

Комбинированное применение несвободной костной пластики по Илизарову и техники Masquelet при реабилитации пациентов с приобретенными костными дефектами и ложными суставами

Д.Ю. Борзунов^{1,2}, Д.С. Моховиков³, С.Н. Колчин³, Е.Н. Горбач³

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Екатеринбург, Россия

²Муниципальное автономное учреждение "Центральная городская клиническая больница № 23", г. Екатеринбург, Россия

³Федеральное государственное бюджетное учреждение

«Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Курган, Россия

Combined use of the Ilizarov non-free bone plasty and Masquelet technique in patients with acquired bone defects and pseudarthrosis

D. Yu. Borzunov^{1,2}, D.S. Mokhovikov³, S.N. Kolchin³, E.N. Gorbach³

¹Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russian Federation

²Central City Clinical Hospital, Ekaterinburg, Russian Federation

³Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation

Введение. Техника формирования индуцированной мембраны Masquelet эффективно применяется для замещения приобретенных гетерогенных дефектов и ложных суставов длинных костей. Комбинация технологии Masquelet и несвободной костной пластики по Илизарову является перспективной и снижает риски рецидивов несращений в отдаленном периоде наблюдений у пациентов с врожденными ложными суставами. **Цель.** Представление новых технологических решений, позволяющих объединить преимущества транспорта кости по Илизарову и костной пластики по Masquelet при их комбинированном применении у пациентов с приобретенными костными дефектами. **Материалы и методы.** Ретроспективная оценка результатов восстановительного лечения 10 ранее безуспешно оперированных пациентов, которым для восполнения дефектов длинных костей применили комбинацию технологий костной пластики по Илизарову и Masquelet. У всех пациентов исследовали фрагменты биомембраны, формирующейся вокруг цементного спейсера, временно замещающего область диастаза костей голени после резекции области дефекта или псевдоартроза. Исследования осуществляли с применением санного микротомы «Reichard», стереомикроскопа AxioScope и цифровой камеры AxioCam ICc 5, сканирующего электронного микроскопа «JSM-840» и рентгеновского электронно-зондового микроанализатора INCA-200 Energy. **Результаты и обсуждение.** При комбинации несвободной костной пластики по Илизарову и техники Masquelet происходит транспорт сформированных фрагментов в особые благоприятных для репаративно-восстановительных процессов условиях. После удаления спейсера имеется сформированный туннель в области межотломкового диастаза, стенками которого и является индуцированная мембрана. Транспорт кости осуществляется без технических проблем через ранее скомпрометированные ткани, на момент distraction санированные, вне рубцов. При этом имеются невысокие риски воспаления вокруг чрескостных элементов, отсутствует опасность прорезания и перфорации мягких тканей перемещаемыми фрагментами. **Выводы.** Полная органотипическая перестройка distraction регенерата при применении несвободной костной пластики по Илизарову и техники Masquelet исключает вероятность формирования деформаций или переломов на уровне новообразованных участков кости. Активный distraction гистогенез обеспечивает закрытие дефектов мягких тканей без дополнительных реконструктивно-пластических вмешательств. Выявленная зависимость кровоснабжения индуцированной мембраны от ранее применяемого способа лечения может служить критерием прогнозирования результата лечения пациентов с приобретенными костными дефектами и ложными суставами.

Ключевые слова: метод Илизарова, методика Masquelet, костный дефект, ложный сустав, индуцированная мембрана

Introduction The Masquelet induced membrane technique is effective in the management of acquired heterogeneous long bone defects and pseudarthrosis. The combination of the Masquelet technology and Ilizarov non-free bone grafting seems promising and reduces the risks of recurrence at long-term in patients with congenital pseudarthrosis. **Purpose** Presentation of new technological solutions that allow combining the advantages of the Ilizarov bone transport and Masquelet bone grafting in patients with acquired bone defects. **Materials and methods** Retrospective assessment of the results of bone reconstruction in 10 patients who were treated by a combination of Ilizarov and Masquelet bone grafting technologies to repair long bone defects after failures of previous treatment. Fragments of the biomembrane formed around the cement spacer temporarily replacing the tibial gap after resection bone defect or pseudarthrosis were examined in all patients. The studies were carried out using a Reichard sledge microtome, an AxioScope stereomicroscope and an AxioCam ICc 5 digital camera, a JSM-840 scanning electron microscope and an INCA-200 Energy X-ray electron probe microanalyzer. **Results and discussion** The combined Masquelet technique and Ilizarov non-free bone plasty provide the conditions that are favorable for reparative processes of the transported fragments. After removal of the spacer, there is a tunnel formed in the interfragmental gap, the walls of which are made of the induced membrane. Bone transport is carried out without technical problems through the compromised tissues which are debrided at the time of distraction initiation, outside the scars. At the same time, there are low risks of inflammation around the transosseous elements; there is no danger of cutting and perforation of soft tissues by transported fragments. **Conclusions** Complete organotypic rearrangement of the distraction regenerate with the use of Ilizarov non-free bone plasty and the Masquelet technique excludes the possibility of deformities or fractures at the level of newly formed bone areas. Active distraction histogenesis ensures the closure of soft tissue defects without additional reconstructive plastic interventions. The revealed dependence of the induced membrane blood supply on the method of treatment previously used might be a criterion for predicting the treatment outcome in patients with acquired bone defects and pseudarthrosis.

