

Изучение костной регенерации при проведении чрескостных элементов через акупунктурные точки методом гаммасцинтиграфии в эксперименте

М.Э. Пусева^{1,2}, И.Н. Михайлов¹, В.Ю. Лебединский³, Т.К. Верхозина^{1,2}, П.В. Селиверстов¹

¹ФГБУ «НЦРВХ» СО РАМН, г. Иркутск

²ГБОУ ДПО ИГМАПО, г. Иркутск

³Национальный исследовательский ИРГТУ, г. Иркутск

Analyzing bone regeneration when inserting transosseous elements through acupuncture points using gamma-scintigraphy experimentally

M.E. Puseva^{1,2}, I.N. Mikhailov¹, V.Iu. Lebedinskiy³, T.K. Verkhozina^{1,2}, P.V. Seliverstov¹

¹FSBI Scientific Center of Reconstructive and Restorative Surgery of RAMS SB, Irkutsk

²SBEI APE The Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education, Irkutsk

³The Irkutsk National Research State Technical University, Irkutsk

Цель. Изучить возможность использования гаммасцинтиграфии для оценки васкуляризации и формирования костной ткани в зоне регенерата для определения правильного темпа distraction, сроков фиксации костных отломков и изучения эффективности влияния стимуляции БАТ на регенераторный процесс. **Материалы и методы.** В эксперименте с использованием гаммасцинтиграфии изучали особенности васкуляризации, формирования и ремоделирования костного вещества distraction регенерата костей предплечья у кроликов при проведении чрескостных элементов через акупунктурные точки. Удлиняли одно из предплечий по методу Илизарова на 10 мм. **Результаты.** Показано, что длительное раздражение акупунктурных точек введенными чрескостными элементами приводит к ускорению васкуляризации регенерата и интенсификации образования костного вещества, которые по своим характеристикам наиболее близки к параметрам структур у интактных животных. **Заключение.** Полученные результаты исследования с использованием гаммасцинтиграфии distraction костного регенерата костей предплечья являются объективным показателем оценки его васкуляризации, по которым можно в совокупности с известными способами (рентгенография и МСКТ) оценить степень зрелости регенерата и процесса остеообразования. **Ключевые слова:** акупунктурные точки, костный distraction регенерат, денситометрия, МСКТ.

Purpose. To study the possibility of using gamma-scintigraphy for evaluation of bone tissue vascularization and formation in the zone of regenerated bone in order to determine the proper rate of distraction, the periods of bone fragment fixation, and to analyze the efficiency of acupuncture point (APP) stimulation effect on the process of regeneration. **Materials and Methods.** The features of vascularization, formation and remodeling the distraction regenerated bone substance of forearm bones in the rabbits when inserting transosseous elements through APP studied experimentally using gamma-scintigraphy. One of the forearms underwent 1-mm lengthening by the Ilizarov method. **Results.** The prolonged APP irritation with the inserted transosseous elements has been demonstrated to result in acceleration of vascularization of the regenerated bone, as well as in intensification of formation of the bone substance, both of which by their characteristics are most similar to the parameters of intact animals' structures. **Conclusion.** The results of the study using gamma-scintigraphy of distraction regenerated bone of forearm bones are an objective measure of its vascularization evaluation with the help of which combined with the known techniques (radiography and multispiral computed tomography /MSCT/) the degree of regenerated bone maturity and the process of osteogenesis can be evaluated. **Keywords:** acupuncture points, distraction regenerated bone, densitometry, MSCT.

ВВЕДЕНИЕ

Исследования, проведенные в РНЦ «ВТО» им. Г.А. Илизарова, позволили изучить особенности формирования и органотипическую перестройку костного регенерата. Известно, что на протяжении всего периода distraction в центральной части регенерата сохраняется соединительнотканная прослойка, на основе которой идет рост костных клеток [1, 5, 6, 7, 15, 19, 20]. Активность остеогенеза определяется состоянием этой зоны и зависит от комплекса биологических и механических факторов, составляющих основу метода Илизарова. Анализ специальной литературы показал, что в последние десятилетия отмечается тенденция оптимизации чрескостного метода путем исключения недостатков и поиска новых преимуществ наружной фиксации [2, 7, 9].

Кроме того, известны способы стимуляции регенерации костной ткани в зоне distraction регенерата с использованием акупунктуры [3, 4, 8, 9, 14, 16]. Часть из них предполагают использование регулярных сеансов электроакупунктуры с применением специальной электроаппаратуры. Л.Н. Соломин в 2007 году предложил способ стимуляции перестройки distraction регенерата [16]. Недостатком этого метода является то, что при неблагоприятном влиянии чрескостных

элементов на биологически активные точки (БАТ) или меридианы возможно возникновение острого или обострения хронических заболеваний различных органов и систем. Эта проблема была решена новым способом, предложенным в 2008 году М.Э. Пусевой и соавт. [14].

Однако оценка состояния костного регенерата, проводимая с использованием современных методов исследования (МСКТ с денситометрией, рентгенографии), только по его размеру, интенсивности тени и плотности костной ткани не даёт однозначных критериев зрелости костной ткани. Основным недостатком этих методов является невозможность определения васкуляризации тканей, по степени которой можно судить о зрелости регенерата, в частности, на этапах удлинения трубчатых костей [5, 17, 18].

Возможность использования гаммасцинтиграфии для оценки не только васкуляризации, но и формирования костной ткани в зоне регенерата может позволить определить правильный темп distraction, а самое главное, сроки фиксации костных отломков и оценить эффективность регенераторного процесса при стимуляции БАТ. Этой проблеме и было посвящено проводимое экспериментальное исследование на кроликах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Содержание животных, оперативные вмешательства и эвтаназию осуществляли согласно требованиям приказа МЗ СССР № 755 от 12.08.1977 г., а также руководствуясь требованиями, изложенными в «Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях» с соблюдением этических норм и гуманного отношения к объектам изучения [17].

Критерии включения животных в эксперимент: кролики (*Oryctolagus cuniculus*) – класс млекопитающих (Mammalia), отряд грызунов (Rodentia), семейство заячьих (Leporidae), порода Шиншилла. Животные стандартизированы по полу (мужской), по возрасту (6-7 мес.), весу 3,0 (2,895-3,000) кг, длине предплечья 7,15 (7,0-7,2) см. Из особенностей строения скелета предплечья кролика следует отметить, что лучевая и локтевая кости между собой соединены межкостной мембраной, которая по плотности близка к костной ткани. Движений относительно друг друга в сочленениях нет [10].

Прооперировано 28 животных по методу Г.А. Илизарова. Дистракцию начинали выполнять на 5 сутки со дня операции с темпом 1 мм в сутки дискретно во времени (0,25 мм × 4 раза в сутки). Продолжительность дистракции составляла 10 суток. Сроки фиксации костных отломков (10 и 20 суток) выбраны в соответствии с данными литературы [6].

В соответствии с задачами эксперимента животные разделены на 2 группы, равные по количеству (14) животных. Проведено 2 серии опытов (табл. 1).

Животным **первой группы** выполняли чрескостный остеосинтез с проведением спиц вне акупунктурных точек (группа «вне БАТ»).

