

ЗАМЕЩЕНИЕ ДЕФЕКТА МЯГКИХ ТКАНЕЙ ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ СТОПЫ ПО МЕТОДИКЕ ИЛИЗАРОВА ПОД КОНТРОЛЕМ МЕХАНО- БИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОЖИ

SOFT TISSUE DEFECTS OF THE FOOT SUPPORTING SURFACE REPAIRED WITH THE ILIZAROV METHOD UNDER CONTROL OF MECHANICAL AND BIOLOGICAL CONDITION OF THE SKIN

Мартель И.И. Гребенюк Л.А.
Martel I.I. Grebenyuk L.A.

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Российский научный центр
«Восстановительная травматология и ортопедия»
имени академика Г.А. Илизарова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации,

Russian Ilizarov Scientific Center
for Restorative Traumatology
and Orthopaedics,

г. Курган, Россия Kurgan, Russia

Целью работы явился анализ клинического случая замещения дефекта мягких тканей опорной поверхности стопы по методике Илизарова под контролем механо-биологического состояния кожи.

Методы. Пациентке с посттравматическим дефектом мягких тканей опорной поверхности стопы проведено следующее оперативное лечение: 1. Остеосинтез стопы и голеностопного сустава аппаратом Илизарова. 2. Подсадка гетерокости в пяточной области с последующим удлинением кожи для создания запаса ткани. 3. Плантотомия. Остеотомия первой плюсневой кости. На травмированном сегменте проводили исследование механо-акустических свойств кожи (скорость акустической волны), используя анализатор кожи ASA (Москва-Белград). С учетом анизотропии кожного покрова тестировали в двух различных направлениях относительно тракционных усилий – продольно и поперечно.

Результаты. В процессе хирургического лечения в клинике РНЦ «ВТО» в условиях дермотензии кожи пяточной области достигнуто закрытие дефекта мягких тканей опорной поверхности левой стопы, восстановлена опороспособность конечности. Установлено, что в течение месяца с момента начала дермотензии акустическая волна в коже пораженной стопы распространялась в 1,4-1,8 раза быстрее относительно показателя на интактном сегменте ($p \leq 0,05$). При значительном возрастании скорости поверхностной акустической волны (СПАВ) в растягиваемой коже и клинических признаках ишемии вносилась коррекция в тактику лечения – временно прекращалась дистракция. После релаксации (о чем свидетельствовало снижение СПАВ в растягиваемой коже стопы) дистракцию возобновляли до полного закрытия мягкотканного дефекта. По мере заживления раневого дефекта показатели СПАВ в коже постепенно снижались.

Заключение. В результате проведенного оперативного лечения достигнут хороший анатомо-функциональный результат – мягкотканый дефект в пяточной области стопы закрыт, восстановлена опороспособность конечности. Интеграция методик оперативного лечения по методике Илизарова и оценки механо-акустического состояния кожи стопы у пострадавших с мягкоткаными дефектами конечностей целесообразна для контроля процесса дермотензии.

Ключевые слова: дефект мягких тканей; дермотензия; биомеханические свойства кожи; аппарат Илизарова; стопа; перерастяжение тканей; опороспособность конечности.

Objective – to review a clinical case of soft tissue defects of the foot supporting surface repaired with the Ilizarov method under control of mechanical and biological condition of the skin.

Methods. A female patient with posttraumatic soft tissue defect of the foot supporting surface underwent the operative treatment: 1. Osteosynthesis of the foot and ankle with the Ilizarov apparatus. 2. Heterobone grafting of the heel followed by skin lengthening to create redundant tissue. 3. Plantotomy and osteotomy of the first metatarsal bone. The mechanical and acoustic skin test (acoustic wave) of an injured segment was produced with ASA skin analyzer (Moscow-Beograd). With consideration of skin anisotropy, testing was performed with two different directions in relation to traction forces – longitudinally and transversely.