Keywords: Ilizarov method, Masquelet method, bone defect, pseudarthrosis, induced membrane

ВВЕДЕНИЕ

Техника формирования индуцированной мембраны (ИМТ) в комбинации с губчатыми аутотрансплантатами, предложенная Masquelet в 1986 году, в настоящее время

эффективно применяется для замещения приобретенных гетерогенных дефектов и ложных суставов длинных костей, сформированных после резекций и лучевой

Комбинированное применение несвободной костной пластики по Илизарову и техники Masquelet при реабилитации пациентов с приобретенными костными дефектами и ложными суставами / Д.Ю. Борзунов, Д.С. Моховиков, С.Н. Колчин, Е.Н. Горбач // Гений ортопедии. 2020. Т. 26, № 4. С. 532-538. DOI 10.18019/1028-4427-2020-26-4-532-538

Borzunov D.Yu., Mokhovikov D.S., Kolchin S.N., Gorbach E.N. Combined use of the Ilizarov non-free bone plasty and Masquelet technique in patients with acquired bone defects and pseudarthrosis. *Genij Ortopedii*, 2020, vol. 26, no 4, pp. 532-538. DOI 10.18019/1028-4427-2020-26-4-532-538

терапии при первичных костных опухолях, травмы и ее последствий, в том числе в условиях активной гнойной инфекции и остеомиелитического процесса [1]. Мы имеем опыт успешного замещения врожденных ложных суставов костей голени при формировании индуцированной мембраны в условиях чрескостного остеосинтеза [2]. Также данная технология была смоделирована нами в эксперименте на беспородных собаках [3, 4]. Комбинация технологии Masquelet и несвободной костной пластики по Илизарову, по нашему мнению, является перспективной и снижает риски рецидивов несращения в отдаленном периоде наблюдений у пациентов с врожденными ложными суставами.

Ранее коллеги при использовании техники Masquelet отдавали предпочтение внешним фиксаторам для остеосинтеза. Рассматривая внешнюю фиксацию только как систему, позволяющую фиксировать и стабилизировать костные отломки, авторы отмечали недостатки, связанные со снижением качества жизни пациентов при длительном лечении и продолжительной по срокам фиксации сегмента аппаратом, необходимой для ремоделирования костнопластического материала и его органотипической перестройки. В настоящее время концепция ИМТ в основном подразумевает использование для остеосинтеза погружных металлоконструкций, предпочтение исследователи отдают интрамедуллярным стержням [1, 5, 6]. В настоящее время нет однозначного позитивного отношения к технологии Masquelet. При аналитическом обзоре литературы по данной проблеме встречаются исследования, которые ставят под сомнение ее эффективность и результативность [7].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Ретроспективно мы оценили результаты восстановительного лечения 10 пациентов, которым для восполнения дефектов длинных костей применили комбинацию технологий костной пластики по Илизарову и Masquelet.

Все пациенты были пролечены в одном отделении РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова в 2016–2019 годах. Двое пациентов были женского пола, восемь – мужчин. Все пациенты были в трудоспособном возрасте от 27 до 62 лет и имели посттравматическую этиологию псевдоартрозов и дефектов. Травму в результате ДТП получили восемь пострадавших, бытовой характер травмы был у одного пациента, последствия производственной травмы имел также один больной. Давность травмы была от одного года до 7 лет ($3,7 \pm 1,5$). Все пациенты были ранее безуспешно оперированы, трое из них многократно, точное количество операций указать не могли, полная медицинская документация у больных отсутствовала. При сборе анамнеза и знакомства с медицинской документацией удалось выяснить, что интрамедуллярный блокируемый остеосинтез применяли 4 пациентам, накостный остеосинтез использовался у 5 больных, 8 пациентов перенесли чрескостный остеосинтез. В результате травм, неоднократных и безуспешных оперативных вмешательств мягкие ткани у всех пациентов были рубцово изменены и спаяны на протяжении с костными отломками. Все пациенты имели в анамнезе остеомиелитический процесс. В результате травм и безуспешных оперативных вмешательств у 4 больных были сформированы дефекты и ложные суставы бедренной кости,

Общеизвестны также определенные недостатки чрескостного остеосинтеза, связанные, в первую очередь, со снижением качества жизни пациентов, длительным и многоэтапным лечением, риском воспаления мягких тканей в области чрескостных элементов фиксации, развитием контрактур смежных суставов и т.д. [8–10].

По данным М. Мi, С. Parakostidis, P.V. Giannoudis [11], при сравнительном анализе результатов лечения пациентов с использованием несвободной костной пластики по Илизарову (37 источников информации) и исходов оперативного лечения по Masquelet (проанализирована 41 статья) не имелось статистически значимых и достоверных преимуществ по частоте достижения сращения, формирования деформаций сегмента, рискам развития инфекционных осложнений, неблагоприятным исходам, закончившимся ампутацией конечности. Однако у пациентов, получивших лечение по технологии Masquelet, частота рефрактур была в 8,5 раз чаще, чем при применении несвободной костной пластики по Г.А. Илизарову. Вероятно, это было связано с более длительной и незавершенной органотипической перестройкой массивных свободных имплантатов, в том числе и в условиях формирования индуцированной мембраны.

Целью нашей работы был поиск новых технологических решений, позволяющих объединить преимущества транспорта кости по Илизарову и костной пластики по Masquelet при их комбинированном применении у пациентов с приобретенными костными дефектами.

