

М.Э. Пусева <sup>1,2</sup>, И.Н. Михайлов <sup>1</sup>, В.Ю. Лебединский <sup>3</sup>, Т.К. Верхозина <sup>1,2</sup>, Т.Н. Бойко <sup>4</sup>

## ОСОБЕННОСТИ ДИСТРАКЦИОННОГО КОСТНОГО РЕГЕНЕРАТА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ РАЗДРАЖЕНИИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ТОЧЕК

<sup>1</sup> ФГБУ «Научный центр реконструктивной и восстановительной хирургии» СО РАМН (Иркутск)  
<sup>2</sup> ГБОУ ДПО «Иркутская государственная академия последипломного образования» Минздрава РФ (Иркутск)  
<sup>3</sup> НИ Иркутский государственный технический университет (Иркутск)  
<sup>4</sup> Иркутская областная клиническая больница (Иркутск)

*В эксперименте изучали формирование и remodelирование distraction регенерата у кроликов породы шиншила при проведении чрескостных элементов через акупунктурные точки. Удлиняли одно из предплечий кролика по методу Илизарова на 10 мм. С помощью МСКТ измеряли минеральную плотность костного вещества distraction регенерата. К 10 суткам фиксации костных отломков аппаратом внешней фиксации формируется distraction регенерат с четкой зональной структурой. К 20 суткам фиксации в средней зоне имеются явные признаки формирования костномозгового канала, что свидетельствует о снижении минеральной плотности до отрицательных значений. Длительное раздражение акупунктурных точек введенными чрескостными элементами приводит к формированию структуры и свойств костного регенерата, которые по своим характеристикам наиболее близки к параметрам интактной кости.*

**Ключевые слова:** акупунктурные точки, костный distraction регенерат, денситометрия, МСКТ

## THE PECULIARITIES OF DISTRACTION REGENERATE BONE IN EXPERIMENT WHILE CHRONIC STIMULATION OF BIOLOGICALLY ACTIVE POINTS

M.E. Puseva <sup>1,2</sup>, I.N. Mikhailov <sup>1</sup>, V.Ju. Lebedinskiy <sup>3</sup>, T.K. Verkhozina <sup>1,2</sup>, T.N. Boiko <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Scientific center of Reconstructive and Restorative Surgery SB RAMS (Irkutsk)  
<sup>2</sup> Irkutsk State Academy of Postgraduate Training (Irkutsk)  
<sup>3</sup> Irkutsk State Technical University (Irkutsk)  
<sup>4</sup> Irkutsk Regional Clinical Hospital (Irkutsk)

*In experiment the forming and remodeling of distraction regenerate in rabbits Shinshila while conducting transosseous elements through the acupuncture points were studied. One of the rabbit's forearm was stretched by Ilizarov's method for 10 mm. Multidetector CT gave the results of mineral density of the bone distraction regenerate. To the 10th day of fixation of bone fragments by the external fixation device the distraction regenerate with a clear zonal structure formed. To the 20th day of fixation in the middle zone there were clear signs of the formation of the medullary canal, that proves the decrease of mineral density to negative values. The prolonged stimulation of acupuncture points by introduced transosseous elements leads to formation of the structure and properties of bone regenerate, which are close by the characteristics to the parameters of the intact bone.*

**Key words:** acupuncture points, bone distraction regenerate, densitometry, multidetector CT

Исследования, проведенные в РНЦ НИИ «ВТО» им. Г.А. Илизарова, позволили изучить особенности формирования и органотипической перестройки костного регенерата. Известно, что на протяжении всего периода distraction в центральной части регенерата сохраняется соединительнотканная прослойка, на основе которой идет рост костных клеток [3, 2, 6, 9, 11, 15, 17, 21, 23, 25, 26]. Активность остеогенеза определяется состоянием этой зоны и зависит от комплекса биологических и механических факторов, составляющих основу метода Илизарова [4, 7, 8, 16, 18].

В настоящее время система «каналов и точек», используемых в иглорефлексотерапии, рассматривается с позиции детерминированных нервно-рефлекторных корешково-сегментарных соматических и вегетативных связей. Зоны максимально выраженного перекрытия их на коже представлены точками акупунктуры. Данная система существует у человека и у животных [5, 15].

В эксперименте на животных китайские авторы подтвердили взаимосвязь внутренних органов с соответствующими им каналами. Отмечено усиление

секреции и перистальтики желудка при раздражении иглой точки канала желудка Цзусань ли (E 36), сокращение желчного пузыря при введении иглы в точку канала желчного пузыря Ян линь цюань (VB 34) и т.д. [11].

Известны способы стимуляции регенерации костной ткани в зоне distraction регенерата методом акупунктуры [1, 4, 6, 11, 12, 14, 15, 19]; методом электроакупунктуры с применением электроаппаратуры [11, 22]. Данные методы стимуляции предполагают использование регулярных ежедневных сеансов, проведения повторных сеансов, специальной электроаппаратуры. Однако описанные методы не предназначены для стимуляции перестройки distraction регенерата.

Л.Н. Соломин в 2007 г. предложил способ стимуляции именно перестройки distraction костного регенерата [19]. Но при неблагоприятном влиянии чрескостных элементов на биологические активные точки (БАТ) или меридианы возможно было ожидать возникновение острого или обострение хронических заболеваний дыхательных путей (меридиан Р), сердечно-сосудистой системы (меридианы Р, С, TR).