Results. The soft tissue defect in the left foot supporting surface was closed and the supporting ability of the extremity was recovered during the surgical treatment with conditions of calcaneal skin dermotension in Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics. The acoustic wave was found to be 1.4-1.8 times faster in the involved foot as compared to the intact segment ($p \leq 0.05$) within one month of dermal tension. The management techniques were changed in significant increase in superficial acoustic wave velocity (SAWV) in the stretched skin and in presence of the clinical signs of ischemia: distraction was arrested temporarily. Distraction was resumed following relaxation with lower SAWV in the stretching skin of the foot to complete coverage of the soft tissue defect. SAWV measurements gradually decreased with healing of the wound defect.

Conclusion. The conducted surgical treatment resulted in a good anatomic and functional outcome (closure of the defect in the calcaneal region of the foot) and recovery of supporting ability of the extremity. The integration of Ilizarov method of surgical treatment and evaluation of mechanical and acoustic skin condition of the foot in patients with soft tissue defect of limbs are practical to control dermal tension.

Key words: soft tissue defect; dermal tension; biomechanical properties of the skin; Ilizarov apparatus; foot; overstretched tissues; supportability of the limb.

Проблема эффективного лечения больных с тяжелыми открытыми повреждениями нижних конечностей определяется сложностью и длительностью их лечения, возможным развитием инфекционных осложнений и грубых рубцов, замедленной регенерацией [1-4]. Важную роль в успешности лечения этой категории больных играет устранение посттравматических дефектов мягких тканей, для чего используются различные виды пластики ткани. В подобных случаях нам представляется целесообразным использование методики дермотензии с помощью аппарата Илизарова [4-6].

В литературе описаны тактические ошибки, которые могут быть совершены в процессе лечения пострадавших с вышеуказанной патологией, среди которых отмечается стремление достичь репозиции отломков кости в ущерб благоприятным условиям для заживления ран мягких тканей [3, 5]. По данным литературы, последние два десятилетия характеризуются значительным прогрессом в вопросах лечения ран: установлены физиологические механизмы заживления на различных уровнях организации тканей; социальные и финансовые затраты на длительное лечение хронических ран учтены различными фондами общественного здравоохранения. Отмечается, что чрескостная фиксация является уникальной альтернативой в лечении тяжелых травм конечностей и имеет такие преимущества, как минимизация дополнительного нарушения периферического кровоснабжения, поддержание и сохранение мягкотканного покрова, а также уменьшение потенциального риска для развития инфекции [7]. И лечение должно фокусироваться в первую очередь не на проблеме перелома костей, а на создании оптимальных условий для заживления мягких тканей [8]. Известно, что анатомически дистальная треть голени и стопа являются наиболее сложной областью нижней конечности для реконструктивных вмешательств, при которой целесообразно использовать внешнюю фиксацию [8].

Целью работы явился анализ клинического случая замещения дефекта мягких тканей опорной поверхности стопы по методике Илизарова под контролем механо-биологического состояния кожи.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В клинику РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова поступила пациентка С. 16 лет. Диагноз при поступлении: «Последствия раздавливания тканей левой стопы. Неправильно срастающиеся переломы I-V плюсневых костей, рубцово-язвенные изменения тканей стопы на фоне лимфовенозной недостаточности стопы». В проекции опорной поверхности пяточной области имелся рубец размерами 4 × 6 см, спаянный с костью, в центре которого имелась язва диаметром до 1,5 см. Автодорожную травму получила в результате наезда грузовика на левую стопу. Лечилась консервативно по месту жительства, через 6 мес. после этого поступила в клинику РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова. При поступлении в области среднего отдела левой стопы имелись участки язвенно-трофических дефектов размерами 1 × 3 см, по передней поверхности стопы размером 1 × 4 см, по внутренней — 1 × 2 см. Участки лишены подкожно-жирового слоя. В процессе хирургического лечения в клинике больной были выполнены:

1. Остеосинтез стопы и голеностопного сустава аппаратом Илизарова для улучшения трофики и подготовки к дермотензии.
2. Подсадка гетерокости в пяточной области с последующим удлинением кожи для создания запаса ткани.
3. Плантотомия. Остеотомия первой плюсневой кости.