При разработке дизайна комбинированного применения технологий костной пластики по Илизарову и Masquelet мы принимали к сведению критическое мнение коллег об определенных недостатках и рисках их использования.

также у четырех пациентов имелись несращения берцовых костей. Дефект плечевой кости величиной 7 см имела одна пациентка, дефект диафиза локтевой кости на протяжении 5 см был выявлен у одного больного.

Сформированные несращения были классифицированы по Karger C. et al. [10]. Дефекты I класса (< 2 см) встретили у одного пациента, II класс (2–5 см) был представлен 4 клиническими наблюдениями, III класс (5–10 см) был выявлен у 5 больных. Пациентов, имевших дефекты IV класса, (> 10 см) мы не верифицировали. По классификации В.И. Шевцова с соавт. [13] выявленные несращения были характерны для дефект-псевдоартрозов с анатомическим укорочением (у 6 пациентов), вариант без анатомического укорочения сегмента определен в одном клиническом наблюдении. Дефект-диастазы с анатомическим укорочением сегмента выявили у двух больных, не имел анатомического укорочения один пациент. Таким образом, анатомические укорочения сегментов были выявлены в диапазоне от одного до 7 см ($4,6 \pm 2,2$).

У всех пациентов исследовали фрагменты биомембраны, формирующейся вокруг цементного спейсера, временно замещающего область диастаза костей голени после резекции зоне дефекта или псевдоартроза. Материал забирали интраоперационно. Фрагменты тканей фиксировали в 10 % растворе нейтрального формалина, декальцинировали в смеси растворов соляной и муравьиной кислот, дегидратировали в этаноле возрастающей концентрации и заливали в парафин.

Гистологические срезы изготавливали на санном микротоме («Reichard», Германия), окрашивали гематоксилином и эозином, по Массону, а также проводили иммуногистохимическое окрашивание с применением поликлональных антител к остеопонтину (протокол и реактивы «Abscam», Англия).

Микроскопию на светооптическом уровне осуществляли с применением стереомикроскопа AxioScope.A1 и

цифровой камеры AxioCam ICc 5 в комплекте с программным обеспечением Zen blue («Carl Zeiss MicroImaging GmbH», Германия).

Распределение Ca в биомембране изучали с помощью сканирующего электронного микроскопа «JSM-840» (Япония) и рентгеновского электронно-зондового микроанализатора INCA-200 Energy (Oxford Instruments, Англия).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Технология остеосинтеза. Технология Masquelet подразумевает двухэтапное лечение. Соответственно, комбинация технологий костной пластики по Илизарову и Masquelet включала реконструкцию сегмента в две операционные сессии. На первом этапе лечения выполняли радикальную санирующую обработку мягких тканей и костей в зоне дефекта и ложного сустава [14]. В межотломковый диастаз имплантировали полиметилметакрилатный цементный спейсер. Сформированный спейсер имел аналогичный диаметр по отношению к прилегающей кости, и его объем соответствовал межотломковому диастазу. В литературе имеются работы, в которых для формирования сплошной индуцированной мембраны с надкостницей рекомендуется формировать спейсер с переходом на 2–3 см на концы отломков в зоне дефекта [6]. Мы данным рекомендациям не следовали. Спейсеры формировали цилиндрической формы на величину межотломкового диастаза величиной от 3 до 6 см ($4,2 \pm 1,1$) с добавлением одной дозы гентамицина или ванкомицина. При нашем дизайне операции сегмент фиксировали аппаратом Илизарова. Компоновка аппарата подразумевала после выполнения кортикотомий (остеотомий) костных отломков возможность транспорта кости.

По технологии Masquelet через 6–8 недель цементный спейсер удаляли, костный дефект заполняли губчатым аутоотрансплантатом. При дефиците аутогенного пластического материала коллеги использовали дополнительные имплантационные материалы. Сегмент фиксировали с помощью погружной металлоконструкции или аппарата внешней фиксации [14].

При нашем дизайне двухэтапного лечения удаляли спейсер через 3–5 недель. Продолжительность имплантации спейсера была от 26 до 45 дней ($37,9 \pm 4,9$). Достаточна большая временная разница в выполнении второго этапа лечения была связана с нахождением пациентов на амбулаторном лечении в различных регионах РФ и определенными организационными сложностями. После удаления спейсера и ушивания раны выполняли остеотомию (кортикотомию) отломка(ов). При нарушении целостности кости отдавали предпочтение выполнению кортикотомий. При необходимости замещения дефекта на величину более 4–5 см мы рекомендуем выполнять остеотомию (кортикотомию) противоположных отломков с последующим полилокальным формированием дистракционных регенератов [15]. Однако для замещения приобретенных дефектов длинных костей технологию полилокального формирования мы не применяли, ограничивались только одноуровневым удлинением отломков. Вместе с тем, мы ранее докладывали о возможности замещения врожденных ложных суставов при комбинации технологии Masquelet и многоуровневого удлинения противолежащих отломков большеберцовой кости [2]. Дистракцию начинали на

5–7 сутки после операции. Темп перемещения фрагментов составлял 0,75–1,0 мм в сутки в зависимости от активности дистракционного остеогенеза. Контроль процессов костеобразования осуществляли с привлечением лучевых (рентгенография) методов исследования. Продолжительность дистракции для транспорта сформированных фрагментов составила $47,3 \pm 9,8$ дня. Учитывая радикальный характер хирургической обработки концов удлиняемых отломков и отсутствие формирования замыкательных пластинок, выполняли закрытую репозицию и адаптацию. На стыке отломков поддерживали компрессию до достижения консолидации отломков. Манипуляцию для поддержания компрессии между концами отломков выполняли по 1,0 мм 1 раз в 10–14 дней. Средний срок фиксации аппаратом составил $185,4 \pm 6,6$ дня. При контрольных явках остаточное анатомическое укорочение от одного до 6,0 см выявлено у трех пациентов ($3,3 \pm 1,8$ см).