В 2008 г. М.Э. Пусевой и соавторами предложен способ стимуляции регенерации костей предплечья [22]. Однако оценка состояния distractionного костного регенерата проводилась только по его размеру и интенсивности тени с помощью таких методов исследования, как МСКТ и рентгенография, что не дает точных параметров и объективных параметров зрелости костной ткани. Основным недостатком метода так же является невозможность визуализации рентгенконтрастных тканей, в частности регенерата на ранних этапах distraction и его неминерализованной части на последующих этапах удлинения. Результаты рентгенографии исключают возможность раннего прогнозирования активности остеогенеза и проведения своевременной коррекции режима удлинения костей. Нерешенной остается и проблема количественной оценки активности репаративного процесса. Традиционная рентгенография является методом получения только аналоговых изображений, что исключает возможность проведения количественной оценки визуализируемой ткани [7, 10, 13, 20, 24].

**ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В эксперименте оценить эффективность регенераторного процесса при хроническом раздражении БАТ с помощью денситометрии при МСКТ.

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ**

При проведении экспериментальных исследований руководствовались санитарными правилами по устройству, оборудованию и содержанию экспериментально-биологических клиник (вивариев) (утв. Главным государственным санитарным врачом СССР от 06.04.1973 № 1045-73); ГОСТом Р 51000.3-96 «Общие требования к испытательным лабораториям»; ГОСТом Р 51000.4-96 «Общие требования к аккредитации испытательных лабораторий»; «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных» (приказ Министерства здравоохранения СССР № 755 от 12.08.1977 г.).

Животные стандартизированы по полу (мужской), по возрасту (6–8 мес.), весу (3,0 ± 0,3 кг) и длине предплечья (7,0 ± 0,5 см) (табл. 1).

Прооперировано 14 животных, предплечье удлиняли по методу Г.А. Илизарова [7]: на 5 сутки от дня операции, когда выполнялась остеоклазия костей предплечья, начинали выполнять distraction с темпом 1 мм в сутки дискретно во времени (0.25 мм × 4 раза в сутки). Продолжительность distraction 10 суток. Сроки фиксации костных отломков выбраны в соответствии с данными литературы [3].

**УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА**

Все животные прооперированы в условиях «чистой» операционной вивария ФГБУ «НЦРВХ» СО РАМН. В предоперационном периоде проводили рентгенографическое исследование передней конечности кролика 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) (рис. 1).

В работе использовался стандартный набор для чрескостного остеосинтеза по Илизарову [9]. Вес аппарата в собранном виде составил 180 г, т.е. 5 % от массы тела кролика. Аппарат состоит из трех секторов ¼ кольца Ø 45 мм, 10 болтовых спицефиксаторов, шести стержней: длиной 50 мм – 3 шт., длиной 15 мм – 3 шт., гайки – 37 шт., болты – 3 шт., три шарнирных соединения, спицы Ø 1 мм – 5 шт., натяжение проводили тарированным спицнатягивателем 40 Н. Размеры внешних опор подбирали с таким условием, чтобы расстояние от внутренней поверхности кольца до наружных покровов на уровне верхней трети предплечья животного составляло 1 см (рис. 2).

Перед проведением чрескостных элементов на предплечье кролика были выбраны 5 акупунктурных точек (рис. 3): 3 точки по ходу канала толстого кишечника (GI), расположенного на тыльно-лучевой линии предплечья по ЧжуЛянь и 2 акупунктурные точки по ходу канала тонкого кишечника (IG), расположенного на тыльно-локтевой линии предплечья по ЧжуЛянь. Указанные точки акупунктуры выбраны, потому что они находятся в местах, подходящих для монтажа аппарата внешней фиксации при переломах костей предплечья; топографически точки расположены между отдельными мышцами или сухожилиями мышц, в проекции данных точек отсутствуют крупные сосуды и нервы.

Точки канала толстого кишечника [4]:

1. GI 6 Пянь-ли (Ло-пункт) расположена на передней поверхности предплечья кролика (на тыльно-лучевой линии по ЧжуЛянь) между сухожилиями разгибателей 2–3 пальца на 3 цуня проксимальнее складки лучезапястного сустава (соответствует позиции 10, VII уровень). Топографическая анатомия: ветви лучевой артерии, поверхностные ветви лучевого нерва, наружный кожный нерв предплечья.

2. GI 7 Вэнь-лю (противоболевая точка) находится на передней поверхности предплечья кролика (на тыльно-лучевой линии по ЧжуЛянь) посередине расстояния от линии локтевого сгиба до линии лучезапястного сустава в углублении над лучевой костью.

**Таблица 1**

**Сроки distraction и фиксации костей предплечья в аппарате внешней фиксации у экспериментальных животных**

Номер серии и количество животных	Начало distraction (сутки со дня операции)	Темп и срок distraction (мм в сутки/кол-во сут.)	Фиксация (дни/к-во)	
			10 сут.	20 сут.
I. АВФ на предплечье (n = 14)	5	1/1	N = 7	N = 7



Рис. 1. Рентгенограмма предплечья кролика до операции в 2 проекциях.



Рис. 2. Модель аппарата Илизарова и кости предплечья кролика.