Животным **второй группы** выполняли чрескостный остеосинтез с проведением спиц через акупунктурные точки (группа «через БАТ»).

Всем животным были выполнены на различных сроках эксперимента (до операции, после операции, 10 сутки дистракции, 10 и 20 суток фиксации в АВФ) рентгенографическое исследование передней конечности кролика, мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ), гаммасцинтиграфия.

Рентгенографию проводили в специальном кабинете, отвечающем требованиям ГОСТа, на аппарате ЕДР 750Б при напряжении 45 кВ и фокусном расстоянии до изучаемого объекта 100 см, экспозиции – 50 mAs в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (прямой и боковой проекциях).

Для детального изучения взаимоотношений костных отломков и структуры дистракционного регенерата выполняли мультиспиральную компьютерную томографию (МСКТ) на компьютерном томографе фирмы Siemens SOMATOM в режиме 64 среза. При выполнении денситометрии определяли размер и плотность дистракционного костного регенерата в 9 точках пересечения соответствующих линий, полученные результаты описаны в более ранних публикациях [11, 12, 13].

Также всем животным проводили гаммасцинтиграфию по описанной ниже методике (рис. 1).

При проведении сцинтиграфии в кровь животного вводился технефор (0,5 мл вещества) с радиоактивной меткой (Технеций 99М), с активностью 1-15 МБК, который по сосудистому руслу распространяется по организму и избирательно накапливается в костной ткани. Накопление регистрировалось детектором (кристалл NaI) гамма-камеры «DiACAM» (Siemens, Германия). Постпроцессинговая обработка программой «1,2,3 Fase Bone ICON» (Siemens, Германия) создаёт изображение скелета в интересующей области. Первые две фазы позволяют судить о кровоснабжении костного регенерата, а третья фаза – «скелетного накопления» – говорит о захвате радиофармпрепарата. Зонами интереса являлись область регенерата оперированной конечности и симметрично соответствующая ему область интактной конечности, которая исследуется в две фазы кровотока и фазу скелетного накопления. При помощи программного обеспечения производилась математическая обработка полученных результатов, где единицей измерений была «дельта» – это отношение количества накопленного препарата в интактной кости к значениям в области регенерата. Значение «дельты» до операции в первые две фазы в среднем составило 0,96 (0,93 – 1,06), в скелетной фазе в то же время – было равно 1,03 (0,92 – 1,09) (табл. 2).

Таблица 1

Распределение экспериментальных животных по срокам и сериям исследования

Номер группы и количество животных	Начало дистракции (сутки от дня операции)	Темп и срок дистракции (мм в сутки/кол-во сут.)	Фиксация (дни/к-во)	
			10 сут.	20 сут.
I группа – вне БАТ (n=14)	5	1/10	N=7	N=7
II группа – через БАТ (n=14)	5	1/10	N=7	N=7

Таблица 2

Сравнительная характеристика показателей сцинтиграфии

		До операции	Дистракция 10 суток	Фиксация 10 суток	Фиксация 20 суток
Скелет	Группа «вне БАТ»	1,03 (0,92-1,09)	0,39 (0,36-0,44) p = 0,012	0,50 (0,42-0,64) p ₁ = 0,013 p = 0,036	0,77 (0,60-0,83) p = 0,030 p ₁ = 0,069
	Группа «через БАТ»	0,96 (0,93-1,06) P ₂ = 0,091	0,73 (0,64-0,88) p ₁ = 0,77; p ₂ = 0,018	0,935 (0,685-1,29) p ₁ = 0,575; p = 0,093; p ₂ = 0,036	1,385 (1,17-1,575) p = 0,289; p ₁ = 0,013; p ₂ = 0,012
Кровь	Группа «вне БАТ»	1,03 (0,92-1,09)	0,47 (0,43-0,58) p ₁ = 0,025	0,55 (0,43-0,59) p ₁ = 0,025; p = 0,612	0,48 (0,45-0,54) p = 0,726; p ₁ = 0,028
	Группа «через БАТ»	0,96 (0,93-1,06) p ₂ = 0,091	1,13 (0,94-1,29) p ₁ = 0,013; p ₂ = 0,012	1,55 (1,165-2,11) p = 0,036; p ₁ = 0,013; p ₂ = 0,012	1,89 (1,47-2,07) p = 0,724; p ₁ = 0,013; p ₂ = 0,012

Примечание: p – с предыдущим этапом; p₁ – с начальным этапом; p₂ – значимость различий между группами.

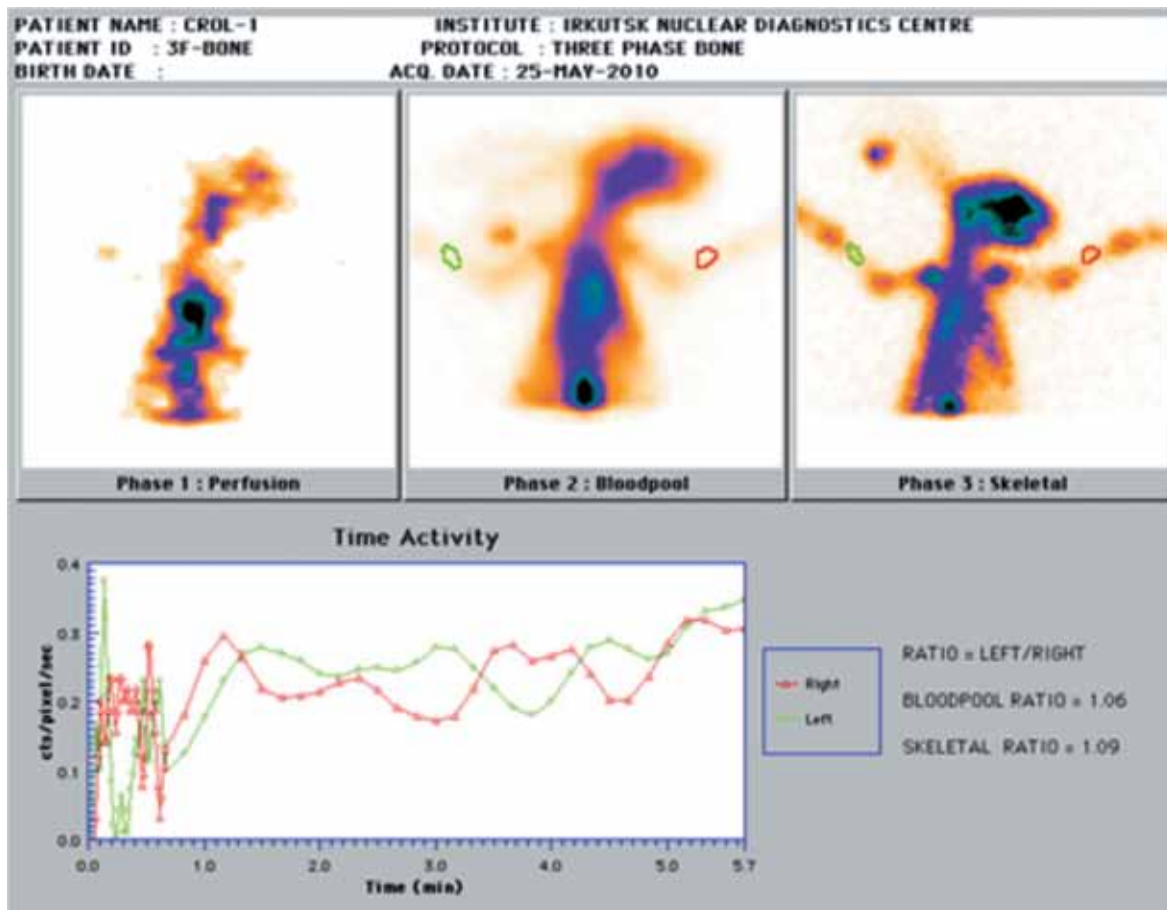


Рис. 1. Остеосцинтиграмма до операции

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Динамика формирования дистракционного костного регенерата при удлинении костей предплечья на 10 мм (по 1 мм в сутки, дробно по 0,25 мм 4 раза в день), прослеженная на животных при хроническом раздражении акупунктурных точек, выявила, что кролики быстро адаптируются в послеоперационном периоде к аппарату внешней фиксации и к манипуляциям с ним.