У всех пациентов к моменту извлечения спейсера формировалась мягкотканная оболочка 1,5–2,5 мм, имеющая структурированную организацию. Она была представлена рыхлой волокнистой соединительной тканью с умеренным или обильным содержанием микрососудов, численная плотность которых варьировала от 103,3 до 342,6 в 1 см^2 (табл. 1). Внутренний, прилегающий к спейсеру, 1–3 рядный базальный слой клеток при окрашивании по Массону приобретал красную окраску (рис. 1, а), а при постановке иммуногистохимической реакции показывал среднюю и интенсивную экспрессию остеопонтинна в его клетках (рис. 1, б). Наружный слой содержал значительное количество микрососудов (рис. 1, а), периваскулярные клетки которых также проявляли остеопонтин-положительную реакцию (рис. 1, б). Вокруг некоторых клеток базального и внутренней части наружного слоя обнаруживалось слабое ШИК-положительное окрашивание (рис. 1, в), свидетельствующее о наличии сиалогликопротеинов, участвующих в формировании костного матрикса. Об остеогенных потенциях формируемой биомембраны свидетельствует и содержание в ней кальция в количестве 0,3–0,7 весовых %. На электронных картах распределения в характеристическом рентгеновском излучении Ca его максимальное содержание визуализировалось в периваскулярных пространствах (рис. 2, а).

Таблица 1

Численная плотность микрососудов в биомембране у пациентов в зависимости от способа первично проводимого лечения

Способ первичного лечения	Численная плотность микрососудов в 1 см^2 ($M \pm m$)
Интрамедуллярный остеосинтез	$282 \pm 9,4^*$
Чрескостный остеосинтез	$331 \pm 11,6^*$
Накостный остеосинтез	$107 \pm 3,7^*$

* – $p \leq 0,05$ – при сравнении с другим способом лечения

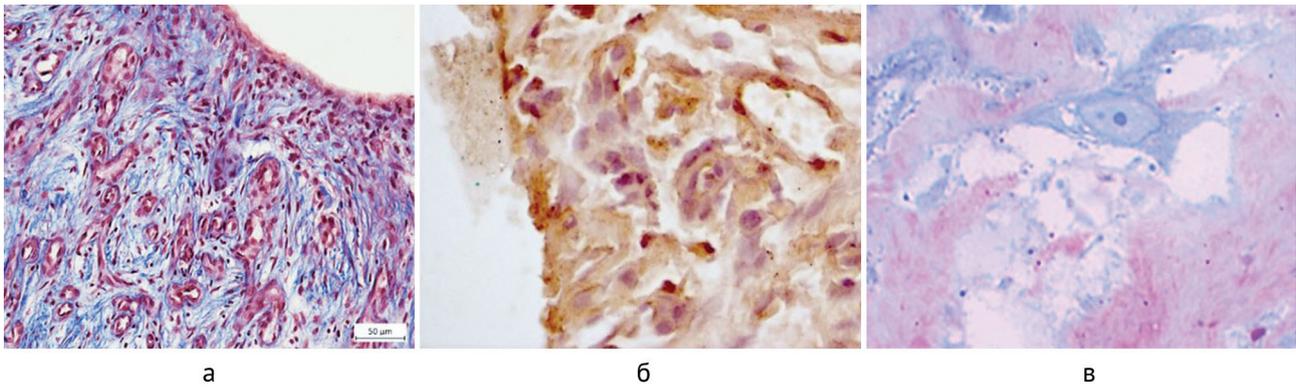


Рис. 1. Гистоструктура биомембраны к моменту извлечения спейсера: а – двухслойная организация биомембраны. Окраска по Массону. Увеличение – 400×; б – экспрессия остеопонтина в клетках биомембраны. Гистохимическая реакция с антителами против остеопонтина. Увеличение 630×; в – формирование Шик-положительного матрикса в межклеточных промежутках. Окраска метиленовым синим с предварительной реакцией; реактив Шиффа-йодная кислота. Увеличение – 1200×

