

Морфологическая характеристика клиновидных регенератов

В.И. Шевцов, Н.С. Мигалкин, А.А. Шрейнер, К.Н. Смелышев

Morphological characteristic of wedge-shaped regenerate bones

V.I. Shevtsov, N.S. Migalkin, A.A. Shreiner, K.N. Smelyshev

Государственное учреждение науки

Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. академика Г. А. Илизарова, г. Курган
(генеральный директор — заслуженный деятель науки РФ, член-корреспондент РАМН, д.м.н., профессор В.И. Шевцов)

На этапах коррекции у собак двухуровневых антекурвационных деформаций костей голени аппаратом Илизарова изучена морфологическая картина. Установлено, что при формировании клиновидных регенератов костеобразование носит смешанный характер, что, впрочем, не влияет на качество сращения. Выявлены характерные признаки десмального и хондрального типов остеогенеза. Отмечен повышенный объем костеобразовательных процессов. Формирование регенератов на обоих уровнях протекает с одинаковой степенью интенсивности.

Ключевые слова: эксперимент, собака, голень, деформация, аппарат Илизарова, остеогенез, морфология.

Morphological pattern is studied at the stages of correction of canine antecurvature deformities of leg bones at two levels with the Ilizarov apparatus. It is established, that osteogenesis is of mixed type during formation of wedge-shaped regenerate bones, however, that doesn't influence quality of union. Characteristic signs of desmal and chondral osteogenesis types are revealed. Increased extent of osteogenesis processes is noted. Formation of the regenerates at both levels occurs with the same intensity degree.

Keywords: experiment, dog, leg, deformity, the Ilizarov apparatus, osteogenesis, morphology.

ВВЕДЕНИЕ

Многоуровневые деформации одного из сегментов конечностей являются сложной и достаточно распространенной патологией [1, 4], в лечении которой, благодаря методу чрескостного остеосинтеза, достигнуты значительные результаты [2, 3, 8, 9]. Публикаций, посвященных морфологическим особенностям регенерации кости при одновременном исправлении деформаций на двух и более уровнях одного сегмента, нами не обнаружено. Существуют работы, описывающие рентгенологическую картину, а также морфологию кости при наличии двух дистракционных регенератов на одном сегменте при продольном удлинении конечности [6, 7, 12]. Современные методики чрескостного остеосинтеза по Илизарову при коррекции деформаций

включают в себя угловую дистракцию [5, 10, 11], что создает иные условия для образования новой кости, нежели при продольной дистракции. В связи с этим изучение морфологических особенностей формирующихся клиновидных регенератов при одновременной коррекции многоуровневых деформаций представляет определенный интерес. Нами проведена серия экспериментов, в которых вначале производилось моделирование двухуровневых деформаций голени, а на втором этапе осуществлялась их коррекция.

Целью настоящего исследования послужило выявление морфологических особенностей образующихся при этом клиновидных костных регенератов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Эксперимент осуществлен на 14 взрослых беспородных собаках в возрасте от 1,5 до 2-х лет, с длиной голени не менее 19 см и массой тела 20–23 кг. Операции проводили в стерильной операционной под внутривенным барбитуровым наркозом. На правую голень, где в проксимальном и

дистальном метадиафизах были смоделированы антекурвационные деформации с углом около 150°, накладывали адаптированный вариант аппарата Илизарова. В проксимальном и дистальном метафизах выполняли перекрест фиксирующих спиц, диафиз фиксировался в двух опорах

перекрестом на протяжении. Шарниры, обеспечивающие угловую дистракцию, устанавливали по передней поверхности большеберцовой кости таким образом, чтобы ось их вращения совпадала с вершинами деформаций. Из переднемедиальных разрезов длиной 5–10 мм выполняли косую кортикотомию на двух уровнях, обходя склерозированные участки.