Параллельно с гаммасцинтиграфией, при помощи МСКТ измеряли минеральную плотность костного вещества дистракционного регенерата. К 10 суткам фиксации костных отломков аппаратом внешней фиксации формируется дистракционный регенерат с четкой зональной структурой. К 20 суткам фиксации в средней зоне имеются явные признаки формирования костно-мозгового канала, о чем свидетельствует снижение минеральной плотности до отрицательных значений.

Следовательно, длительное раздражение акупунктурных точек введенными чрескостными элементами на 20 сутки фиксации АВФ приводит к формированию структуры и свойств костного регенерата, которые по своим характеристикам наиболее близки к параметрам интактной кости. Практически заканчивается формирование костно-мозгового канала, что свидетельствует об активном remodelировании костных структур при этом воздействии, а используемый метод денситометрии при МСКТ позволяет дать его объективную количественную оценку.

Статистический анализ полученных результатов при гаммасцинтиграфии проведен с использованием непараметрической статистики, с применением критериев Манна-Уитни и Уилкоксона (табл. 2).

В процессе дистракции (группа 1) «дельта» снижается и к 10 суткам дистракции, в фазы кровоснабжения она уменьшается в 2 раза и составляет 0,47 (0,425 – 0,58), в скелетной фазе (к концу дистракции) она равна 0,385 (0,355 – 0,44), что показывает выраженное ее снижение – более чем в 2,5 раза (рис. 2; табл. 2).

В группе 2 к 10 суткам дистракции (в фазы кровоснабжения) «дельта» увеличивается и составляет 1,13 (0,94 – 1,95), что характеризует стимуляцию кровоснабжения, но ее значения еще недостаточны для ускорения костеобразования, так как в скелетной фазе к концу дистракции она снижается и равна в области регенерата 0,73 (0,635 – 0,88), что в 1,5 раза ниже относительно интактной кости (рис. 3; табл. 2).

В группе 1 на этапе фиксации «дельта» начинает увеличиваться и в фазы кровоснабжения к 10 суткам фиксации в АВФ составляет 0,543 (0,43 – 0,59), а в скелетную фазу равна 0,5 (0,42 – 0,64), что говорит об усилении васкуляризации регенерата и о более выраженном процессе остеообразования (рис. 4).

К 10 суткам фиксации (группа 2), процессы усилились, и характеристики «дельты» были наиболее близки к параметрам интактной кости. В фазы кровообращения ее значения составили 1,55 (1,165 – 2,11), а в скелетную фазу – были равны 0,935 (0,685 – 1,135) (рис. 5).

К окончанию фиксации (группа 1, 20-е сутки) величина «дельты» (в фазы кровообращения) составила 0,48 (0,45 – 0,535), что ниже нормы на 50 %, а в скелетную фазу была равна 0,765 (0,60 – 0,83), что на 25 % ниже ее значений в интактной кости (рис. 6).

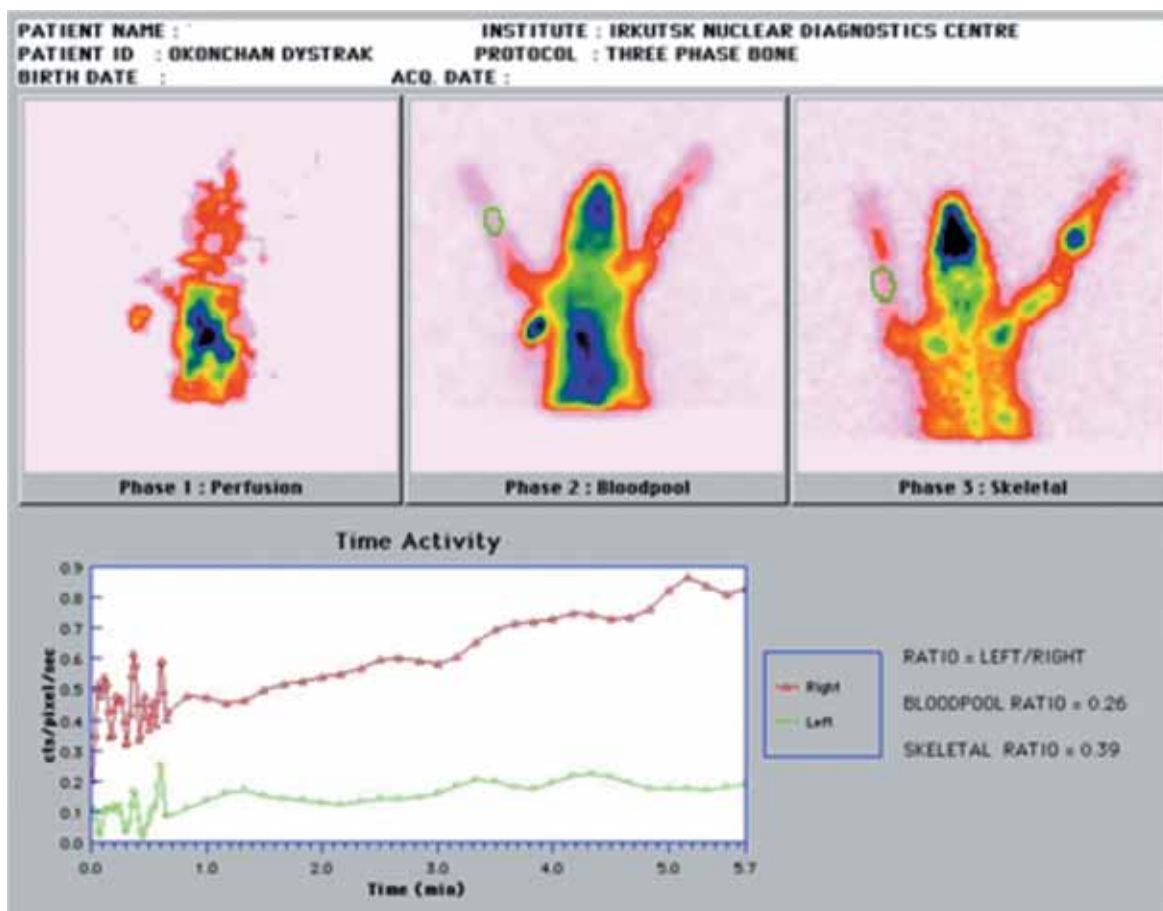


Рис. 2. Остеосцинтиграмма. Кролик № 6 (группа 1, 10 суток distraction)