Помимо клинико-лабораторных методов исследования, оценивали механо-биологическое состояние кожи стопы. Для количественной оценки состояния ткани вблизи раны на травмированном сегменте использовали разработанную нами методику определения скорости поверхностной акустической волны (СПАВ) с помощью акустического анализатора кожи ASA (Москва-Белград). В соседних с

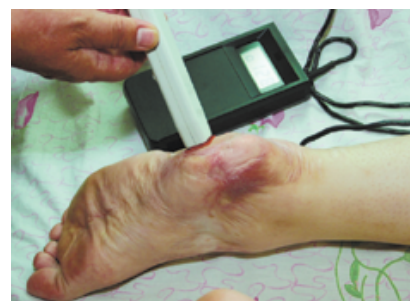
раневой поверхностью участков кожи выделяли области для тестирования, каждая из них разбивалась на участки площадью около 1 см². С учетом анизотропии кожного покрова замеры проводили в двух различных направлениях относительно тракционных усилий — параллельно (С прод.) и поперечно (С попер.). Затем проводили сравнительный анализ модулей СПАВ в симметричных областях кожи пораженного и интактного сегментов, а также оценивали динамику изучаемых показателей относительно начальных в первые дни distraction. На фото показана процедура проведения замеров механо-акустических свойств кожи больной (рис. 1).

Рисунок 1

Фото процедуры мониторинга биомеханического состояния кожи поврежденной стопы с помощью механо-акустического анализатора кожи ASA (производство Москва-Белград)

Figure 1

The photo illustration of the monitoring procedure of biomechanical condition of the skin of the injured foot with use of mechanic-acoustic skin analyzer ASA (Moscow-Beograd production)



Настоящая работа проведена в соответствии с этическими принципами Хельсинкской декларации (World Medical Association Declaration of Helsinki — Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects, 2013). Больная дала информированное письменное согласие на осуществление исследования и оперативного лечения, а также было получено одобрение этического комитета ФГБУ РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова на проведение исследования.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Устранение мягкотканного дефекта стопы с использованием местных тканей отличается тем преимуществом, что восстанавливается полноценный кожный покров, т.е. создаются анатомически благоприятные условия для восстановления функции опороспособности конечности. Известно, что одним из распространенных методов создания запаса покровных тканей в различных участках тела человека является использование тканевых экспандеров. В литературе описан опыт использования применения тканевых экспандеров для устранения рубцовых изменений в области ахиллова сухожилия [9]. Среди возможных осложнений авторы отмечают развитие краевого некроза по линии операционного шва, миграцию порта экспандера, транзиторный отек стопы. А при тяжелых открытых переломах костей голени с целью минимизации риска осложнений обосновывается необходимость раннего закрытия дефектов мягких тканей [10]. В большинстве случаев уровень

растяжения тканей определяют визуально и пальпаторно, с учетом болевых ощущений большого [11].

Отсутствие объективных методов выявления перерастяжения кожи, ведущее к развитию ишемических расстройств, может привести к некротическим изменениям растягиваемого участка и образованию пролежня под эспандером [11]. Отмечается, что для адекватной оценки адаптации тканей к растяжению возможно успешное применение тепловизионного способа. Ранее была предложена методика оценки растяжения кожного покрова при удлинении конечностей в условиях чрескостного остеосинтеза с помощью механо-акустического анализатора кожи ASA [12, 13]. Определены количественные критерии, свидетельствующие о предельных состояниях растянутой кожи конечностей, превышение которых ведет к появлению признаков микротравматизации ткани, появлению стрий, ишемии тканей. Это являлось одним из показаний для коррекции тактики ведения пациентов.

Для закрытия мягкотканых дефектов левой стопы пациентки С. были проведены следующие этапы оперативного лечения.