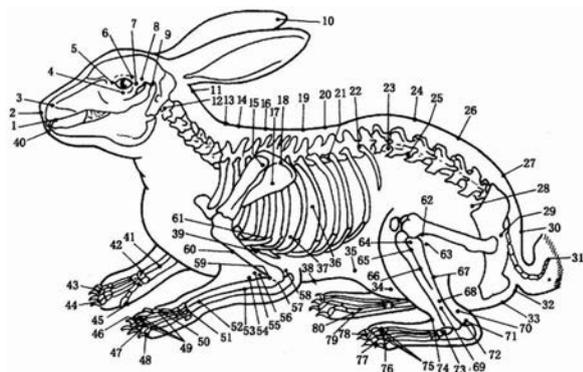


Рис. 3. Остеотопическое расположение биологически активных точек (实验针灸学. 李忠仁. 中国中药出版社. 北京. 2004. Экспериментальная чжэнь-цзю. Ли Чжунжэнь. Китайское фармакологическое издательство. – Пекин, 2004).

Она определяется при максимальном сгибании в этом суставе (соответствует позиции 10, IV уровень). Топографическая анатомия: ветви лучевой артерии, поверхностные ветви лучевого нерва, наружный кожный нерв предплечья.

3. GI 10 Шоу-сань-ли расположена по наружной боковой поверхности предплечья кролика (на тыльно-лучевой линии по ЧжуЛянь) 2 цуня дистальнее локтевого сгиба между мышцами длинного лучевого разгибателя кисти и плечелучевой (соответствует позиции 10, уровень Ш лучевой кости). Топографическая анатомия: лучевая артерия, лучевой нерв, тыльный кожный нерв предплечья.

Точки канала тонкого кишечника:

1. IG 6 Ян-ляо (противоболевая) находится на один цунь проксимальнее точки IG5, расположенной между шиловидным отростком локтевой и трехгранной костью над головкой локтевой кости по задненаружной поверхности предплечья кролика (тыльно-локтевой линии по ЧжуЛянь). Соответствует позиции 4, уровень VII локтевой кости. Топографическая анатомия: тыльная артерия пальцев (ветвь локтевой артерии), тыльный нерв пальцев, отходящий от ладонного нерва.

2. IG 7 Чжи-чжэн расположена выше линии лучезапястного сустава на 5 цунь у локтевого края локтевого разгибателя кисти (соответствует позиции 4, IV уровень локтевой кости). Топографическая анатомия: внутренний кожный нерв предплечья.

Чрескостные элементы проводили следующим образом. Первую спицу проводили на II уровне, отступив дистально от вершины локтевого отростка на 18 мм, через локтевую кость изнутри кнаружи в косом направлении (4–10) вне акупунктурной точки. На III уровне, отступая от вершины локтевого отростка 24 мм, проводили вторую спицу через обе кости в ко-

сом направлении снаружи кнутри, начиная с лучевой кости в позиции 10 через точку GI 10 Шоу-сайг-ли выходила спица из локтевой кости в позиции 4 через точку IG 8 Сяо-хай.

Обе спицы фиксировали к проксимальной базовой внешней опоре  $\frac{3}{4}$  кольца  $\varnothing$  45 и натягивали. Затем в отверстия внешней опоры поочередно устанавливали три резьбовых стержня и фиксировали их с помощью гаек и гаечного ключа. На дистальные концы стержней на IV уровне (средняя треть диафиза костей предплечья) надевали промежуточную внешнюю опору  $\frac{3}{4}$  кольца  $\varnothing$  45.

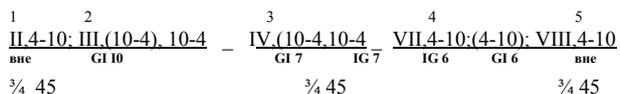
Третью спицу проводили в косом направлении снаружи кнутри через обе кости, начиная с лучевой в позиции 10 через точку GI 7 Вэнь-люи, а выходила спица из локтевой кости в позиции 4 через точку IG 7 Чжи-чжэн.

Фиксировали спицу к промежуточной внешней опоре и натягивали.

Отступив проксимально 14 мм от линии сгиба кистевого сустава на VII уровне четвертую спицу проводили через обе кости, начиная с локтевой кости в позиции 4 через точку IG 6 Ян-ляо, а выходила она из точки GI 6 Пянь-ли (Ло-пункт) с лучевой стороны, позиция 10.

На VIII уровне вводили пятую спицу в косом направлении изнутри кнаружи (4-10) через локтевую кость вне акупунктурных точек. Обе эти спицы фиксировали к дистальной базовой внешней опоре и натягивали.

Схема модели «АВФ кости предплечья» согласно МУОЧО [2, 16] соответствовала:



Затем на V уровне (на середине расстояния между средней и дистальной внешней опорой) выполняли остеоклазию обеих костей предплечья (рис. 4).

После операции для контроля выполняли рентгенологическое исследование оперированной передней конечности.



Рис. 4. Фотография после остеоклазии костей предплечья. Кролик № 14.

В раннем послеоперационном периоде (первые 5 суток после операции) аппетит у кроликов восстанавливался на 2-3 сутки после операции, передвижения их по клетке были затруднены, они больше сидели.

До начала выполнения дистракции никаких манипуляций с аппаратом внешней фиксации не проводили. К началу периода дистракции (5 день после операции) кролики адаптировались к аппарату, начинали передвигаться, к исходным характеристикам у них приходили показатели состояния животных: возвращался аппетит, поведение, кролики адаптировались к аппарату, начинали передвигаться и начинали ограниченно нагружать оперированную конечность.