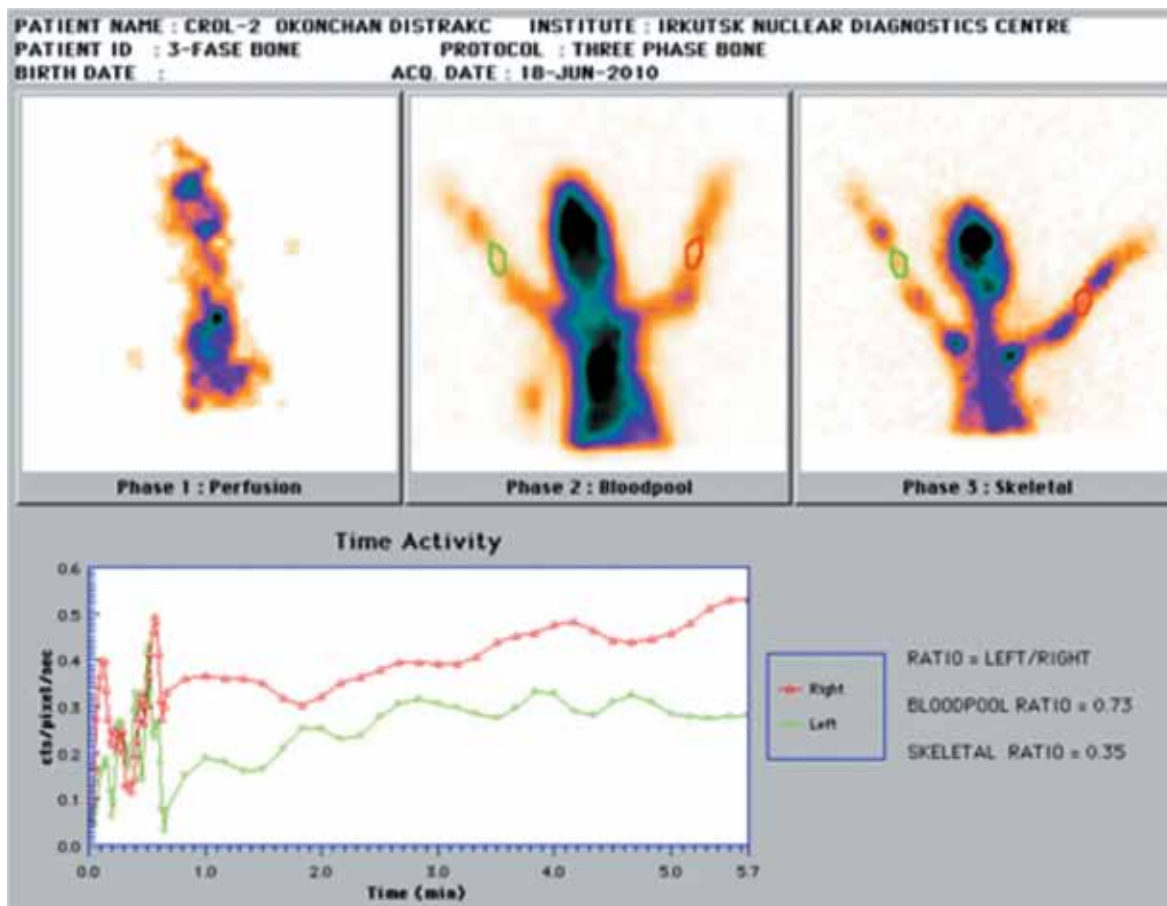


Рис. 3. Остеосцинтиграмма. Кролик № 2 (группа 2, 10 суток distraction)

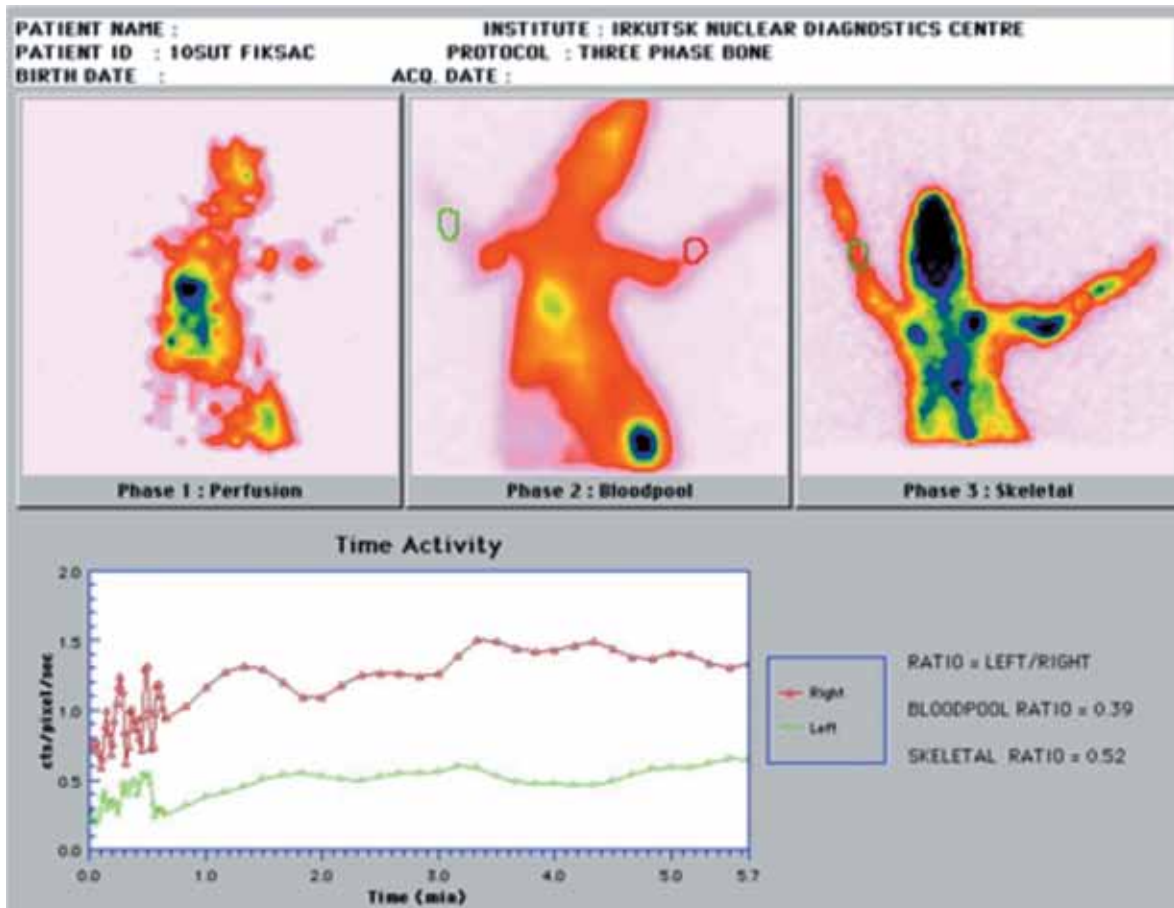


Рис. 4. Остеосцинтиграмма. Кролик № 8 (группа 1, 10 суток фиксации)