Первый этап. После двухнедельной подготовки к операции выполнена операция: остеотомия I плюсневой кости, остеосинтез стопы и голеностопного сустава по методу Илизарова (рис. 2, 3). Восстановлен свод стопы. Пациентка получила комплексное медикаментозное и физио-функциональное лечение лимфопластической недостаточности с положительным эффектом (два курса ГБО, массаж голени и стопы с троксевазином, изометрическая гимнастика). Через 1,5 месяца аппарат Илизарова со стопы был снят. В результате проведенного лечения раны и свищи ликвидированы.

Второй этап оперативного лечения. При поступлении на тыле и боковых поверхностях левой стопы имелись рубцово измененные ткани, на опорной поверхности грубые рубцы 5-6 см, спаянные с костью, в центре которых трофические язвы площадью около 1 см² каждая. По данным ангиографии кровотоков в

Рисунок 2а

Фото стоп больной С. при поступлении в клинику ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России на первый этап лечения (март 2004 г.)

Figure 2a

The photo illustration of the patient S. at the moment of admission to the clinic of Russian Ilizarov Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics for the first stage of treatment (March 2004)



наружном отделе стопы сохранен. С целью пластики рубцово-измененных тканей на опорной поверхности проведено последовательно два оперативных вмешательства (рис. 2, 3): первая операция — создание запаса мягких тканей по методу Илизарова, вторая операция — пластика местными тканями левой пяточной области. Были выполнены остеосинтез стопы и голеностопного сустава аппаратом Илизарова, плантомия, остеотомия I плюсневой кости и подсадка в пяточной области гетерокости для создания «запаса» мягких тканей. В послеоперационном периоде постепенно проводилась тракция в направлении дефекта тканей с целью создания «запаса» кожи, после чего гетерокость была удалена, рубцовая ткань иссечена, дефект замещен перемещенными местными тканями.

В процессе дермотензии осуществлялось мониторинг механо-биологического состояния растягиваемого кожного покрова (табл., рис. 4). К семи дням дистракции выявлено предельно высокое напряженно-деформированное состояние растягиваемой кожи, что свидетельствовало о риске ее перерастяжения и развития ишемических расстройств в мягких тканях. Дермотензия была приостановлена, после трехдневной паузы дистракция с меньшим темпом (0,5 мм в сутки) была возобновлена и успешно завершена под контролем тестирования параметров биомеханического состояния кожи стопы.

Рисунок 2с
Фото стоп больной С.
в отдаленном периоде (2 года)
оперативного лечения

Figure 2c

The photo illustration of the patient S. Long term period (2 years) after surgical treatment



Рисунок 2b

Фото стоп больной С. в процессе проведения дермотензии тканей подошвенной поверхности стопы (июнь 2005 г.)

Figure 2b

The photo illustration of the patient S. during the process of dermotension for tissues of plantar surface of the foot (June 2005)



Рисунок 3

Фото рентгенограмм больной С. Диагноз: «Состояние после раздавливания тканей левой стопы в результате ДТП. Посттравматические трофические язвы левой стопы. Неправильно сросшиеся переломы I-V плюсневой костей»: а) до лечения; б) дермотензия; с) отдаленный результат оперативного лечения с проведением дермопластики левой стопы для закрытия дефекта мягких тканей в пяточной области

Figure 3

The photo illustration of the X-ray images of the patient S. Diagnosis: «Condition after crushing damage of the left foot tissues after a road traffic accident. Posttraumatic trophic ulcers of the left foot. Malunions of the instep bones 1-5»: a) before treatment; b) dermatension; c) long term result of surgical treatment with left foot dermoplasty for closure of the soft tissue defect in the calcaneal region



Анализ результатов мониторинга механо-биологического состояния кожи в процессе дермотензии пораженной стопы показал, что по мере постепенного закрытия дефекта мягких тканей растягиваемой кожей, т.е. к 7-му дню, показатель СПАВ параллельно тракции (С прод.) возрос на 86 % относительно исходных значений, достигая 207 м/с и на 46 % для С попер. (табл., рис. 4). Клинически в растягиваемых тканях к это-

му периоду наблюдались признаки нарушения трофики (побледнение кожи), субъективно отмечалось нарастание болевых ощущений. Было принято решение о временной приостановке дистракции.