На 5 сутки после операции начинали дистракцию костных отломков согласно условиям эксперимента по методу Г.А. Илизарова [9]. Дистракцию проводили дискретно 0,25 мм 4 раза в сутки ежедневно в течение



Рис. 5. МСКТ правого предплечья кролика (№ 3).



Рис. 6. Денситометрия интактной конечности.

10 дней. К концу дистракционного периода регенерат составлял 10 мм.

Для оценки расположения костных отломков при переломе, состояния костного регенерата выполняли рентгенологическое исследование поврежденной конечности после операции в срок 5 суток дистракции, 10 суток дистракции (окончание дистракции), 10 и 20 суток фиксации костных отломков.

Для объективизации рентгенологических данных использовали визуальную описательную картину теневого изображения регенерата, которая проводилась высококвалифицированным врачом-рентгенологом.

Для детального изучения взаимоотношений костных отломков и структуры дистракционного регенерата выполняли на 10 и 20 сутки фиксации мультиспиральную компьютерную томографию (МСКТ) на компьютерном томографе фирмы Siemens SOMATOM в режиме 64 среза.

При выполнении денситометрии (рис. 5, 6) определяли размер и плотность дистракционного костного регенерата в 9 точках пересечения следующих линий (рис. 7): в поперечном направлении – проксимальная линия (дистальный конец проксимального костного отломка), средняя линия и дистальная линия (проксимальный конец дистального костного отломка); в продольном направлении – передняя поверхность регенерата, средняя линия соответствующая продольной оси сегмента (центр) и задняя поверхность регенерата.

Минеральная плотность костной ткани (табл. 2) интактной кости (до операции) в проксимальной трети диафиза костей предплечья составляла в центре в среднем  $-47,5$  ( $-50,5 - -43$ ) Н, по передней поверхности:  $1642,5$  ( $1621-1654$ ) Н, а по задней поверхности:  $1642,5$  ( $1621 - 1653$ ) Н.

На уровне средней трети диафиза костей предплечья значения показателя минеральной плотности были несколько выше, чем в проксимальной трети диафиза и составляли в среднем в центре  $-49,5$  ( $-52 - -45,5$ ) Н, по передней поверхности диафиза:  $1647$  ( $1621,5-1656$ ) Н, а по задней поверхности были ниже и составляли  $1632$  ( $1615-1651$ ) Н.

Минеральная плотность костной ткани в дистальной трети костей предплечья составляла в центре в среднем  $-45,5$  ( $-49,5 - -45$ ) Н, по передней поверхности:  $1631$  ( $1614,5-1650,5$ ) Н, а по задней поверхности:  $1648$  ( $1618-1653$ ) Н.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На 10-е сутки фиксации (25 суток опыта) изменения в поведении животных не отмечены. На рентгенограммах костей предплечья кроликов (рис. 8) дистракционный регенерат интенсивный, начинает формироваться кортикальный слой и появляются признаки формирования костномозгового канала, периостальная реакция удовлетворительная.

В зоне дистракционного костного регенерата (рис. 9, 10) костей предплечья на 10 сутки фиксации АВФ при проведении денситометрии имеется снижение минеральной плотности костного вещества и определенные закономерности распределения интенсивности.

В проксимальной и дистальной зоне регенерата по передней и задней поверхности происходит снижение минеральной плотности менее чем в 2 раза, а в центре регенерата в его проксимальной и дистальной зонах она повышается более чем в 9 раз.

В средней зоне по передней и задней его поверхности снижение минеральной плотности происходит почти в 5 раз, а в его центре увеличивается более чем в 7 раз по сравнению с интактным состоянием.

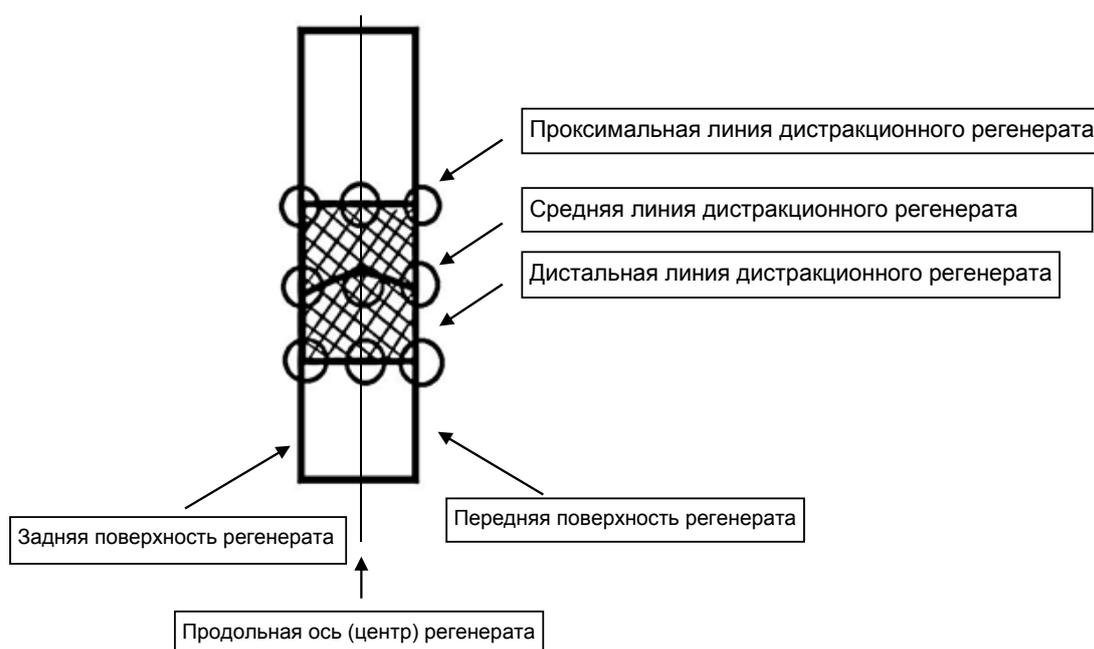


Рис. 7. Схема оценки информации дистракционного костного регенерата при проведении денситометрии.