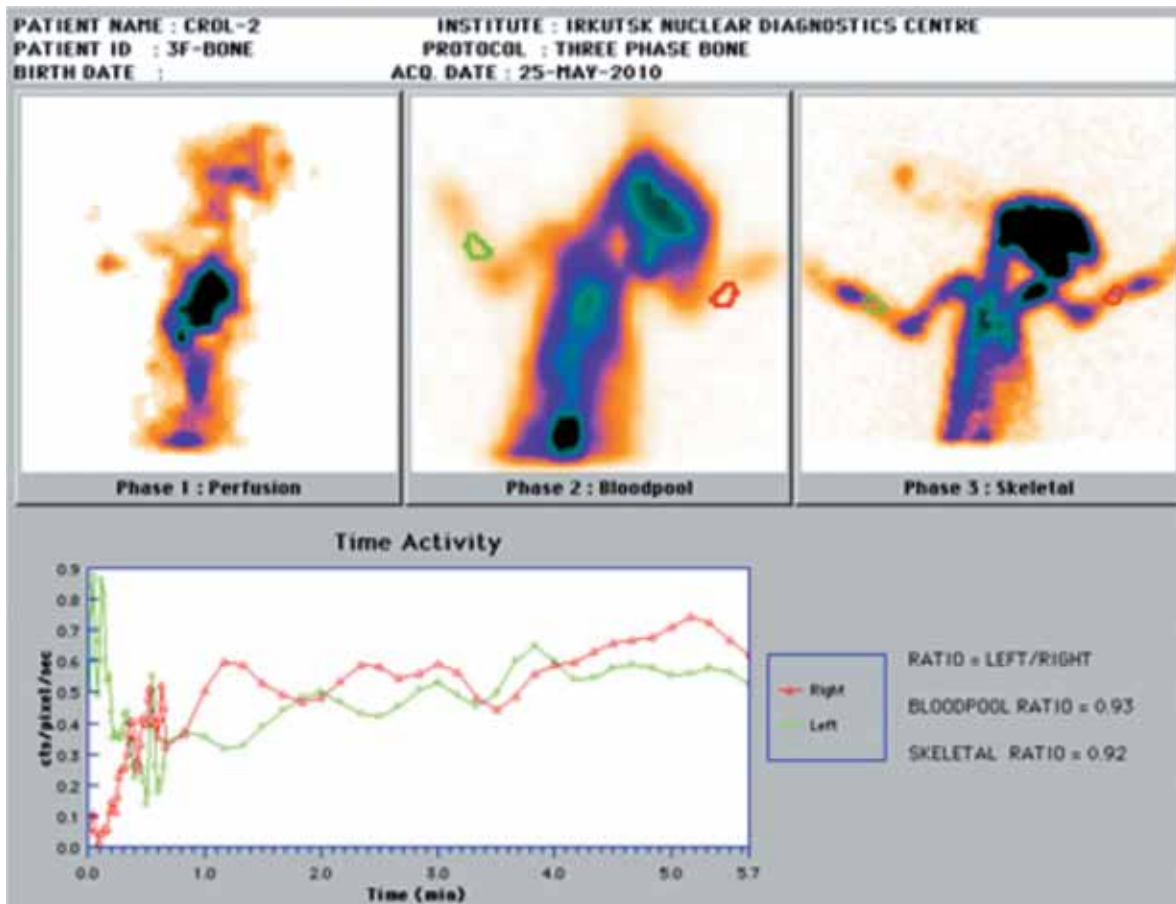


Рис. 5. Остеосцинтиграмма. Кролик № 2 (группа 2, 10 суток фиксации)

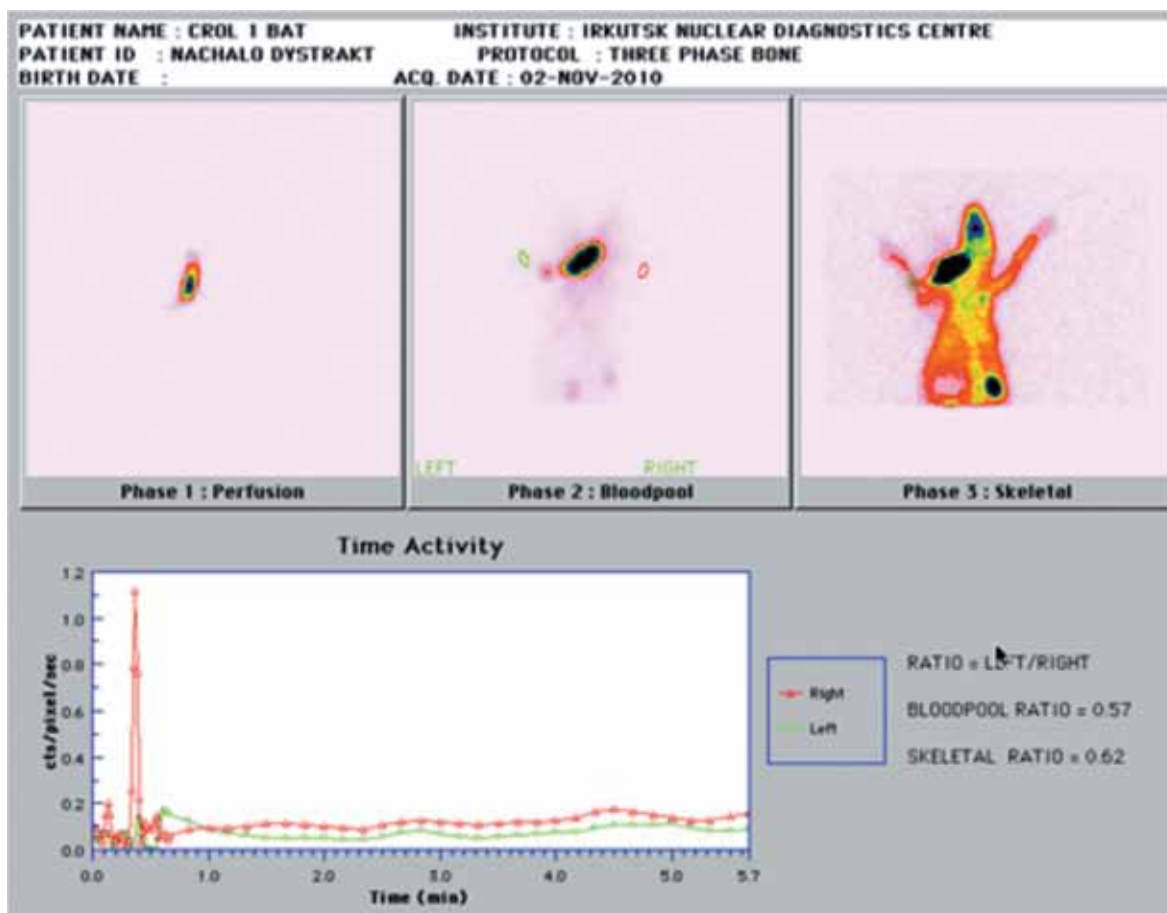


Рис. 6. Остеосцинтиграмма. Кролик № 12 (группа 1, 20 суток фиксации)

К окончанию фиксации (группа 2, 20-е сутки) величина «дельты» стремится к норме и в фазы кровообращения составила 1,89 (1,47 – 2,07), а в скелетную фазу была 1,385 (1,17 – 1,575), что в 1,5 раза больше, чем в интактной кости (рис. 7).

