Устранение обширного мягкотканного дефекта бедра посредством дермотензии по технологии Г.А. Илизарова

И.И. Мартель, Л.А. Гребенюк, Т.И. Долганова

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. акад. Г.А. Илизарова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Курган

Elimination of an extensive femoral soft-tissue defect using dermotension according to the Ilizarov technology

I.I. Martel', L.A. Grebeniuk, T.I. Dolganova

FSBI Russian Ilizarov Scientific Center "Restorative Traumatology and Orthopaedics of the RF Ministry of Health, Kurgan

Представлен клинический случай успешного оперативного лечения мягкотканного дефекта у пациентки с переломами костей таза и тяжелым обширным дефектом мягких тканей бедра посредством использования тракционных устройств, фиксированных к аппарату Илизарова. Лечение проводилось методом чрескостного остеосинтеза бедра, после некрэктомии мягких тканей наложены вторичные швы, и концы лигатур были зафиксированы в указанных тракционных устройствах. В процессе дермотензии создавался оптимальный темп и ритм distraction. Тракция краев раны навстречу друг другу начата на вторые сутки после операции с темпом 0,5 мм 6-8 раз в день и продолжалась 15 суток, при этом на протяжении 30 см края раны сопоставились, что позволило наложить узловые швы. Дефект покровных тканей площадью более 1500 см² был ликвидирован. Оставшиеся поверхностные раны 5,0 на 10,0 см и 8,0 на 12,0 см устранены дермопластикой по Тиршу. Метод дермотензии с использованием аппарата Илизарова был применен в клинике Центра у 19 больных с открытыми переломами длинных костей, сочетавшимися с различными по площади дефектами мягких тканей. У пациентки в целях профилактики перерастяжения кожи оценивалось ее биомеханическое состояние с помощью акустической доплерографии. Микроциркуляция тканей в ране и растягиваемой кожи контролировалась посредством ультразвуковой высокочастотной доплерографии. Установлено, что заживление раневого мягкотканного дефекта с использованием дозированной дермотензии сопряжено с перераспределением напряжений в покровной ткани и формированием нового ее механо-биологического состояния, косвенных признаков перерастяжения кожи вблизи краев раны не выявлено. По данным ультразвуковой доплерографии тканей раны регистрировалось три типа кровотока: микроциркуляторный, артериальный и венозный с четкой дыхательной волной. Расчетный индекс перепада у края раны и в мягких тканях раны колебался от 5,0 до 23,0 относительных ед., что характерно для активного процесса грануляции. Клинически достигнут хороший анатомо-функциональный результат, полностью восстановлена статико-локомоторная функция нижней конечности. Косметическим и функциональным результатом пациентка осталась довольна.

Ключевые слова: дермотензия, мягкотканый дефект, раны, бедро, технология Г.А. Илизарова, механо-акустическая анизотропия, кожа, микроциркуляция

The authors present a clinical case of a successful surgical treatment of a soft-tissue defect in a female patient with pelvic bone fractures and a severe extensive defect of the femoral soft tissues by using traction appliances fixed to the Ilizarov fixator. The method of transosseous osteosynthesis was used for treatment. Secondary sutures were applied after soft tissue necrectomy and the ligature ends were fixed to the mentioned traction appliances. Optimal rate and rhythm of distraction was produced in the process of dermotension. The traction of the wound ends towards each other started on the second day after surgery with the rate of 0.5 mm 6–8 times a day and continued 15 days. A 30-cm long juxtaposition of the wound edges was achieved. It enabled to use interrupted sutures. The integumentary tissue defect of the area over 1500 cm² was eliminated. The remaining wound areas that measured 5.0 cm × 10.0 cm and 8.0 cm × 12.0 cm in size were eliminated using the Tyrš dermoplasty. The patient's skin biomechanical condition was evaluated by acoustic velocimetry in order to prevent skin overstretching. Microcirculation of tissues in the wound and that of the stretched skin was controlled by ultrasound high-frequency Dopplerography. The healing of the wound soft-tissue defect using graduated dermotension is associated with redistribution of stresses in the integumentary tissue and with formation of its new mechano-biological status. Indirect signs of skin overstretching near the wound edges were not revealed. Three types of blood flow in the wound tissue were recorded with ultrasound Dopplerography: microcirculatory, arterial, and venous with a clear respiratory wave. The calculated index of differences near the wound edge and in the wound soft tissues varied from 5.0 to 23.0 relative units that is typical for an active granulation process. Good anatomic and functional results were achieved clinically. Static and locomotor functions of the lower limb recovered completely. The patient was satisfied with the cosmetic and functional results. The technique of dermotension using the Ilizarov fixator was used at the Center's clinic in 19 patients with open fractures of long bones that were accompanied with soft tissue defects of various sizes.