Таблица 2

Динамика показателей денситометрии distractionного костного регенерата костей предплечья экспериментального животного в ЕдН (Хаунсфилд)

Локализация	До операции	Фиксация 10 суток	Фиксация 20 суток
	Проксимальная зона		
Передняя поверхность регенерата	1650,5 (1637,5–1660)	850 (821,5–870) $p \geq 0,05$ $p_1 \geq 0,05$	1572,5 (1526–1583,5) $p \geq 0,05$ $p_1 \geq 0,05$
Центр регенерата	-49 (-51 – -46,5)	391 (377–407) $p \geq 0,05$ $p_1 \geq 0,05$	-27,5 (-34,5 – -22,5) $p \geq 0,05$ $p_1 \geq 0,05$
Задняя поверхность регенерата	1650,5 (1637,5–1660)	844,5 (821,5–879,5) $p \geq 0,05$ $p_1 \geq 0,05$	1554 (1541,5–1567,5) $p \geq 0,05$ $p_1 \geq 0,05$
	Средняя зона		
Передняя поверхность регенерата	1650,5 (1637,5–1660)	365 (359–372) $p \geq 0,05$ $p_1 \geq 0,05$	1386,5 (1367,5–1396) $p \geq 0,05$ $p_1 \geq 0,05$
Центр регенерата	-51 (-51,5 – -46,5)	346,5 (331,5–363,5) $p \geq 0,05$ $p_1 \geq 0,05$	-19 (-22 – -16,5) $p \geq 0,05$ $p_1 \geq 0,05$
Задняя поверхность регенерата	1630,5 (1615–1651,5)	371 (359–377,5) $p \geq 0,05$ $p_1 \geq 0,05$	1506 (1485–1523,5) $p \geq 0,05$ $p_1 \geq 0,05$
	Дистальная зона		
Передняя поверхность регенерата	1628 (1611,5–1651)	819,5 (815,5–852) $p \geq 0,05$ $p_1 \geq 0,05$	1549,5 (1514–1589,5) $p \geq 0,05$ $p_1 \geq 0,05$
Центр регенерата	-45,5 (-49,5 – -43)	376,5 (371–398,5) $p \geq 0,05$ $p_1 \geq 0,05$	-24 (-29 – -19,5) $p \geq 0,05$ $p_1 \geq 0,05$
Задняя поверхность регенерата	1630 (1612,5–1650)	840 (823,5–863) $p = 0,0133$ $p_1 = 0,0283$	1540 (1521–1585) $p = 0,0133$ $p_1 = 0,0133$

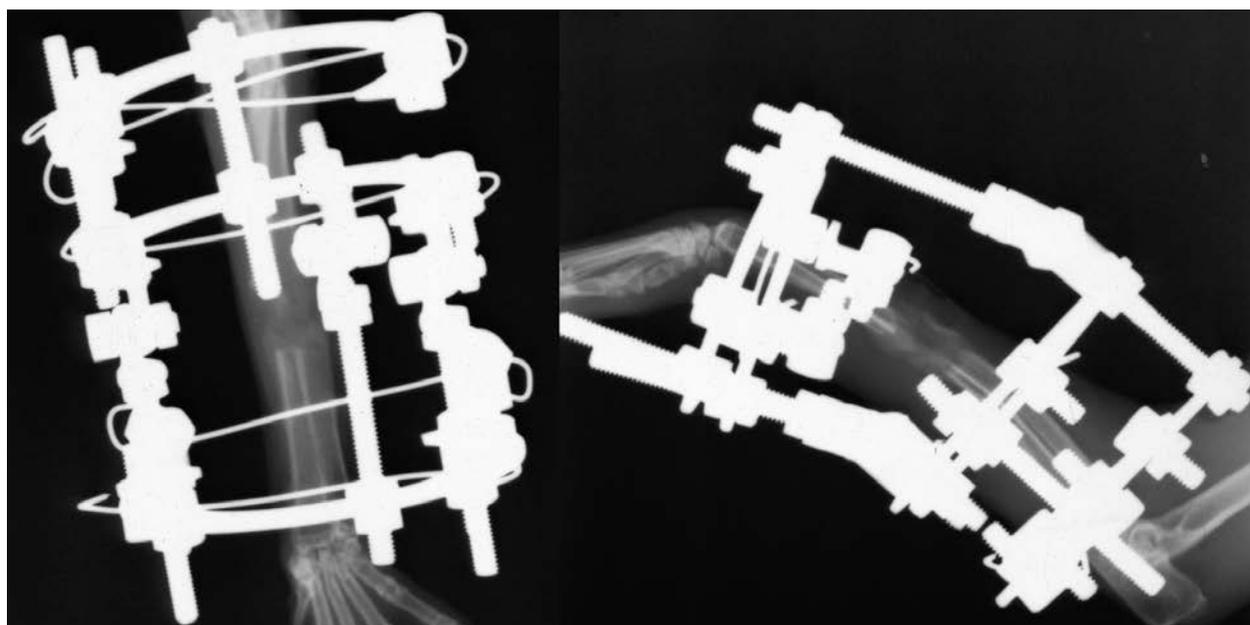


Рис. 8. Рентгенограмма правого предплечья кролика (№ 34).