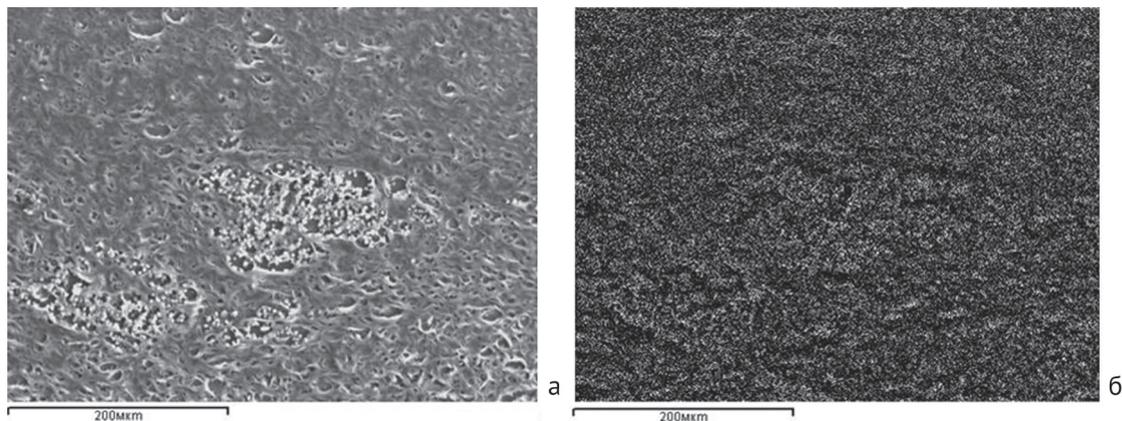


Рис. 2. Слабая минерализованность биомембраны: а – сканирующая электронная микроскопия биомембраны; б – распределение Са в биомембране. Электронная карта в характеристическом рентгеновском излучении Са. Увеличение – 200×

Исследования численной плотности микрососудов показало, что кровоснабжение биомембраны существенно не зависело от возраста, сегмента и даже класса дефекта. Выраженная зависимость васкуляризации новообразованной надкостницы зависело от ранее применяемых способов восстановления целостности кости. Менее всего сосудов содержалось в биомембране пациентов, которым ранее применялся накостный остеосинтез пластиной, более всего сосудов образовывалось у пациентов, ранее лечившихся методом чрескостного дистракционного остеосинтеза.

Тем не менее, во всех случаях образованных микрососудов было достаточно для остеиндуцирующего действия биомембраны при формировании компрессионного регенерата. Лучшее кровоснабжение неонадкостницы лишь создавало оптимальные условия для остеогенеза.

Клинический пример. Пациент Н., 19 лет. Открытый перелом костей левой голени (по Gustilo type III) получен в результате ДТП три года назад. Неоднократно и безуспешно оперирован по месту жительства, пациенту выполняли накостный и чрескостный остеосинтез. Послеоперационное течение осложнилось остеомиелитом левой голени. Купирование гнойно-воспалительного процесса – в течение одного года до поступления в клинику. Консолидации большеберцовой кости не достигнуто, укорочение левой голени 9,0 см. При поступлении: признаков активного гнойного воспалительного процесса нет. При рентгенологической визуализации выявлен дефект-псевдоартроз нижней трети диафиза

левой большеберцовой кости, концы отломков неконгруэнтные, скошенными, эбурнированы, костномозговой канал облитерирован (рис. 3, а). Выраженный рубцовый процесс, рубцы интимно спаяны с отломками берцовых костей в зоне дефекта и на протяжении.

На первом этапе выполнена резекция концов отломков большеберцовой кости, санация дефекта, имплантация цементного спейсера, остеосинтез левой голени аппаратом Илизарова (рис. 3, б). Пострезекционный дефект сформирован на 3,0 см. Заживление послеоперационной раны первичным натяжением. Швы сняты на 14 день. Через 27 дней выполнен второй этап лечения: удален спейсер (рис. 3, в), выполнена остеотомия левой большеберцовой кости в верхней трети, проведены дополнительные элементы фиксации, перемонтаж аппарата Илизарова. Дозированная дистракция в аппарате с темпом 1 мм в сутки с пятого дня после операции в течение 54 суток. Заживление послеоперационных ран – первичное. Отломки закрыто адаптированы на стыке (рис. 3, г). Выписан на амбулаторное лечение по месту жительства с рекомендациями поддерживающей компрессии на стыке отломков большеберцовой кости 1 мм раз в 2 недели. Фиксация сегмента аппаратом 125 суток (рис. 3, д). Аппарат демонтирован при контрольной явке пациента в консультативно-диагностическое отделение Центра. Достигнуто сращение на стыке отломков большеберцовой кости. Остаточное укорочение голени 8,0 см. Запланированы в дальнейшем этапы удлинения голени по Илизарову (рис. 3, е).