Keywords: dermotension, soft-tissue defect, wounds, femur, the Ilizarov technology, mechano-acoustic anisotropy, skin, microcirculation

ВВЕДЕНИЕ

Рост тяжелого транспортного травматизма, участвовавшие техногенные и природные катастрофы, а также локальные конфликты и войны привели к резкому увеличению числа пострадавших с открытыми и огнестрельными переломами конечностей со значительными разрушениями тканей, успех лечения которых во многом зависит от устранения дефектов мягких тканей и заживления ран [5]. Однако, ввиду трудностей закрытия больших дефектов мягких тканей и кожи без ухудшения местных условий микроциркуляции, зачастую их не ушивают и лишь в более поздние сроки

применяют различные виды пластик мягких тканей, либо идут по пути вторичного заживления ран. Успешное лечение таких пострадавших возможно методом управляемого чрескостного остеосинтеза по технологии Г.А. Илизарова.

Ряд авторов рассматривают дозированное растяжение кожи (дермотензию) под действием сил тракции с помощью специальных устройств [4] или с применением спиц Киршнера [2] в качестве одного из наиболее перспективных и эффективных методов закрытия дефектов кожи. В эксперименте показано, что при тракции

кожи более, чем на 20 % капиллярный кровоток резко падает, уменьшается число перфузируемых капилляров, их диаметр и извилистость, что приводило к нарушению транспорта кислорода в тканях [10]. Под влиянием дозированной тракции кожи происходит активизация дермогенеза, стимуляция роста тканей [4], которая сопровождается, напротив, повышением капиллярного кровотока за счет увеличения отношения капилляры/ткань в 20 и более раз плотности капилляров [9].

В процессе дермотензии важно обеспечить оптимальный темп и ритм дистракции в целях профилактики нарушения микроциркуляции, для чего целесообразно контролировать биомеханическое состояние растягиваемого кожного покрова. Сочетание таких методов в качестве экспресс-диагностики позволяет прогнозировать

возможное развитие близких к предельному напряженно-деформированное состояние растягиваемой кожи и корректировать тактику в процесс лечения. Показанием к прекращению дозированного сопоставления краев раны являются помимо клинических данных (боль, бледность кожных покровов) также параметры лазерной флоуметрии – снижение микроциркуляторного кровотока более, чем на две перфузионных единицы [1].

Цель – представить клинический случай оперативного лечения пациентки с тяжелым обширным дефектом мягких тканей нижней конечности посредством использования специального тракционного устройства и результаты диагностического мониторинга распределения напряжений и тканевой перфузии кожного покрова вблизи раневой поверхности в процессе лечения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Метод дермотензии с использованием аппарата Илизарова был применен в клинике Центра у 19 больных (в возрасте 13-60 лет) с открытыми переломами длинных костей, сочетавшимися с различными по площади дефектами мягких тканей. В данной работе приводится описание следующего клинического случая. Проанализирован результат оперативного лечения пациентки О., 37 лет (архивный номер истории болезни № 36277) с обширным дефектом мягких тканей правого бедра и переломами костей таза, возникших в результате массивной прямой травмы с раздавливанием тканей бедра. Клинически при поступлении на правом бедре по наружной поверхности имела рана трапециевидной формы размерами 56 на 25 и 15 см глубиной от 3,0 до 6,0 см. Рана с участками некроза мышц, фасции, подкожно-жировой клетчатки (рис. 1, а). Рентгенологически имелось повреждение переднего отдела тазового кольца.