Показатели оптической плотности прослойки регенерата в точках определения при проведении МСКТ костей предплечья кролика имеют характерные закономерности, локальные особенности и определенные различия.

В прослойке регенерата на 10 сутки фиксации АВФ имеется снижение плотности. В проксимальной и дистальной частях прослойки регенерата по передней и задней поверхности отмечается снижение плотности более чем в 2 раза, в центре проксимальной части прослойки регенерата она повышается более, чем в 7 раз, а в центре дистальной части прослойки – более, чем в 4 раза.

По передней и задней поверхности центральной части прослойки снижение плотности происходит почти в 8 раз, а в ее центре она увеличивается более, чем в 5 раз по сравнению с исходной величиной.

На 20-е сутки (35 суток опыта) фиксации костей предплечья АВФ диастаз между костными отломками заполнен однородной по плотности костной тканью (рис. 8). Линия перелома практически не определяется. В его центральной части сохраняется полоса просветления с нечеткими контурами и различной оптической плотностью. Начинает формироваться костномозговой канал и кортикальный слой костей.

При проведении МСКТ предплечья кролика на 20 сутки фиксации диастаз между отломками костей предплечья заполнен зрелым регенератом с формиру-

ющимся костномозговым каналом.

Анализ результатов денситометрии на 20 сутки фиксации показал снижение более чем в 10 раз плотности в центральной части прослойки регенерата по сравнению с его другими частями.

В проксимальной и дистальной части прослойки регенерата по передней и задней поверхности плотность увеличивается почти в 1,5 раза по сравнению с предыдущим сроком (10 суток фиксации), но не достигает значений в интактной кости (в 1,5 раза меньше).

В средней части прослойки регенерата по передней и задней поверхности его плотность увеличивается в сравнении с предыдущим сроком (10 суток фиксации) почти в 8 раз, но в 1,5 раза ниже, чем в контроле.

В середине (центре) центральной части прослойки регенерата отмечается незначительное (около 10 %) снижение плотности, что может свидетельствовать о начале формирования костномозгового канала

Таким образом, процесс васкуляризации, формирования и ремоделирования дистракционного костного регенерата костей предплечья в эксперименте последовательно проходит ряд стадий и в группе 1 ещё полностью не завершается в сроки проведенного эксперимента – к 20-м суткам фиксации. Так, значения в фазы кровообращения в 2 раза ниже, чем в интактной кости, а рост значений может свидетельствовать о незавершенном формировании сосудов в зоне регенерата. В скелетную фазу (к концу эксперимента) величина «дельты» на 25 % ниже, чем в интактной конечности, что свидетельствует о незавершенном процессе костеобразования.

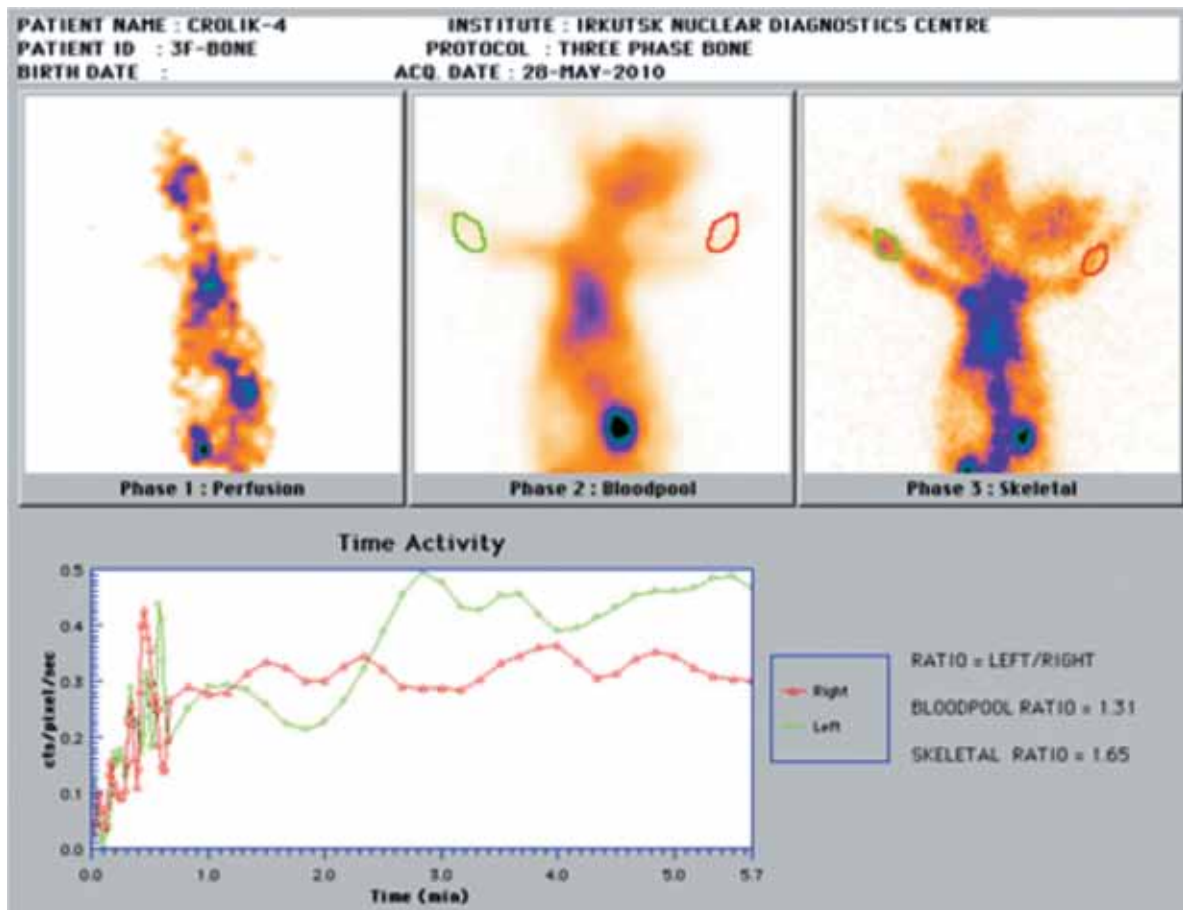


Рис. 7. Остеосцинтиграмма. Кролик № 4 (группа 2, 20 суток фиксации)

Длительное раздражение акупунктурных точек в группе 2 (20 суток фиксации АВФ) приводит почти к полному восстановлению кровообращения в зоне регенерата и формированию структуры и свойств костного вещества, которые по своим характеристикам наиболее близки к параметрам интактной кости.