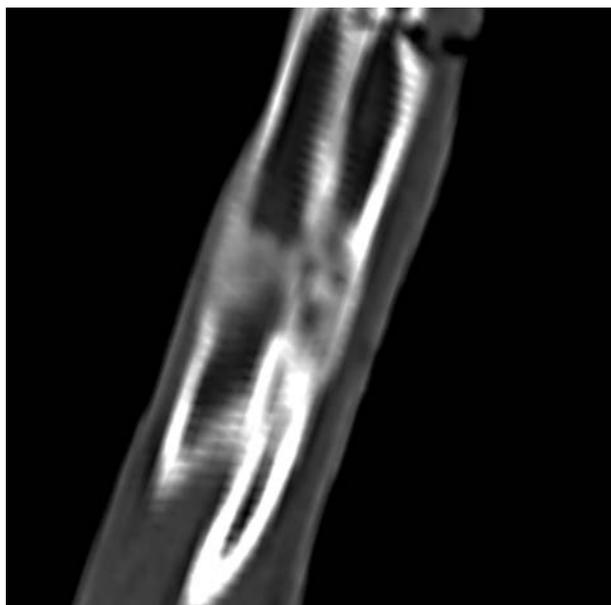


Рис. 9. МСКТ правого предплечья кролика на 10-е сутки фиксации (кролик № 10).

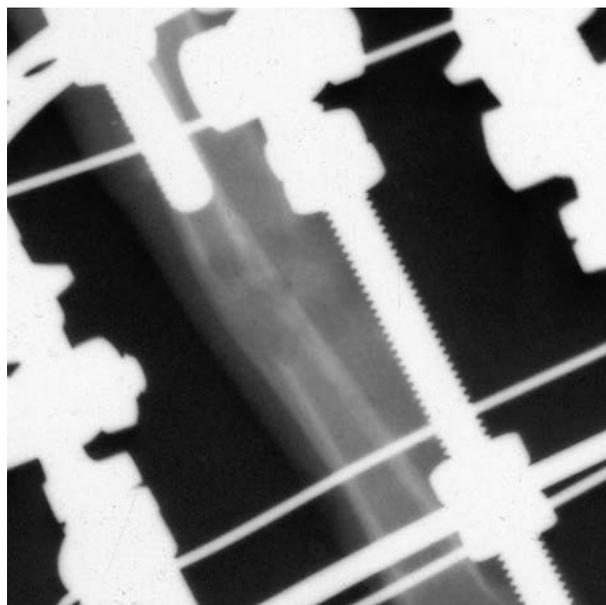


Рис. 11. Рентгенограмма правого предплечья кролика: 20-е сутки фиксации (кролик № 34).

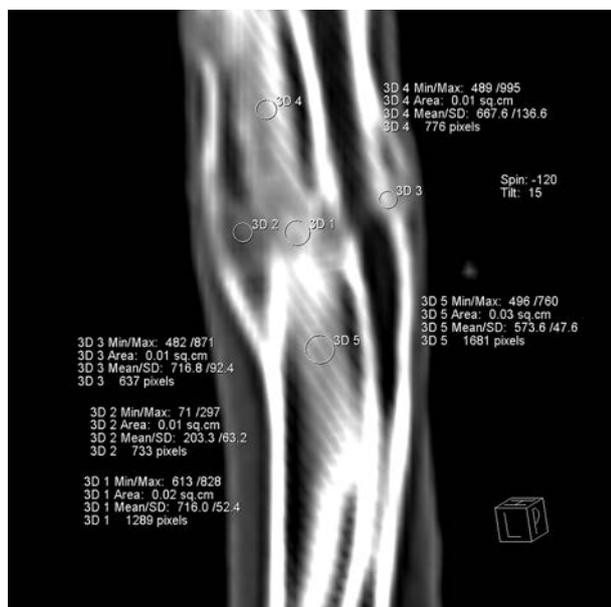


Рис. 10. Денситометрия правого предплечья кролика на 10-е сутки фиксации (кролик № 8).



Рис. 12. МСКТ правого предплечья кролика: 20-е сутки фиксации (кролик № 12).

На 20-е сутки фиксации (35 суток опыта) кролики активно передвигались по клетке. Аппетит не страдал. Отека и воспаления мягких тканей не было. На рентгенограммах диастаз между отломками заполнен костной тканью, однородной по плотности (рис. 11). Линия перелома не определяется. Перистальный регенерат вокруг перелома выражен. Формируется костномозговой канал и кортикальный слой.

В зоне дистракционного костного регенерата костей предплечья на 20 сутки фиксации АВФ при проведении денситометрии (рис. 12) минеральная плотность костного вещества регенерата и в проксимальной и дистальной его зоне по передней и задней поверхности практически возвращается к исходному

состоянию, хотя еще ниже ее на 5–10 %. В центре регенерата в проксимальной и дистальной зонах его минеральная плотность уже имеет отрицательные значения, но еще почти в 2 раза ниже, чем в исходном состоянии.