Лечение проводилось методом чрескостного остеосинтеза бедра, произведена некрэктомия мягких тканей с наложением вторичных швов с фиксации концов лигатур в тракционных устройствах, фиксированных к аппарату Илизарова для дозированного замещения де-

фекта мягких тканей и кожи (рис. 1, б). Тракция краев раны навстречу друг другу начата на вторые сутки после операции с темпом 0,5 мм 6-8 раз в день и продолжалась 15 суток, при этом на протяжении 30 см края раны сопоставились, что позволило наложить узловые швы. На всех этапах курации проводилось комплексное исследование состояния мягких тканей пораженной конечности. Объективный контроль характера распределения напряжений в расположенных вблизи раны участках осуществляли на основе исследования анизотропных механо-акустических свойств кожного покрова, позволяющего косвенно оценивать состояние напряженно-деформированного состояния ткани [6]. Определяли скорость распространения поверхностной акустической волны (СПАВ, м/с) в продольном (параллельно оси конечности), поперечном (90°), 45° и 135° относительно оси конечности. Применяли акустический анализатор кожи (skin acoustic analyzer ASA-4, производство Москва-Белград). Исследуемыми участками являлись расположенные на расстоянии 3-5 см от раневой поверхности области кожи по передне-боковой (четыре зоны) и задне-боковой поверхности бедра (рис. 1, в).

Рис. 1. Фото пораженного бедра пациентки при поступлении в клинику (а, б); в процессе дермотензии (в). Белыми квадратами обозначены участки механо-акустического тестирования кожи вблизи раны по переднебоковой и задне-боковой поверхности бедра

Микроциркуляцию оценивали на основе анализа линейной (V_{as} , см/сек) и объемной скорости (Q_s , мл/сек) капиллярного кровотока в мягких тканях раны посредством ультразвуковой высокочастотной доплерографии [7] на ультразвуковом компьютеризированном диагностическом приборе «Минимакс-доплер К» (Россия). Использовался высокочастотный датчик с частотой 25 МГц. Лоцировали микрососуды на глубине до 10 мм. Диаметр рабочей части датчика составлял 1,5 мм. Замеры осуществляли в следующих точках: неповрежденные кожные покровы контралатерального

сегмента – точка 1, кожные покровы пораженной конечности, подвергающиеся тракционным воздействиям, на расстоянии 10 см от раны – точка 2, открытые мягкие ткани раны – точка 3, зона краевой эпителизации раны – точка 4.

Настоящее исследование проводилось с одобрения этического комитета ФБГУ РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова. Цель и методы исследования были объяснены обследуемой пациентке, от которой было получено добровольное письменное информированное согласие на проведение обследований.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Учитывая наличие обширного повреждения мягких тканей нижней конечности в сочетании с переломом костей таза, лечение проводилось методом чрескостного остеосинтеза таза и бедра по технологии Г.А. Илизарова (рис. 1). Произведена некрэктомия мягких тканей с наложением вторичных швов с фиксацией концов лигатур в тракционных устройствах, фиксированных к аппарату Илизарова для дозированного замещения дефекта мягких тканей и кожи. Тракция краев раны навстречу друг другу начата на вторые сутки после операции с темпом 0,5 мм 6-8 раз в день и продолжалась 15 суток, при этом на протяжении 30 см края раны были сопоставлены, что позволило наложить узловые швы. Дефект покровных тканей площадью более 1500 см² был ликвидирован. Оставшиеся поверхностные раны 5,0 на 10,0 см и 8,0 на 12,0 см устранены дермопластикой по Тиршу. Через год после травмы пациентка жалоб не предъявляет, работает по прежней специальности, результатом лечения довольна.

Клинически достигнут хороший анатомо-функциональный результат, полностью восстановлена статико-локомоторная функция нижней конечности. Косметическим результатом пациентка удовлетворена (рис. 2).

Проведение механо-акустического тестирования кожи вблизи раневого дефекта (рис. 1, б) выявило возрастание показателя СПАВ в продольной и попереч-

ной ориентациях в процессе дермотензии, а построение «акустических полей» (АП) на концах векторов скоростей СПАВ в четырех направлениях позволило получить представление о пространственном распределении напряжений в исследуемых участках (рис. 3).