Следовательно, полученные результаты иссле-

дования с использованием гаммасцинтиграфии дистракционного костного регенерата костей предплечья являются объективным показателем оценки его васкуляризации, по которым можно в совокупности с известными способами (рентгенография и МСКТ) оценить степень зрелости регенерата и процесса остеобразования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барабаш А.П. Чрескостный остеосинтез при замещении дефектов длинных костей. Иркутск, 1995. 208 с.
2. Барабаш А.П., Соломин Л.Н. «Эсперанто» проведение чрескостных элементов при остеосинтезе аппаратом Илизарова. Новосибирск: Наука, 1997. 188 с.
3. Барабаш А.П., Верхозина Т.К., Глушук А.Г. Аппараты внешней фиксации по технологии России в сочетании с традиционной медициной Китая – залог успешного лечения переломов костей // Материалы Международной конференции ВЕИНЕГ'97 по мануальной медицине и традиционной терапии. China, 1997. С. 87–89.
4. Верхозина Т.К., Ипполитова Е.Г., Пусева М.Э. Влияние повреждения и длительного раздражения акупунктурных точек чрескостными фиксаторами на репаративный остеогенез при диафизарных повреждениях костей предплечья // Рефлексотерапия. 2006. № 4. С. 24–27.
Verkhovina T.K., Ippolitova E.G., Puseva M.E. Vliianie povrezhdeniia i dlitel'nogo razdrazheniia akupunkturnykh tochek chreskostnymi fiksatorami na reparativnyi osteogenez pri diafizarnykh povrezhdeniakh kostei predplech'ia [The effect of injury and prolonged irritation of acupuncture points with transosseous fixators on reparative osteogenesis for forearm bone shaft injuries] // Refleksoterapiia. 2006. N 4. S. 24–27.
5. Дьячкова Г.В., Дьячков К.А., Корабельников М.А. Способ прогнозирования перестройки дистракционного регенерата методом компьютерной томографии : мед. технология. Курган, 2010. 12 с.
6. Илизаров Г.А. Основные принципы остеосинтеза компрессионного и дистракционного // Ортопедия, травматология и протезирование. 1971. № 1. С. 7-11.
7. Ковалева А.В. Количественная и качественная оценка дистракционного регенерата при удлинении конечностей : автореф. дис... канд. мед. наук. Курган, 2007. 32 с.
8. Вей Гункан, Ли Цинхэ. Клинические проявления воздействия электроакупунктуры при переломах костей (экспериментальное исследование) // Травматология и ортопедия России. 1995. – № 4. – С. 63–65.
9. Михайлов И.Н. Способ стимуляции перестройки дистракционного регенерата при удлинении костей предплечья по Илизарову // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2008. № 2. С. 93–94.
10. Ноздрачев А.Д., Поляков Е.Л., Федин А.Н. Анатомия кролика. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2009. 356 с.
11. Особенности дистракционного костного регенерата в эксперименте при хроническом раздражении биологически активных точек / М.Э. Пусева, И.Н. Михайлов, В.Ю. Лебединский, Т.К. Верхозина, Т.Н. Бойко // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2013. № 2, Ч. 2. С. 152–160.
12. Влияние стимуляции БАТ на состояние дистракционного регенерата костей предплечья в эксперименте / М.Э. Пусева, В.Ю. Лебединский, П.В. Селиверстов, И.Н. Михайлов, Е.С. Нетесин, Т.К. Верхозина, У.В. Пичугина // Сибир. мед. журн. (Иркутск). 2013. Т. 123, № 8. С. 60-67.
13. Комплексная характеристика дистракционного регенерата костей предплечья в эксперименте / М.Э. Пусева, В.Ю. Лебединский, И.Н. Михайлов, П.В. Селиверстов, С.А. Лепехова // Гений ортопедии. 2013. № 4. С. 84-90.
14. Способ лечения повреждений предплечья : пат. 2373916 Рос. Федерация. № 2008100557/14 ; заявл. 09.01.2008 ; опубл. 27.11.2009, Бюл. № 33.

15. Соломин Л.Н. Основы чрескостного остеосинтеза аппаратом Г.А. Илизарова. СПб.: ООО «МОСАР АВ», 2005. 544 с.
16. Способ стимуляции дистракционного регенерата : пат. 2343852 Рос. Федерация. № 2007100812 ; заявл. 09.01.2007 ; опубл. 20.01.2009, Бюл. № 2.
17. Спирина Е.С., Матвеева Е.Л., Степанов М.А. Биохимические исследования показателей пероксидации в сыворотке крови собак с моделью дегенеративно-дистрофических изменений в суставах // Гений ортопедии. 2013. № 2. С. 106-108.
18. Шевцов В.И., Ерохин А.Н., Попков Д.А. Стимуляция репаративной активности костной ткани методом рефлексотерапии в условиях чрескостного остеосинтеза : пособие для врачей / РНЦ «ВТО» » им. акад. Г.А. Илизарова. Курган, 2003. 11 с.
19. Шевцов В.И., Попков А.В. Круглосуточное удлинение конечностей в автоматическом режиме // Регенеративная хирургия. 2003. № 1. Режим доступа : http://www.reg-surgery.ru/1_2003/articles_ru/downloads/250503-004.pdf.