В средней зоне по передней и задней поверхности регенерата минеральная его плотность почти в 4 раз выше по сравнению с предыдущим сроком (10 суток фиксации), но еще на 15–20 % ниже, чем до операции. В центре плотность регенерата увеличивается более чем в 18 раз по сравнению с плотностью на 10-е сутки фиксации, но почти в 3 раза ниже, чем в интактном состоянии.

На диаграммах (рис. 13) видно, что показатели плотности костной ткани на 20-е сутки фиксации

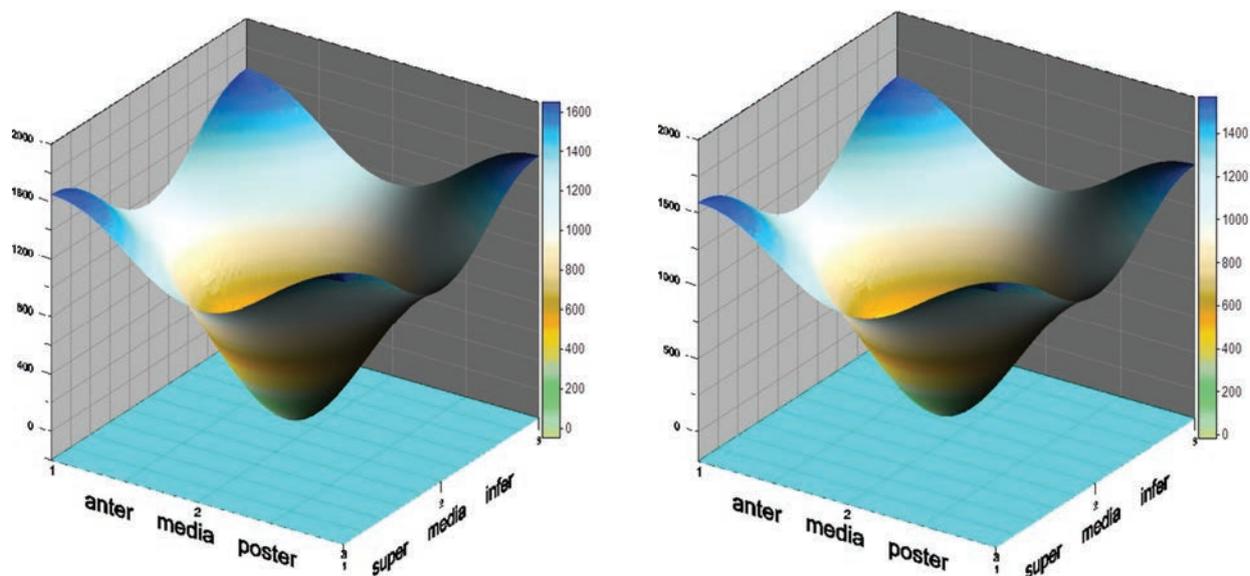


Рис. 13. Показатели денситометрии: а – до операции; б – 20 суток фиксации.

практически соответствуют данным ее значений до начала исследования, что свидетельствует о формировании костномозгового канала.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

Кроме того, после удлинения костей предплечья на десятые сутки фиксации между костными отломками формируется distractionный регенерат с четкой зональной структурой.

Так, в средней его зоне на 20-е сутки фиксации имеются явные признаки формирования костномозгового канала, а именно, снижение минеральной плотности, которая достигает уже 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 костномозгового канала, что свидетельствует об активном remodelировании костных структур при этом воздействии, а используемый метод денситометрии при МСКТ позволяет дать его объективную количественную оценку.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Барабаш А.П., Верховина Т.К., Глушук А.Г. Аппараты внешней фиксации по технологии России в сочетании с традиционной медициной Китая – залог успешного лечения переломов костей // Мат. Межд. конф. ВЕИМЕД'97 по мануальной медицине и

традиционной терапии. – Beihai, Guangi, P.R. China, 1997. – С. 87–89.

2. Барабаш А.П., Соломин Л.Н. «Эсперанто» проведение чрескостных элементов при остеосинтезе аппаратом Илизарова. – Новосибирск: Наука, Сибирское предприятие, 1997. – 188 с.

3. Барабаш А.П. Чрескостный остеосинтез при замещении дефектов длинных костей. – Иркутск, 1995. – 208 с.

4. Верховина 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 (18). – С. 24–27.

5. Вогралик В.М., Вогралик М.В. Акупунктура: Основы традиционной восточной рефлексодиагностики и пунктурной адаптивно-энергетизирующей терапии: цигун. – М.: ГОУ ВУНМЦ МЗ РФ, 2001. – 336 с.

6. Дедух Н.В., Малышкина С.В., Дурсунок А.М. Регенерация костного дефекта при введении животным препарата остеогенон // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2004. – № 2. – С. 40–45.

7. Дьячкова Г.В., Дьячков К.А., Корабельников М.А. Способ прогнозирования перестройки distractionного регенерата методом компьютерной томографии: мет. технология. – Курган, 2010. – 12 с.

8. Иванников С.В., Оганесян О.В., Шестерня Н.А. Наружный чрескостный остеосинтез при переломах костей предплечья. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний: Медицина, 2003. – 140 с.