Рис. 2. Фото той же пациентки через 1 год после устранения обширного мягкотканного дефекта бедра

Рис. 3. Графики пространственного распределения напряжений (механо-акустические поля) в коже второй и четвертой тестируемых областей переднебоковой поверхности пораженного бедра вблизи раны. Обозначения: 2А, 4А – до наложения тракционного устройства, 2Б, 4Б – в процессе дермотензии, 2В, 4В – после завершения лечения. Показана скорость распространения поверхностной акустической волны (акустическая анизотропия) в коже в продольном, поперечном и диагональном (45° и 135°) направлении относительно продольной оси конечности

До начала тракции форма АП в коже второй и четвертой областей была различной – эллиптической и округлой соответственно. На этапе дермотензии форма АП в указанных областях была идентичной, т.е. округлой, а после завершения лечения – близкой к эллиптической, с большей осью при диагональной ориентации (135 градусов). Это свидетельствует о динамической модификации механо-акустической анизотропии в растягиваемых участках кожи в процессе дермотензии и после ее прекращения. Значительного возрастания СПАВ в процессе дермотензии во всех маркированных участках кожи по передне-боковой и задне-боковой поверхностям не выявлено. Заживление раневого мягкотканного дефекта с использованием дозированной дермотензии сопряжено с перераспределением напряжений в покровной ткани и формированием нового ее механо-биологического состояния, т.е. наблюдалась иная относительно исходной конфигурация акустических полей (рис. 3: 2А-2В; 4А-4В).

По данным ультразвуковой доплерографии при исследовании микроциркуляции в тканях раны в зависимости от участка локации регистрировалось три

типа кровотока: микроциркуляторный, артериальный и венозный с четкой дыхательной волной (рис. 4, а). В неповрежденных кожных покровах, подвергающихся дистракционным усилиям, регистрировался микроциркуляторный тип кривой доплерограммы, его спектр был четким, не связан с дыханием, расчетные параметры скорости кровотока были увеличены на 250-350 % с максимальными значениями вблизи тягунов (рис. 4, б).

На расстоянии 10 см от тягунов капиллярный кровоток кожи сохранялся повышенным с преобладанием артериолярной компоненты (рис. 4, в). Расчетный индекс перепада кровотока (отношение показателей кровотока V_{as} у края раны и в мягких тканях раны) был выше 1,0 и колебался от 5,0 до 23,0 отн. ед., что характерно для активного процесса грануляции [3]. Обнаруженное нами возрастание показателей капиллярного кровотока в коже при дозированном растяжении отражает создание адекватных благоприятных условий для репаративной регенерации кожного покрова. Ранее в экспериментальных работах показано, что под влиянием дозированной тракции кожи увеличивается митотическая активность [8], происходит активизация дермогенеза и стимуляция роста тканей [4].

Рис. 4. Допплерограммы тканевой перфузии мягких тканей: а – интактная конечность (соответствует значениям нормы), V_{as} 0,1-0,8 см/с.; б – вблизи тягунов, при дистракционном воздействии, капиллярный кровоток увеличен относительно нормы на 350 %, V_{as} = 3,53 см/сек; в – участков на расстоянии 10 см от тягунов, V_{as} 1,5 см/сек. Капиллярный кровоток с преобладающей артериолярной компонентой, увеличен относительно нормы на 50 %

ВЫВОДЫ

Использование малотравматичного способа дозированной растяжения покровных тканей с помощью специального устройства по технологии Г.А. Илизарова позволило управлять степенью растяжения тканей при замещении обширного мягкотканного дефекта сегмента конечности, отказываясь от травматичных, дорогостоящих пластик свободных или несвободных комплексов мягких тканей, которые в трети случаев не приживаются

и дополнительно дают косметический дефект в местах их взятия. Проведение биомеханического тестирования кожного покрова миниатюрным датчиком в режиме on line является объективным методом контроля распределения напряжений в покровной ткани у краев раневой поверхности во все периоды лечения. Переход кожи при дермотензии по технологии Г.А. Илизарова в напряженно-деформированное состояние сопровождается повы-

шением капиллярного кровотока в 2-3 раза, т.е. нарушения микроциркуляции нами не выявлено. Результаты сочетанного биомеханического и микроциркуляторного мониторинга в целом позволяют отслеживать характер заживления мягкотканного дефекта конечности. При дермотензии по клиническим наблюдениям на основе данных механо-акустического распределения напряжений в коже вблизи раны и параметров микроциркуляции, а также после заживления раневого дефекта сделан