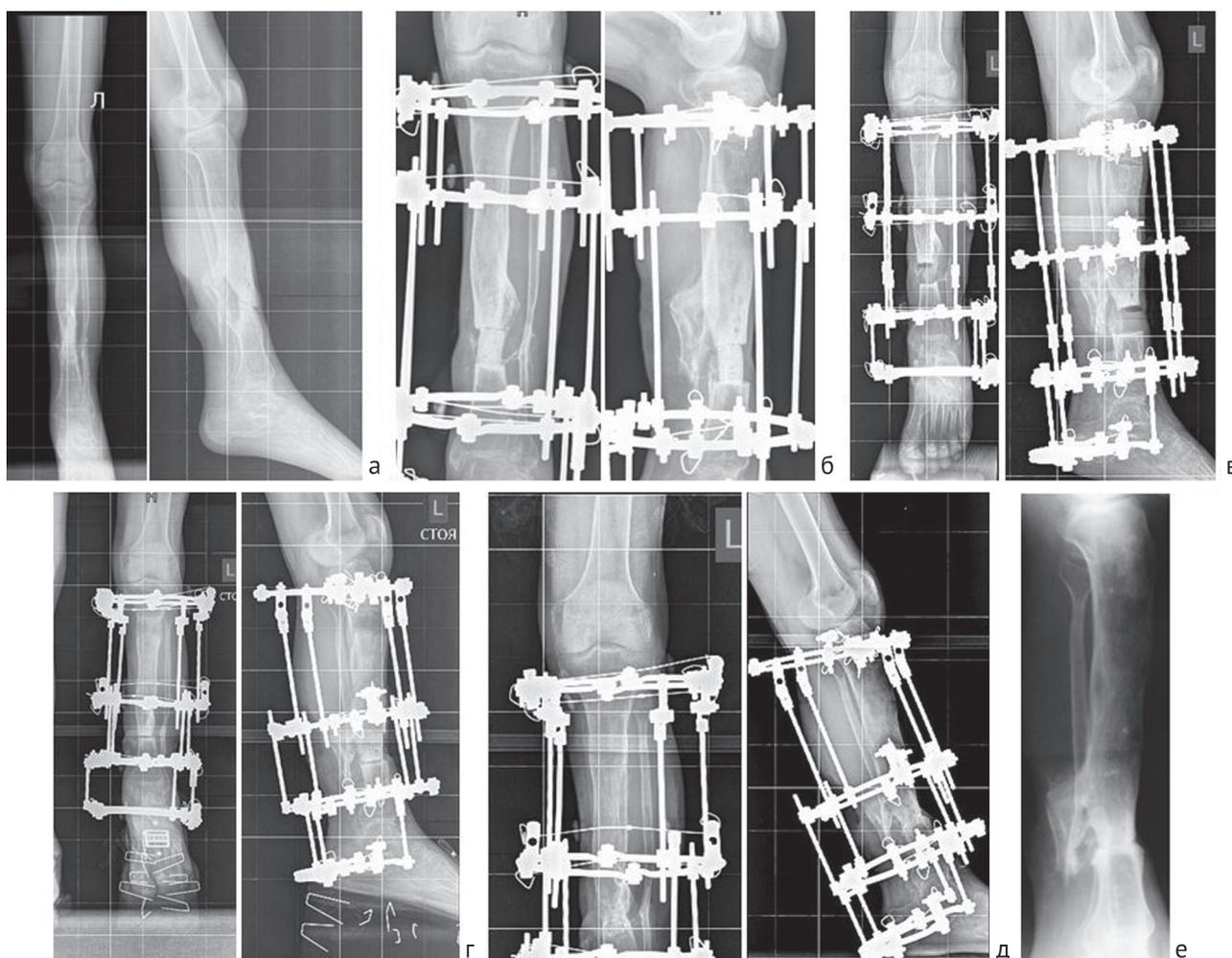


Рис. 3. Рентгенограммы голени пациента Н.: а – при поступлении; б – после первого этапа оперативного лечения; в – на втором этапе лечения; г – после закрытой адаптации концов отломков; д – перед демонтажем аппарата Илизарова; е – через 6 мес. после демонтажа аппарата

ОБСУЖДЕНИЕ

Авторы статьи являются сторонниками и последователями применения несвободной костной пластики по Г.А. Илизарову при реабилитации пациентов с приобретенными костными дефектами и ложными суставами [9, 10].

Мы разделяем точку зрения о транспорте кости как идеальной форме костной пластики, когда в проблемную зону дозированно и направленно перемещается васкуляризованный аутотрансплантат с сохраненным покровом мягких тканей, позволяющий теоретически создать в дефекте трубчатую кость любой длины и формы [16, 17]. Вместе с тем, мы принимаем критические взгляды наших оппонентов, критикующих данную технологию в связи с длительностью и многоэтапностью лечения, опасностью воспаления мягких тканей в области спиц, перфорации рубцовых тканей в процессе транспорта кости, рисками формирования «ишемического» дистракционного регенерата [8, 9, 10, 18].

При комбинации несвободной костной пластики по Илизарову и техники Masquelet происходит транспорт сформированных фрагментов в особых благоприятных для репаративно-восстановительных процессов условиях. После удаления спейсера имеется сформированный туннель в области межотломкового диастаза, стенками которого и является индуцированная мембрана. Транс-

порт кости осуществляется без технических проблем через ранее скомпрометированные ткани, на момент дистракции санированные, вне рубцов. При этом имеются невысокие риски воспаления вокруг чрескостных элементов, отсутствует опасность прорезания и перфорации мягких тканей перемещаемыми фрагментами.

Кроме благоприятного механического воздействия моделируемые условия для транспорта кости обеспечивают биологическое воздействие индуцированной мембраны (ИМТ) на остеогенез.

Многочисленные микрососуды биомембраны или неонадкостницы, проникающие в зону компрессионного регенерата, способствуют притоку малодифференцированных мультипотентных клеток. Клетки базального слоя мембраны и периваскулярные остеопонтин-положительные клетки, имеющие остеогенную дифференцировку, способствуют образованию на поверхности спейсера слабоминерализованного костного матрикса. Это вызывает остеоиндуцирующее воздействие на мультипотентные клетки в области формирующегося компрессионного регенерата.

Так, по данным литературы известно, что остеоиндуцированная мембрана адекватно васкуляризована и продуцирует факторы роста (VEGF, TGF-бета 1) и BMP-2 [1, 19]. Существует мнение, что индуцированная мембра-

на обладает антимикробной активностью в связи с синтезом антиоксидантных веществ, секретируемых локально с факторами роста. Другим предполагаемым механизмом бактериостатического действия является присутствие в мембране местных пептидов, которые могут ингибировать секрецию бактериальной биопленки [20]. Очагов воспаления во фрагментах биомембран во всех исследованных случаях нами также выявлено не было.