К завершению периода релаксации, т.е. к 13-му дню после начала растяжения, четко прослеживался спад в уровне напряженно-деформированного состояния кожного покрова стопы. При этом параметр СПАВ в обоих направлениях сни-

зился до уровня 52 % (параллельно растяжению) и до 49 % – поперечно тракции. После возобновления дермотензии превышение СПАВ параллельно тракционным усилиям составило 40,5-84,1 % относительно исходных показателей, в поперечном направлении показатель СПАВ был выше на 35,1-36,6 %.

Следовательно, при наличии признаков ишемии и значительного возрастания СПАВ была внесена коррекция в ведении пациента –

временно прекращена дистракция. После достаточной релаксации, о чем свидетельствовало снижение СПАВ в растягиваемой коже стопы, дистракцию возобновляли до полного закрытия мягкотканного дефекта.

Коэффициент неоднородности механо-акустических свойств растягиваемой кожи [соотношение С(прод.) и С(попер.)] после временного прекращения дистракции составил 0,82; по мере возобновления растяжения он возрос до 1,52 и в последующем составлял 1,11-1,12. В коже интактной стопы указанный коэффициент не превысил 1,0.

Таким образом, были выполнены пластические операции собственными тканями для закрытия мягкотканного дефекта в пяточной области и восстановлена адекватная опороспособность пораженной стопы, достигнуто сращение плюсневых костей в правильном положении с восстановлением сводов стопы.

Через два года после завершения лечения при контрольном осмотре больная жалоб не предъявляет.

Таблица
Динамика СПАВ в кожном покрове пораженной стопы пострадавшей С. 17 л. в процессе дермотензии (С, м/с)
Table
The time course of SAWV in the skin surface of the affected foot of the patient S., age of 17, during dermotension process

Тракция (дни) Traction (days)	С прод. (м/с) V long. (m/s)	% от 1 дня дистр. % of 1 st day of distraction	С попер. (м/с) V trans. (m/s)	% от 1 дня дистр. % of 1 st day of distraction
1	111	100 %	134	100 %
7	207	186.5 %	196	146.30 %
13	56	48 %	68.5	51 %
16	156	140.5 %	144	107.5 %
18	182.5	164.4 %	120	89.5 %
20	157.5	141.9 %	136	101.50 %
24	205	184.7 %	183	136.60 %
38	201	181.1 %	181	135.10 %