вывод об отсутствии нарушений адаптационно-компенсаторных процессов в тканях травмированной конечности. Таким образом, применение описанной методики дермотензии в сочетании с мониторингом микроциркуляции и механо-акустического состояния кожи позволило решить задачу закрытия обширного мягкотканного дефекта бедра без осложнений, в один этап лечения и сократить сроки анатомо-функционального восстановления поврежденной конечности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бесчастнов В.В., Орлинская Н.Ю., Кудыкин М.Н. Экспериментально-клиническое обоснование применения дозированной дермотензии в первую фазу раневого процесса // *Новости хирургии*. 2012. Т. 20, № 2. С. 55-59. <http://eliv.vsmu.by/handle/123/5025>.
2. Гусейнов А.Г., Гусейнов А.-К.Г. Способы закрытия ран при лечении открытых и огнестрельных переломов нижних конечностей // *Хирургия*. Журн. им. Н.И. Пирогова. 2005. № 6. С. 51-54.
3. Реакция сосудистого русла поврежденных тканей на гипербарическую оксигенацию при лечении больных с открытыми переломами конечностей по методу Илизарова / И.И. Мартель, Т.И. Долганова, Е.В. Николайчук, А.П. Бажитов, В.А. Наричин // *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. 2007. № 4. С. 44-48.
4. Современные представления о возможностях применения дермотензии в лечении обширных дефектов мягких тканей / С.Н. Пятаков, А.А. Завражнов, И.О. Лебедев, В.А. Зимин, В.В. Морозов, С.Н. Ралко // *Инфекция в хирургии*. 2014. Т.12, № 2. С. 7-12.
5. Фисталь Э.Я., Роспола Я.А. Теория и практика лечения ран с обширными дефектами кожного покрова // *Острые и неотложные состояния в практике врача*. 2009. № 6 (19). URL: http://urgent.com.ua/ru-archive-issue-0#Nomer_zhurnal_6-19_2009 (дата обращения 09.01.2016).
6. Динамика акустических свойств покровных тканей и содержание гидроксипролина при оперативном лечении врожденных аномалий развития конечностей / В.И. Шевцов, Л.А. Гребенюк, А.В. Попков, Е.Б. Гребенюк // *Вестн. РАМН*. 2009. № 6. С. 37-42.
7. A high-frequency pulsed-wave Doppler ultrasound system for detection and imaging of blood flow in the microcirculation / D.A. Christopher, P.N. Burns, B.G. Starkoski, F.S. Foster // *Ultrasound Med. Biol.* 1997. Vol. 23, N 7. P. 997-1015.
8. Histology and physiology of tissue expansion / T.M. Johnson, L. Lowe, M.D. Brown, M.J. Sullivan, B.R. Nelson // *J. Dermatol. Surg. Oncol.* 1993. Vol. 19, N 12. P. 1074-1078.
9. Milkiewicz M., Hudlicka O., Brown M.D. Hypoxia as a stimulus for vascular endothelial growth factor expression and capillary growth in rat and rabbit skeletal muscle during chronic electrical stimulation // *J. Physiol. Proc. (Cambridge)*. 2000. Vol. 523. P. 147-148.
10. Poole D.C., Musch T.I., Kindig C.A. In vivo microvascular structural and functional consequences of muscle length changes // *Am. J. Physiol.* 1997. Vol. 272, N 5. Pt. 2. P. H2107-H2114.