Несвободная костная пластика по Илизарову и техника Masquelet в основном используется для восполнения значительных по величине дефектов. Вместе с тем, по мнению некоторых авторов, использование техники Masquelet имеет основное преимущество над транспортом кости по Илизарову, связанное с продолжительностью лечения – время консолидации не зависит от величины восполненного дефекта [21]. Но при восполнении обширного костного дефекта неизбежен дефицит донорского костно-пластического материала, что вынуждает кроме классического исполь-

зования губчатых аутооттрансплантатов дополнительно имплантировать гидроксиапатит и трикальцийфосфатные заменители кости, деминерализованный костный матрикс (DBM) и деминерализованную бычью кость (DBB) [22–24]. Использование массивных, комбинированных по структуре и содержанию свободных имплантатов, в том числе и в условиях формирования индуцированной мембраны, не обеспечивает полноценную и завершённую органотипическую перестройку восстановленной кости. Вероятно, это и объясняет высокую частоту рефрактур у пациентов при применении техники Masquelet по сравнению с результатами несвободной костной пластики по Илизарову [11]. При дефектах мягких тканей реконструкция сегмента с использованием техники Masquelet требует выполнения пластических вмешательств на мягкотканном футляре поврежденного сегмента, в условиях транспорта кости закрытие дефектов мягких тканей обеспечивается дистракционным гистогенезом [24].

ВЫВОДЫ

Комбинация несвободной костной пластики по Илизарову и техники Masquelet обеспечивает благоприятные условия для дистракционного и компрессионного остеогенеза благодаря улучшению кровоснабжения и остеиндуцирующего воздействия биомембраны. Транспорт кости осуществляется через санированные ткани и вне рубцов. Имеются невысокие риски воспаления мягких тканей в области чрескостных элементов, перфорации кожных покровов перемещаемыми фрагментами. Восполнение костного дефекта обеспечивается дистракционными регенератами, претерпевающими полную органотипическую пере-

стройку, что исключает вероятность формирования деформаций или переломов на уровне новообразованных участков кости. Активный дистракционный гистогенез обеспечивает закрытие дефектов мягких тканей без дополнительных реконструктивно-пластических вмешательств. Выявленная зависимость кровоснабжения индуцированной мембраны от ранее применяемого способа лечения может служить критерием прогнозирования результата лечения пациентов с приобретенными костными дефектами и ложными суставами путем применения несвободной костной пластики по Илизарову и техники Masquelet.

ЛИТЕРАТУРА

- Masquelet A.C., Begue T. The concept of induced membrane for reconstruction of long bone defects // *Orthop. Clin. North Am.* 2010. Vol. 41, No 1. P. 27-37. DOI: 10.1016/j.ocl.2009.07.011
- Комбинированные костнопластические вмешательства при реабилитации пациентов с врожденным ложным суставом костей голени / Д.Ю. Борзунов, Е.Н. Горбач, Д.С. Моховиков, С.Н. Колчин // *Гений ортопедии.* 2019. Т. 25, № 3. С. 304-311. DOI 10.18019/1028-4427-2019-25-3-304-311
- Гистоморфометрические характеристики передней большеберцовой мышцы и малоберцового нерва при экспериментальном замещении пострезекционного дефекта голени аппаратом Илизарова в комбинации с методом Masquelet / Д.С. Моховиков, Т.А. Ступина, Т.Н. Варсегова, О.В. Дюрягина, А.А. Еманов, Д.Ю. Борзунов // *Гений ортопедии.* 2020. Т. 26, № 2. С. 216-221.
- Патоморфология суставного хряща коленного и заплюсневое суставов при экспериментальном замещении пострезекционного дефекта голени методом Илизарова в комбинации с цементным спейсером / Т.А. Ступина, О.В. Дюрягина, А.А. Еманов, Д.С. Моховиков, Д.Ю. Борзунов // *Гений ортопедии.* 2020. Т. 26, № 3. С. 398-402.
- Does integrated fixation provide benefit in the reconstruction of posttraumatic tibial bone defects? / M. Bernstein, A.T. Fragomen, S. Sabharwal, J. Barclay, S.R. Rozbruch // *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2015. Vol. 473, No 10. P. 3143-3153. DOI: 10.1007/s11999-015-4326-6
- Interest of nailing associated with the Masquelet technique in reconstruction of bone defect / G. Ayoub, F. Lemonne, N.K. Kombate, B. Bakriqa, J. Yaovi Edem, U. André-Piere Max // *J. Orthop.* 2019. Vol. 20. P. 228-231. DOI: 10.1016/j.jor.2019.12.014
- Induced membrane technique for treating tibial defects gives mixed results / R. Morris, M. Hossain, A. Evans, I. Pallister // *Bone Joint J.* 2017. Vol. 99-B, No 5. P. 680-685. DOI: 10.1302/0301-620X.99B5.BJJ-2016-0694.R2
- Paley D. Problems, obstacles, and complications of limb lengthening by the Ilizarov technique // *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1990. No 250. P. 81-104.
- Gubin A.V., Borzunov D.Y., Malkova T.A. The Ilizarov paradigm: thirty years with the Ilizarov method, current concerns and future research // *Int. Orthop.* 2013. Vol. 37, No 8. P. 1533-1539. DOI: 10.1007/s00264-013-1935-0
- Gubin A.V., Borzunov D., Malkova T.A. Ilizarov method for bone lengthening and defect management. Review of contemporary literature // *Bull. Hosp. Jt. Dis.* 2016. Vol. 74, No 2. P. 145-154.
- Mixed results with the Masquelet technique: A fact or a myth? / M. Mi, C. Papakostidis, X. Wu, P.V. Giannoudis // *Injury.* 2020. Vol. 51, No 2. P. 132-135. DOI: 10.1016/j.injury.2019.12.032
- Treatment of posttraumatic bone defects by the induced membrane technique / C. Karger, T. Kishi, L. Schneider, F. Fitoussi, A.C. Masquelet; French Society of Orthopaedic Surgery and Traumatology (SoFCOT) // *Orthop. Traumatol. Surg. Res.* 2012. Vol. 98, No 1. P. 97-102. DOI: 10.1016/j.otsr.2011.11.001
- Шевцов В.И., Макушин В.Д., Куфтырев Л.М. Дефекты костей нижней конечности. Чрескостный остеосинтез по методикам Российского научного центра "ВТО" имени академика Г.А. Илизарова. Курган : Зауралье, 1996. 504 с.
- Masquelet technique for the treatment of bone defects: tips-tricks and future directions / P.V. Giannoudis, O. Faour, T. Goff, N. Kanakaris, R. Dimitriou // *Injury.* 2011. Vol. 42, No 6. P. 591-598. DOI: 10.1016/j.injury.2011.03.036
- Borzunov D.Y. Long bone reconstruction using multilevel lengthening of bone defect fragments // *Int. Orthop.* 2012. Vol. 36, No 8. P. 1695-1700. DOI: 10.1007/s00264-012-1562-1
- Management of segmental defects by the Ilizarov intercalary bone transport method / S.A. Green, J.M. Jackson, D.M. Wall, H. Marinow, J. Ishkanian // *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1992. No 280. P. 136-142.