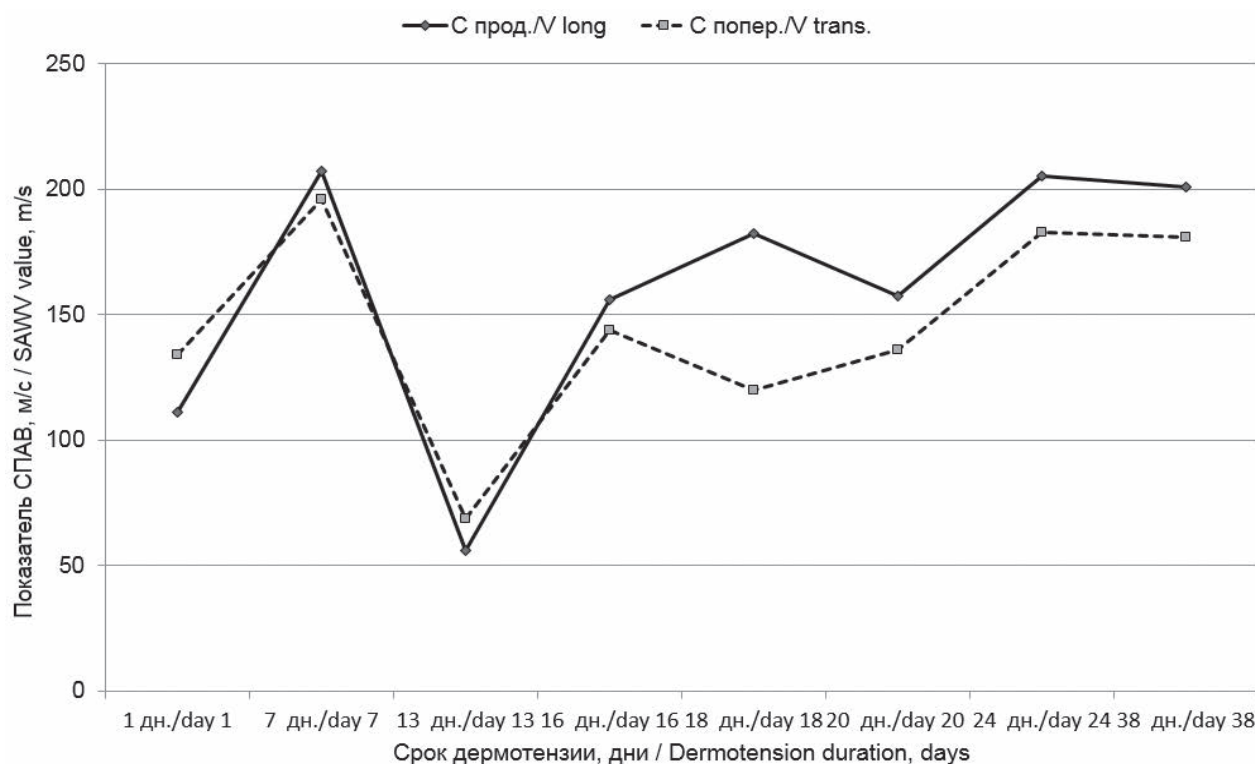
Примечание: С (прод.) – СПАВ в продольном направлении, С (попер.) – показатель СПАВ в поперечном направлении.

Note: V (long.) – SAWV in longitudinal direction, S (trans.) – SAWV in transverse direction.

Ходит в обычной обуви, вернулась к прежнему режиму, учится в вузе. Тактильная и ноцицептивная чувствительность травмированной стопы сохранена. Результатом лечения пациентка довольна.

Анализ литературы показал, что методики неинвазивного мониторинга механо-биологических условий заживления поврежденных мягких тканей у больных с открытыми повреждениями конеч-

Рисунок 4
Динамика СПАВ в коже стопы при дермотензии
Figure 4
The time course of SAWV in the foot skin in dermotension



ностей используются недостаточно. Проведенные нами исследования свидетельствуют о высокой информативности применения биомеханического тестирования кожи при решении проблемы закрытия дефектов мягких тканей травмированных конечностей. Сделан вывод о целесообразности проведения объективного контроля биомеханического состояния кожного покрова и, таким образом, своевременной коррекции тактики ведения для создания адекватных механических условий в мягких тканях, не приводящих к перерастяжению и ишемии.

В клинике Центра за последние десять лет по вышеописанной методике дермотензии тканей стопы с применением аппарата Илизарова было пролечено семь пациентов. В настоящее время нами успешно используются разработанные с учетом формы раны способы замещения дефектов мягких тканей, позволяющие добиться их заживления первичным натяжением. В этом случае учитываются величина, направление раны относительно оси сегмента, анатомо-топографические особенности мягких тканей пораженного сегмента [6].

Ряд авторов отмечают, что лечение травм нижних конечностей остается сложной проблемой для

хирургов, особенно при наличии обширных повреждений мягких тканей и потере костной ткани. Хирургическое лечение этих травм может быть затруднено из-за ограниченности местных тканевых ресурсов для замещения дефекта [14].