REFERENCES

1. Beschastnov V.V., Orlinskaya N.Yu., Kudykin M.N. Eksperimental'no-klinicheskoe obosnovanie primeneniia dozirovannoi dermotenzii v pervuiu fazu ranevogo protsesssa [Experimental-and-clinical substantiation of using graduated dermotension in the first phase of wound process]. *Novosti Khirurgii*. 2012. T. 20, N 2. pp. 55-59. URL: <http://eliv.vsmu.by/handle/123/5025>
2. Guseinov A.G., Guseinov A.-K.G. Sposoby zakrytiia ran pri lechenii otkrytykh i ognestrel'nykh perelomov nizhnikh konechnostei [Techniques of wound closure in treatment of open gunshot fractures of the lower limbs]. *Khirurgiia. Zhurn. im. N.I. Pirogova*. 2005. N 6. pp. 51-54
3. Martel' I.I., Dolganova T.I., Nikolaichuk E.V., Bazhitov A.P., Naritsyn V.A. Reaktsiia sosudistogo rusla povrezhdennykh tkanei na giperbaricheskuiu oksigenatsiiu pri lechenii bol'nykh s otkrytymi perelomami konechnostei po metodu Ilizarova [Response of the injured tissue vascular bed to hyperbaric oxygenation in treatment of patients with limb open fractures by the Ilizarov method]. *Regionarnoe Kровоobraschenie i Mikrotsirkuliatsiia*. 2007. N 4. pp. 44-48
4. Piatkov S.N., Zavrazhnov A.A., Lebedev I.O., Zimin V.A., Morozov V.V., Ralko S.N. Sovremennye predstavleniia o vozmozhnostiakh primeneniia dermotenzii v lechenii obshirnykh defektov miagkikh tkanei [Current concepts of the possibilities of using dermotension in treatment of extensive soft tissue defects]. *Infektsiia v Khirurgii*. 2014. T.12, N 2. pp. 7-12
5. Fistal' E.Ya., Rospola Ya.A. Teoriia i praktika lecheniia ran s obshirimy defektami kozhnogo pokrova [Theory and practice of treating wounds with extensive defects of skin integument]. *Ostrye i neotlozhnye sostoiianiia v praktike vracha*. 2009. N 6 (19)
6. Shevtsov V.I., Grebeniuk L.A., Popkov A.V., Grebeniuk E.B. Dinamika akusticheskikh svoistv pokrovnykh tkanei i sodержanie gidroksiprolina pri operativnom lechenii vrozhdennykh anomalii razvitiia konechnostei [Dynamics of the acoustic properties of integument tissues and hydroxyproline content in surgical treatment of congenital anomalies of limb development]. *Vestn. RAMN*. 2009. N 6. pp. 37-42
7. Christopher D.A., Burns P.N., Starkoski B.G., Foster F.S. A high-frequency pulsed-wave Doppler ultrasound system for detection and imaging of blood flow in the microcirculation. *Ultrasound Med. Biol.* 1997. Vol. 23, N 7. pp. 997-1015
8. Johnson T.M., Lowe L., Brown M.D., Sullivan M.J., Nelson B.R. Histology and physiology of tissue expansion. *J. Dermatol. Surg. Oncol.* 1993. Vol. 19, N 12. pp. 1074-1078
9. Milkiewicz M., Hudlicka O., Brown M.D. Hypoxia as a stimulus for vascular endothelial growth factor expression and capillary growth in rat and rabbit skeletal muscle during chronic electrical stimulation. *J. Physiol. Proc. (Cambridge)*. 2000. Vol. 523. pp. 147-148
10. Poole D.C., Musch T.I., Kindig C.A. In vivo microvascular structural and functional consequences of muscle length changes. *Am. J. Physiol.* 1997. Vol. 272, N 5. Pt. 2. pp. H2107-H2114

Рукопись поступила 13.05.2016

Сведения об авторах:

1. Мартель Иван Иванович – ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, заведующий научно-клинической лабораторией травматологии, врач травматолог-ортопед высшей категории, д. м. н.
2. Гребенюк Людмила Александровна – ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, старший научный сотрудник лаборатории гнойной остеологии и замещения дефектов конечностей, к. б. н.; e-mail: gla2000@yandex.ru
3. Долганова Тамара Игоревна – ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, ведущий научный сотрудник лаборатории коррекции деформаций и удлинения конечностей, д. м. н.

Information about the authors:

1. Ivan I. Martel', M.D., Ph.D., Russian Ilizarov Scientific Centre for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Head of Scientific-Clinical Laboratory of Traumatology
2. Liudmila A. Grebeniuk, M.D., Ph.D., Russian Ilizarov Scientific Centre for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Laboratory of Pyogenic Osteology and Limb Defect Fillings; Corresponding author: gla2000@yandex.ru
3. Tamara I. Dolganova, M.D., Ph.D., Russian Ilizarov Scientific Centre for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Laboratory of Deformity Correction and Limb Lengthening