (in Russian).]
12. Saleh M., Rees A. Bifocal surgery for deformity and bone loss after lower-limb fractures: comparison of bone-transport and compression-distraction model. *J. Bone Joint Surg. Br*. 1995; 77(3): 429-34.
13. Song H.R., Cho S.H., Koo K.H., Jeong S.T., Park Y.J., Ko J.H. Tibial bone defects treated by internal bone transport using the Ilizarov method. *Int. Orthop*. 1998; 22 (5): 293-7.
14. Kristiansen L.P., Steen H. Reduced lengthening index by use of bifocal osteotomy in the tibia: comparison of monofocal and bifocal procedures with the Ilizarov external fixator. *Acta Orthop. Scand*. 2002; 73 (1): 93-7.
15. Green S.A., Jackson J.M., Wall D.M., Marinow H., Ishkhanian J. Management of segmental defects by the Ilizarov intercalary bone transport method. *Clin. Orthop. Relat. Res*. 1992; 280: 136-42.
16. Paley D., Maar D.C. Ilizarov bone transport treatment for tibial defects. *J. Orthop. Trauma*. 2000; 14 (2): 76-85.
17. Oedekoven G., Jansen D., Raschke M., Claudi B.F. The monorail system — bone segment transport over unreamed interlocking nails. *Chirurg*. 1996; 67(11): 1069-79.
18. Krishnan A., Pamecha C., Patwa J.J. Modified Ilizarov technique for infected nonunion of the femur: the principle of distraction-compression osteogenesis. *J. Orthop. Surg. (Hong Kong)* 2006; 14 (3): 265-72.
19. Bundgaard K.G., Christensen S. Tibial bone loss and soft-tissue defect treated simultaneously with Ilizarov-technique: a case report. *Acta Orthop. Scand*. 2000; 71 (5): 534-36.
20. Khan U., Pickford M. Use of an islanded fasciocutaneous flap in the lower limb following distraction callotaxis. *Br. J. Plast. Surg*. 2000; 53 (8): 705-6.
21. Lowenberg D.W., Feibel R.J., Louie K.W., Eshima I. Combined muscle flap and Ilizarov reconstruction for bone and soft tissue defects. *Clin. Orthop. Relat. Res*. 1996; 332: 37-51.
22. Sen C., Eralp L., Gunes T., Erdem M., Ozden V.E., Kocaoglu M. An alternative method for the treatment of nonunion of the tibia with bone loss. *J. Bone Joint Surg. Br*. 2006; 88 (6): 783-9.
23. Giannikas K.A., Maganaris C.N., Karski M.T., Twigg P., Wilkes R.A., Buckley J.G. Functional outcome following bone transport reconstruction of distal tibial defects. *J. Bone Joint Surg. Am*. 2005; 87 (1): 145-52.
24. Mumford J.E., Simpson A.H.R.W. Management of bone defects: a review of available techniques. *Iowa Orthop. J*. 1992; 12: 42-9.
25. Чаклин В.Д. Костная пластика. М.: Медицина. 1971. [Chaklin V.D. Bone plasty. Moscow; Medicina; 1971 (in Russian).]