17. Subasi M., A. Kapukaya. Distraction osteogenesis for treatment of bone loss in the lower extremity // J. Orthop Sci. 2003. Vol. 8, No 6. P. 883-884. DOI: 10.1007/s00776-003-0728-5
18. Borzunov D.Y., Shastov A.L. Mechanical solutions to salvage failed distraction osteogenesis in large bone defect management // Int. Orthop. 2019. Vol. 43, No 5. P. 1051-1059. DOI: 10.1007/s00264-018-4032-6
19. Induced membranes secrete growth factors including vascular and osteoinductive factors, and could stimulate bone regeneration / P. Pelissier, A.C. Masquelet, R. Bareille, S.M. Pelissier, J. Amedee // J. Orthop. Res. 2004. Vol. 22, No 1. P. 73-79. DOI: 10.1016/S0736-0266(03)00165-7
20. Does the induced membrane have antibacterial properties? An experimental rat model of a chronic infected nonunion / S. Roukoz, G. El Houry, E. Saqhbini, I. Saliba, A. Khazzaka, M. Rizkallah // Int. Orthop. 2020. Vol. 44, No 2. P. 391-398. DOI: 10.1007/s00264-019-04453-4
21. Lasanianos N., Kanakaris N., Giannoudis P. Current management of long bone large segmental defects // Orthopaedics and Trauma. 2010. Vol. 24. P. 149-163.
22. Reconstruction des os longs par membrane induite et autogreffe spongieuse / A.C. Masquelet, F. Fitoussi, T. Begue, G.P. Muller // Ann. Chir. Plast. Esthet. 2000. Vol. 45, No 3. P. 346-353.
23. Staged bone grafting following placement of an antibiotic spacer block for the management of segmental long bone defects / D.J. Donegan, J. Scolaro, P.E. Matuszewski, S. Mehta // Orthopedics. 2011. Vol. 34, No 11. P. e730-e735. DOI: 10.3928/01477447-20110922-16
24. Management of traumatic tibial diaphyseal bone defect by «induced-membrane technique» / G. Gupta, S. Ahmad, Z. Mohd, A.H. Khan, M.K. Sherwani, A.Q. Khan // Indian J. Orthop. 2016. Vol. 50, No 3. P. 290-296. DOI: 10.4103/0019-5413.181780

Рукопись поступила 08.04.2020

Сведения об авторах:

1. Борзунов Дмитрий Юрьевич, д. м. н.,
ФГБОУ ВО УГМУ Минздрава России, г. Екатеринбург, Россия,
МАУ "ЦГКБ № 23", г. Екатеринбург, Россия,
Email: borzunov@bk.ru
2. Моховиков Денис Сергеевич, к. м. н.,
ФГБУ «НМИЦ ТО имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава
России, г. Курган, Россия
3. Колчин Сергей Николаевич, к. м. н.,
ФГБУ «НМИЦ ТО имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава
России, г. Курган, Россия
4. Горбач Елена Николаевна, к. б. н.,
ФГБУ «НМИЦ ТО имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава
России, г. Курган, Россия,
Email: gorbach.e@mail.ru

Information about the authors:

1. Dmitry Yu. Borzunov, M.D., Ph.D.,
Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russian Federation,
Central City Clinical Hospital, Ekaterinburg, Russian Federation,
Email: borzunov@bk.ru
2. Denis S. Mikhovikov, M.D., Ph.D.,
Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and
Orthopedics, Kurgan, Russian Federation
3. Sergey N. Kolchin, M.D., Ph.D.,
Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and
Orthopedics, Kurgan, Russian Federation
4. Elena N. Gorbach, Ph.D. of Biological Sciences,
Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and
Orthopedics, Kurgan, Russian Federation,
Email: gorbach.e@mail.ru