В нашем Центре были разработаны и внедрены методики чрескостного остеосинтеза, позволяющие возмещать дефекты мягких тканей без трансплантации, ликвидировать обширные раны и при этом сохранять оптимальные условия для их заживления и сращения переломов. Возможность одновременного достижения сращения костных отломков и заживления ран мягких тканей с сохранением функции поврежденной конечности появилась с внедрением в клиническую практику аппаратов для чрескостного остеосинтеза, среди которых наиболее целесообразным является применение аппарата Илизарова. Тестирование кожного покрова вблизи ран у пострадавших с открытыми повреждениями конечностей нашло свое практическое применение для выявления признаков перерастяжения в процессе дозированного растяжения и «выращивания» кожи. Своевременная коррекция тактики проводимого лечения способствует повышению качества медицинской помощи пострадав-

шим и достижению хорошего анатомо-функционального результата.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ отдаленного результата лечения с использованием нами способа ликвидации дефекта мягких тканей опорной поверхности стопы показал, что достигнут хороший анатомо-функциональный и косметический результат, который положительно оценивается пациенткой. Тактильная и ноцицептивная чувствительность тканей пораженной стопы сохранена. Восстановлена опороспособность травмированной конечности, позволяющая осуществлять необходимую в повседневной жизни локомоторную активность. Интеграция методик оперативного лечения по методике Илизарова и оценки механо-акустического состояния кожи стопы у пострадавших с мягкоткаными дефектами конечностей целесообразна для контроля процесса дермотензии.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Kaplan AV, Pozhariyskiy VF, Kadirov RS. Crushes and avulsions of limb segments in patients with polytrauma. *Orthopaedics, Traumatology and Prosthetics*. 1985; (7): 1-4. Russian (Каплан А.В., Пожарийский В.Ф., Кадилов Р.С. Размозжения и отрывы сегментов конечностей у больных с политравмой // Ортопедия, травматология и протезирование. 1985. № 7. С. 1-4.)
2. Dedushkin VS, Artemyev AA, Vovchenko VI. Specific characteristics of treating gunshot defects of the lower limb long bones according to the Ilizarov method. In: *The Ilizarov method: Theory, experiment, clinical picture: the abstract of All-Russian Conference devoted to G.A. Ilizarov's 70-th anniversary*. Kurgan, 1991. 483-484 p. Russian (Дедушкин В.С., Артемьев А.А., Вовченко В.И. Особенности лечения огнестрельных дефектов длинных костей нижних конечностей по методу Г.А. Илизарова. Метод Илизарова: Теория, эксперимент, клиника: тез. докл. Всесоюз. конф., посвящ. 70-летию Г.А. Илизарова. Курган, 1991. С. 483-484.)
3. Shved SI, Martel II. Filling traumatic defects of soft tissues by the method of graduated tissue stretching according to Ilizarov. In: *Plastic surgery for burns and wounds: materials of conference*. Moscow, 1994. Part 3. 86-87 p. Russian (Швед С.И., Мартель И.И. Замещение травматических дефектов мягких тканей методом дозированного тканевого растяжения по Илизарову. Пластическая хирургия при ожогах и ранах: материалы конф. М., 1994. Ч. 3. С. 86-87.)
4. Martel II, Shved SI, Dyachkov AN et al. Filling soft-tissue defects in opened fractures: the guide for physicians. Kurgan, 2000. 24 p. Russian (Мартель И.И., Швед С.И., Дьячков А.Н. и др. Замещение дефектов мягких тканей при открытых переломах: пособие для врачей. Курган, 2000. 24 с.)
5. Martel II. Transosseous osteosynthesis method in the system of complex treatment of patients with severe open injuries of the lower limbs. Abstracts of PhD in medicine. Kurgan, 2006. 38 p. Russian (Мартель И.И. Метод чрескостного остеосинтеза в системе комплексного лечения больных с тяжелыми открытыми повреждениями нижних конечностей: автореф. ... д-ра мед. наук. Курган, 2006. 38 с.)
6. Martel II, Grebenyuk LA, Dolganova TI. Elimination of an extensive femoral soft-tissue defect using dermotension according to Ilizarov technology. *Genius of Orthopedics*. 2016; (4): 109-113. Russian (Мартель И.И., Гребенюк Л.А., Долганова Т.И. Устранение обширного мягкотканного дефекта бедра посредством дермотензии по технологии Г.А. Илизарова. Гений ортопедии. 2016. № 4. С. 109-113.)