26. Волков М.В., Бережной А.Л., Вирабов С.В. Замещение дефектов костей аллопластическим материалом по методу «вязанки хвороста». Ортопедия, травматология и протезирование. 1983; 13: 10–4. [Volkov M.V., Berezhnoy A.P., Virabov S.V. Substitution for bone defects by alloplastic materials by «faggot» method. *Ortopediya, travmatologiya i protezirovaniye*. 1983; 13: 10–4 (in Russian).]
27. Green S.A., Dlabal T.A. The open bone graft for septic nonunion. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1983; 180: 117–24.
28. Malkawi H., Shannak A., Sunna P. Active treatment of segmental defects of long bones with established infection: a prospective study. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1984; 184: 241–8.
29. Robinson C.M., McLauchlan G., Christie J., Court-Brown C.M. Tibial fractures with bone loss treated by primary reamed intramedullary nailing. *J. Bone Joint Surg. Br.* 1995; 77 (6): 906–13.
30. Chen Z.W., Liu H., Zhai W.L., Zeng J.H. Treatment of infected bone defect with one stage open cancellous bone grafting. *Zhongguo Gu Shang*. 2008; 21 (5): 377–8.
31. Christian E.P., Bosse M.J., Robb G. Reconstruction of large diaphyseal defects, without free fibular transfer, in Grade-IIIB tibial fractures. *J. Bone Joint Surg. Am.* 1989; 71 (7): 994–1004.
32. Enneking W.F., Eady J.L., Burchardt H. Autogenous cortical bone grafts in the reconstruction of segmental skeletal defects. *J. Bone Joint Surg. Am.* 1980; 62 (7): 1039–58.
33. Krieg A.H., Hefti F. Reconstruction with non-vascularised fibular grafts after resection of bone tumours. *J. Bone Joint Surg. Br.* 2007; 89 (2): 215–21.
34. Yadav S.S. Dual-fibular grafting for massive bone gaps in the lower extremity. *J. Bone Joint Surg. Am.* 1990; 72 (4): 486–94.
35. Chacha P.B., Ahmed M., Daruwalla J.S. Vascular pedicle graft of the ipsilateral fibula for non-union of the tibia with a large defect: an experimental and clinical study. *J. Bone Joint Surg. Br.* 1981; 63 (2): 244–53.
36. Hsu R.W., Wood M.B., Sim F.H., Chao E.Y. Free vascularised fibular grafting for reconstruction after tumour resection. *J. Bone Joint Surg. Br.* 1997; 79 (1): 36–42.
37. Ebeid W., Amin S., Abdelmegid A., Refaat Y., Ghoneimy A. Reconstruction of distal tibial defects following resection of malignant tumours by pedicled vascularised fibular grafts. *Acta Orthop. Belg.* 2007; 73 (3): 354–9.
38. Minami A., Kasashima T., Iwasaki N., Kato H., Kaneda K. Vascularised fibular grafts: an experience of 102 patients. *J. Bone Joint Surg. Br.* 2000; 82 (7): 1022–5.
39. Пальшин Г.А. Использование несвободных васкуляризованных ауто трансплантатов смежных трубчатых костей при замещении костных дефектов с применением аллоимплантата «Перфоост». Бюллетень ВСНЦ РАМН. 2006; 4 (50): 246–52. [Pal'shin G.A. Use of non-free vascularized autografts of adjacent tubular bones in substitution for bone defects by «Perfoost» alloimplant. *Bulletin VSNC SO RAMN*. 2006; 4 (50): 246–52 (in Russian).]
40. Capanna R., Campanacci D.A., Belot N., Beltrami G., Manfrini M., Innocenti M., Ceruso M. A new reconstructive technique for intercalary defects of long bones: the association of massive allograft with vascularized fibular autograft, long-term results and comparison with alternative techniques. *Orthop. Clin. North Am.* 2007; 38 (1): 51–60.
41. Pelissier P., Masquelet A.C., Bareille R., Pelissier S.M., Amedee J. Induced membranes secrete growth factors including vascular and osteoinductive factors and could stimulate bone regeneration. *J. Orthop. Res.* 2004; 22 (1): 73–9.
42. Masquelet A.C., Fitoussi F., Begue T., Muller G.P. Reconstruction of the long bones by the induced membrane and spongy autograft. *Ann. Chir. Plast. Esthet.* 2000; 45 (3): 346–53.
43. Donegan D.J., Scolaro J., Matuszewski P.E., Mehta S. Staged bone grafting following placement of an antibiotic spacer block for the management of segmental long bone defects. *Orthopedics*. 2011; 34 (11): 730–5.
44. Stafford P.R., Norris B.L. Reamer-irrigator-aspirator bone graft and bi Masquelet technique for segmental bone defect nonunions: a review of 25 cases. *Injury*. 2010; 41, Suppl. 2: S72–7.
45. McCall T.A., Brokaw D.S., Jelen B.A., Scheid D.K., Scharfenberger A.V., Maar D.C., Green J.M., Shipps M.R., Stone M.B., Musapatika D., Weber T.G. Treatment of large segmental bone defects with reamer-irrigator-aspirator bone graft: technique and case series. *Orthop. Clin. North. Am.* 2010; 41 (1): 63–73.
46. Karger C., Kishi T., Schneider L., Fitoussi F., Masquelet A.C. Treatment of posttraumatic bone defects by the induced membrane technique. *Orthop. Traumatol. Surg. Res.* 2012; 98 (1): 97–102.
47. Beuerlein M.J., McKee M.D. Calcium sulfates: what is the evidence? *J. Orthop. Trauma*. 2010; 24, Suppl 1: S46–51.
48. De Long W.G., Jr, Einhorn T.A., Koval K., McKee M., Smith W., Sanders R., Watson T. Bone grafts and bone graft substitutes in orthopaedic trauma surgery: a critical analysis. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2007; 89 (3): 649–58.
49. Булатов А.А. Деминерализованные костные трансплантаты и индукционный остеогенез. Травматология и ортопедия России. 2005; 2 (35): 53–60. [Bulатов A.A. Demineralized bone grafts and induction osteogenesis. *Travmatologiya i ortopediya Rossii*. 2005; 2 (35): 53–60 (in Russian).]
50. Schmidmaier G., Capanna R., Wildemann B., Beque T., Lowenberg D. Bone morphogenetic proteins in critical-size bone defects: what are the options? *Injury*. 2009; 40, S3: 39–43.

Сведения об авторах: Каленский В.О. — младший науч. сотр. отделения сочетанной и множественной травмы; Иванов П.А. — доктор мед. наук, руководитель отделения сочетанной и множественной травмы.

Для контактов: Каленский Всеволод Олегович. 129010, Москва, Б. Сухаревская пл., д. 3. Тел.: +7 (926) 784–66–13. E-mail: vsevolod.kalenskiy@gmail.com.