9. Илизаров Г.А. Основные принципы остеосинтеза компрессионного и distractionного // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1971. – № 1. – С. 7–11.

10. Ковалева А.В. Количественная и качественная оценка distractionного регенерата при удлинении конечностей: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Курган, 2007. – 24 с.

11. Ли Цинхэ Клинические проявления воздействия электроакупунктуры при переломах костей (экспериментальное исследование) // Травматология и ортопедия России. – 1995. – № 4. – С. 63–65.

12. Михайлов И.Н. Способ стимуляции перестройки дистракционного регенерата при удлинении костей предплечья по Илизарову // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. – 2008. – № 2. – С. 93–94.

13. Нечушкин А.И. Биокоррекция функциональных патологических состояний опорно-двигательного аппарата воздействием на активные зоны кожи : автореф. дис. ... докт. мед. наук. – М., 1981. – 21 с.

14. Нечушкин А.И., Оганесян О.В., Новикова Е.Б. О происхождении и предупреждении некоторых осложнений, возникающих при наложении наружной чрескостной фиксации (предварительное сообщение) // Актуальные вопросы травматологии-ортопедии. – М., 1976. – Вып. 14. – С. 29–32.

15. Плахотин М.В. Иглоотерапия в ветеринарии. – М., 1959. – 264 с.

16. Совершенствование чрескостного остеосинтеза диафизарных переломов костей предплечья / М.Э. Пусева [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2006. – № 2(40). – С. 246–247.

17. Соломин Л.Н. Основы чрескостного остеосинтеза аппаратом Г.А. Илизарова. – СПб. : ООО «МОРСАР АВ», 2005. – 544 с.

18. Способ лечения повреждений предплечья: пат. 2373916 Рос. Федерация: МПК А61Н39/00; А61В17/56 / Пусева М.Э., Соломин Л.Н., Верховина Т.К., Михайлов И.Н.; заявитель и патентообладатель НЦРВХ СО РАМН. – № 2008100557/14; заявл. 09.01.2008; опубл. 27.11.2009, Бюл. № 33. – 1 с.

19. Способ стимуляции дистракционного регенерата: пат. 2343852 Рос. Федерация: МПК А 61В17/00 / Соломин Л.Н., Ячный О.А.; заявитель и патентообладатель ФГУ «РосНИИТО им. Р.Р. Вредена». – № 2007100812; заявл. 09.01.2007; опубл. 20.01.2009, Бюл. № 2.

20. Способ прогнозирования перестройки дистракционного регенерата методом компьютерной томографии : медицинская технология / Г.В. Дьячкова [и др.]. – Курган, 2010. – 12 с.

21. Стецула В.И., Веклич В.В. Основы управляемого чрескостного остеосинтеза. – М. : Медицина, 2003. – 224 с.

22. Стимуляция остеорепарации постоянным током малой величины / Н.И. Хвисюк [и др.] // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1991. – № 1. – С. 43–46.

23. 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; сост.: В.И. Шевцов, А.Н. Ерохин, Д.А. Попков. – Курган, 2003. – 11 с.

24. Шевцов В.И., Попков А.В. Круглосуточное удлинение конечностей в автоматическом режиме. – Курган, 2003. – [http://www.reg-surgery.ru/1\\_2003/articles\\_ru/downloads/250503-004.pdf](http://www.reg-surgery.ru/1_2003/articles_ru/downloads/250503-004.pdf).

25. Шевцов В.И., Попков А.В. Стимуляция репаративного процесса кости при дистракционном остеосинтезе : метод. рек. / МЗ РФ, РНЦ «ВТО»; сост.: В.И. Шевцов, А.В. Попков, Д.А. Попков. – Курган, 2001. – 11 с.

26. Швецов В.И., Швед С.И., Сысенко Ю.М. Чрескостный остеосинтез при лечении оскольчатых переломов. – Курган, 2002. – 137 с.

#### Сведения об авторах

**Пусева Марина Эдуардовна** – кандидат медицинских наук, заведующая травматологическим отделением ФГБУ «Научный центр реконструктивной и восстановительной хирургии» СО РАМН, доцент кафедры травматологии, ортопедии и нейрохирургии ИГМАПО (664003, г. Иркутск, ул. Борцов Революции, 1. Тел. (3952) 29-03-81)

**Михайлов Иван Николаевич** – кандидат медицинских наук, научный сотрудник научно-клинического отдела травматологии ФГБУ «Научный центр реконструктивной и восстановительной хирургии» СО РАМН (664003, г. Иркутск, ул. Борцов Революции, 1. Тел. (3952) 29-03-81)

**Лебединский Владислав Юрьевич** – доктор медицинских наук, профессор, научный руководитель центров здоровьесберегающих технологий и медико-биологических исследований Национального исследовательского Иркутского государственного технического университета.

**Верховина Татьяна Константиновна** – кандидат медицинских наук, доцент кафедры рефлексотерапии и традиционной китайской медицины ГБОУ «ИГМАПО Минздравсоцразвития России», заведующая отделением функциональных методов диагностики и лечения ФГБУ «НЦРВХ» СО РАМН (664003, г. Иркутск, ул. Борцов Революции, 1. Тел. (3952) 29-03-81)

**Бойко Татьяна Николаевна** – врач отделения КТ и МРТ ГБУЗ ИОКБ ордена «Знак Почета»