REFERENCES

1. Barabash A.P. Chreskostnyi osteosintez pri zameshchenii defektov dlinnykh kostei [Transosseous osteosynthesis for filling long bone defects]. Irkutsk, 1995. 208 s.
2. Barabash A.P., Solomin L.N. «Esperanto» provedenie chreskostnykh elementov pri osteosinteze apparatom Ilizarova [“Esperanto” insertion of transosseous elements in osteosynthesis with the Ilizarov fixator]. Novosibirsk: Nauka, 1997. 188 s.
3. Barabash A.P., Verkhovzina T.K., Glushchuk A.G. Apparaty vneshnei fiksatsii po tekhnologii Rossii v sochetanii s traditsionnoi meditsinoi Kitaia – zalog uspehnogo lecheniia perelomov kostei [The external fixators according to Russian technologies combined with Chinese traditional medicine – the key to successful treatment of bone fractures] // Materialy Mezhdunarodnoi konferentsii BEIHEI'97 po manual'noi meditsine i traditsionnoi terapii [The Materials of BEIHEI'97 International Conference on manual medicine and traditional therapy]. China, 1997. S. 87–89.
4. Verkhovzina T.K., Ippolitova E.G., Puseva M.E. Vliianie povrezhdeniia i dlitel'nogo razdrzheniia akupunkturykh toчек chreskostnymi fiksatorami na reparaivnyi osteogenez pri diafarnykh povrezhdeniakh kostei predplech'ia [The effect of injury and prolonged irritation of acupuncture points with transosseous fixators on reparative osteogenesis for forearm bone shaft injuries] // Refleksoterapiia. 2006. N 4. S. 24–27.
5. D'iachkova G.V., D'iachkov K.A., Korabel'nikov M.A. Sposob prognozirovaniia perestroiki dистраktsionnogo regenerata metodom komp'iuternoi tomografii : med. tekhnologiya [A technique of predicting the reorganization of distraction regenerated bone by computed tomography method]. Kurgan, 2010. 12 s.
6. Ilizarov G.A. Osnovnye printsipy osteosinteza kompressionnogo i dистраktsionnogo [The main principles of osteosynthesis – compression and distraction one] // Ortop. Travmatol. Protez. 1971. N 1. S. 7-11.
7. Kovaleva A.V. Kolichestvennaia i kachestvennaia otsenka dистраktsionnogo regenerata pri udlinenii konechnosti [Quantitative and qualitative evaluation of distraction regenerated bone for limb lengthening] [avtoref. dis. kand. med. nauk]. Kurgan, 2007. 32 s.
8. Vei Gunkan, Li Tsinkhe. Klinicheskie proiavleniia vozdeistviia elektroakupunktury pri perelomakh kostei (eksperimental'noe issledovanie) [Clinical manifestations of electrical acupuncture for bone fractures (An experimental study)] // Travmatologiya i Ortopediia Rossii. 1995. N 4. S. 63-65.
9. Mikhailov I.N. Sposob stimulatsii perestroiki dистраktsionnogo regenerata pri udlinenii kostei predplech'ia po Ilizarovu [A technique for stimulation of distraction regenerated bone reorganization for forearm bone lengthening according to Ilizarov] // Biulleten' VSNTs SO RAMN. 2008. N 2. S. 93-94.
10. Nozdachev A.D., Poliakov E.L., Fedin A.N. Anatomii krolika [Rabbit's Anatomy]. SPb: Izd-vo Sankt-Peterburgskogo un-ta, 2009. 353 s.
11. Osobennosti dистраktsionnogo kostnogo regenerata v eksperimente pri khroniche-skom razdrzhenii biologicheskii aktivnykh toчек [The features of distraction regenerated bone experimentally for chronic irritation of biologically active points] / M.E. Puseva, I.N. Mikhailov, V.Iu. Lebedinskii, T.K. Verkhovzina, T.N. Boiko // Biulleten' VSNTs SO RAMN. 2013. N 2, Ch. 2. S. 152-160.
12. Vliianie stimulatsii BAT na sostoianie dистраktsionnogo regenerata kostei predplech'ia v eksperimente [The effect of biologically active points (BAP) on the condition of distraction regenerated bone of forearm bones experimentally] / M.E. Puseva, V.Iu. Lebedinskii, P.V. Seliverstov, I.N. Mikhailov, E.S. Netesin, T.K. Verkhovzina, U.V. Pichugina // Sibir. Med. Zhurn. (Irkutsk). 2013. T. 123, N 8. S. 60-67.
13. Kompleksnaia kharakteristika dистраktsionnogo regenerata kostei predplech'ia v eksperimente [Complex characteristic of forearm distraction regenerated bone experimentally] / M.E. Puseva, V.Iu. Lebedinskii, I.N. Mikhailov, P.V. Seliverstov, S.A. Lepkhova // Genij Ortop. 2013. N 4. S. 84-90.
14. Patent 2373916 RF. Sposob lecheniia povrezhdenii predplech'ia [A technique for treatment of forearm injuries]. N 2008100557/14; zaivl. 09.01.2008; opubl. 27.11.2009. Biul. N 33.
15. Solomin L.N. Osnovy chreskostnogo osteosinteza apparatom G.A. Ilizarova [The fundamentals of transosseous osteosynthesis with the Ilizarov fixator]. SPb.: ООО «МОСАР АВ», 2005. 544 с.
16. Patent 2343852 RF. Sposob stimulatsii dистраktsionnogo regenerata [A technique for stimulation of distraction regenerated bone]. N 2007100812; zaivl. 09.01.2007; opubl. 20.01.2009. Biul. N 2.
17. Spirina E.S., Matveeva E.L., Stepanov M.A. Biokhimicheskie issledovaniia pokazatelei peroksidatsii v sыворотке крови собак s model'iu degenerativno-distroficheskikh izmenenii v sustavakh [Biochemical studies of the values of peroxidation in canine blood serum with the model of degenerative-and-dystrophic changes in joints] // Genij Ortop. 2013. N 2. S. 106-108.
18. Shevtsov V.I., Erokhin A.N., Popkov D.A. Stimulatsiia reparaivnoi aktivnosti kostnoi tkani metodom refleksoterapii v usloviakh chreskostnogo osteosinteza : posobie dlia vrachei [Stimulation of bone tissue reparative activity by reflex therapy method under transosseous osteosynthesis: A manual for physicians] / RNTs «VTO» » им. акад. Г.А. Илизарова. Курган, 2003. 11 с.
19. Shevtsov V.I., Popkov A.V. Kруглосуточное удлинение конечностей в avtomaticheskom rezhime [Round-the-clock limb lengthening in the automatic mode] // Regenerativnaia Khirurgiia. 2003. N 1. URL: http://www.reg-surgery.ru/1_2003/articles_ru/downloads/250503-004.pdf.

Рукопись поступила 13.02.2014.

Сведения об авторах:

1. Пусева Марина Эдуардовна – ФГБУ «НЦРВХ» СО РАМН, травматологическое отделение, заведующая, доцент кафедры травматологии, ортопедии и нейрохирургии ИГМАПО, к. м. н., доцент.
2. Михайлов Иван Николаевич – ФГБУ «НЦРВХ» СО РАМН, научно-клинический отдел травматологии, научный сотрудник, к. м. н.
3. Лебединский Владислав Юрьевич – НИ ИрГТУ, научный руководитель научно-исследовательской лаборатории мониторинга физического здоровья, д. м. н., профессор.
4. Верховзина Татьяна Константиновна – ГБОУ ДПО ИГМАПО, доцент кафедры травматологии, ортопедии и нейрохирургии, заведующая отделением функциональной диагностики клиники НЦРВХ, к. м. н., доцент.
5. Селиверстов Павел Владимирович – ФГБУ «НЦРВХ» СО РАМН, отделение ультразвуковой диагностики и минимально инвазивной хирургии, с. н. с., д. м. н.

Information about the authors:

1. Puseva Marina Eduardovna – FSBI “Scientific Center of Reconstructive and Restorative Surgery” of SB RAMS; Head of Traumatologic Department, an assistant professor of the Department of Traumatology, Orthopaedics, and Neurosurgery of the Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education, Candidate of Medical Sciences, Docent.
2. Mikhailov Ivan Nikolaevich – FSBI “Scientific Center of Reconstructive and Restorative Surgery” of SB RAMS; Scientific-and-Clinical Department of Traumatology, a researcher, Candidate of Medical Sciences.
3. Lebedinskii Vladislav Iur'evich – FSBEI of HPE “The Irkutsk National Research State Technical University”, Scientific Research Laboratory of Physical Health Monitoring, a scientific supervisor, Doctor of Medical Sciences, Professor.
4. Verkhovzina Tat'iana Konstantinovna – State Budgetary Educational Institution of Additional Professional Education “The Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education” of the RF Ministry of Health; an assistant professor of the Department of Traumatology, Orthopaedics, and Neurosurgery, Head of the Department of Functional Diagnostics of “Scientific Center of Reconstructive and Restorative Surgery” Clinic, Candidate of Medical Sciences, Docent.
5. Seliverstov Pavel Vladimirovich – FSBI “Scientific Center of Reconstructive and Restorative Surgery” of SB RAMS; Department of Ultrasound Diagnostics and Minimally Invasive Surgery, a senior researcher, Doctor of Medical Sciences.