7. Baker JR, Glover JP, McEaney PA. Percutaneous fixation of forefoot, midfoot, hindfoot, and ankle fracture dislocations. *Clin. Podiatr. Med. Surg.* 2008; 25 (4): 691-719.
8. Kataoka T, Kodera N, Takai S. The Ilizarov Mini-External Fixator for the Treatment of First Metatarsal Fracture: A Case Report. *J. Nippon Med. Sch.* 2017; 84 (3): 144-147.
9. Filippova OV, Baidurashvili AG, Afonichev KA, Vashetko RV. Elimination of deforming scars on the leg and in the Achilles tendon area in children using expander dermatension. *Traumatology and Orthopaedics of Russia.* 2015; 1 (75): 74-82. Russian (Филиппова О.В., Баиндурашвили А.Г., Афоничев К.А., Вашетко Р.В. Устранение деформирующих рубцов на голени и в области ахиллова сухожилия у детей с использованием экспандерной дермотензии //Травматология и ортопедия России. 2015. № 1(75). С.74-82.)
10. Shibaev EYu, Ivanov PA, Kisel DA, Nevedrov AV. Closure of soft-tissue defects for severe opened fractures of leg bones. *Polytrauma.* 2012; (1): 15-31. Russian (Шибяев Е.Ю., Иванов П.А., Кисель Д.А., Неведров А.В. Закрытие дефектов мягких тканей при тяжелых открытых переломах костей голени //Политравма. 2012. № 1. С. 15-31.)
11. Bogosyan RA. Expander dermatension – a new method for surgical filling of skin defects. *Modern Technologies in Medicine.* 2011; (2): 31-34. Russian (Богосьян РА. Экспандерная дермотензия – новый метод хирургического замещения дефектов кожных покровов //Современные технологии в медицине. 2011. № 2. С. 31-34.)
12. Grebenyuk LA, Grebenyuk EB. Express diagnosis of mechano-biological limb skin condition during prolonged dosed stretching in orthopedics. In: *Biomechanics and Biomaterials in Orthopedics.* D.G. Poitout ed. 2nd ed. London: Springer-Verlag, 2004. P. 241-251.
13. Grebenyuk LA, Kobzyev AE, Grebenyuk EB, Ivliev DS. The technique of determining plastic reserves of the skin in patients with orthopedic pathology // *Medical Science and Education of Ural.* 2013; 14(4): 11-17. Russian (Гребенюк Л.А., Кобызев А.Е., Гребенюк Е.Б., Ивлиев Д.С. Методика определения пластических резервов кожного покрова у пациентов с ортопедической патологией //Медицинская наука и образование Урала. 2013. Т. 14, № 4. С. 11-17.)
14. Banerjee R, Waterman B, Nelson J, Abdelfattah A. Reconstruction of massive midfoot bone and soft tissue loss as a result of blast injury. *J. Foot Ankle Surg.* 2010; 49(3): 301-304.

Сведения об авторах:

Мартель И.И., д.м.н., врач-травматолог-ортопед, травматолого-ортопедическое отделение № 3, ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия.

Гребенюк Л.А., к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории гнойной остеологии и замещения дефектов конечностей, ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия.

Адрес для переписки:

Гребенюк Л.А., 6, ул. М. Ульяновой, г. Курган, 640014, Россия
E-mail: gla2000@yandex.ru
Тел: +7 (3522) 45-47-47

Information about authors:

Martel I.I., MD, PhD, traumatologist-orthopedist, traumatology and orthopedics unit No.3, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russia.

Grebenyuk L.A., candidate of biological science, senior researcher of laboratory of purulent osteology and replacement of extremities defects, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russia.

Address for correspondence:

Grebenyuk L.A., 6, M. Ulyanovoy St., Kurgan, Russia, 640014
E-mail: gla2000@yandex.ru
Tel: +7 (3522) 45-47-47