Подкрутку осуществляли по ведущим стержням с темпом 0,25 мм х 4 раза в сутки на основании клиновидного диастаза. Принимая во внимание щадящий способ нарушения целостности кости, продолжительность преддистракционного периода определена в 5 суток. Дистракцию про-

должали до полного исправления оси голени, что составляло 12 – 14 дней. Для морфологических исследований животных выводили из эксперимента в сроки: конец дистракции, конец фиксации и через три месяца после снятия аппарата. После эвтаназии оба костных регенерата, проксимальный и дистальный, выпиливали, фиксировали в растворе 10% формалина. После декальцинации и поэтапной гистологической проводки приготавливали продольные гистотопограммы в сагиттальной плоскости. Окрашивали их гематоксилином и эозином по ван-Гизону и по Мас-сону.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

К концу дистракции восстанавливалась правильная продольная ось большеберцовой кости. Между суставными и диафизарными фрагментами определялись клиновидные диастазы с основанием кзади, высотой в проксимальном отделе 12–15 мм, в дистальном – 10–12 мм. Диастазы были заполнены костно-соединительно-тканым регенератом. В проксимальном клиновидном диастазе почти по всему его поперечнику определялась соединительно-тканная прослойка неправильной клиновидной и зубчатой формы. По задней стороне она была достаточно широкой, высотой 5–6 мм. Коллагеновые волокна и кровеносные сосуды ее ориентировались продольно, по направлению дистракционных усилий (рис. 1а). На противоположном крае регенерата, ближе к стыку фрагментов, узкая прослойка прерывалась костными трабекулами, соединяющими фрагменты большеберцовой кости (рис. 1б). Среди ее волокнистых структур обнаруживались многоклеточные тяжи грануляционной ткани.

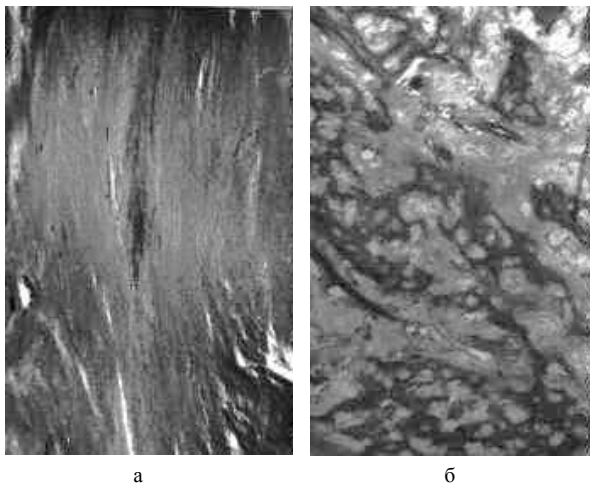


Рис. 1. а – продольно ориентированные структуры соединительно-тканной прослойки проксимального регенерата периода дистракции. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение х 60; б – ближе к стыку фрагментов костно-остеоидные трабекулы не имеют продольной ориентации. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение х 60

К соединительно-тканым структурам прослойки, проксимальнее и дистальнее ее, прилежал узкий слой продольно ориентированных остеоидных трабекул, острые концы которых продолжались в пучки прослойки. В межтрабекулярных пространствах этой зоны располагалась рыхлая волокнистая неоформленная соединительная ткань с кровеносными сосудами микроциркуляторного русла (рис. 2 а, б).

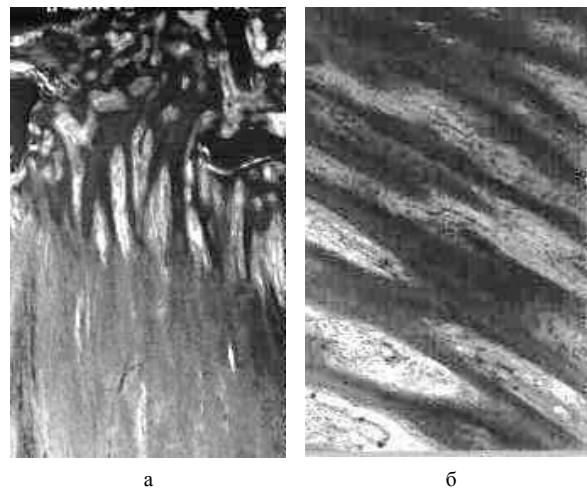


Рис. 2. а – слой ориентированных костно-остеоидных структур, врастающих в соединительно-тканную прослойку. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение х 60; б – на ориентированных трабекулах клиновидного регенерата выраженные слои остеобластов. Обилие кровеносных сосудов в межтрабекулярных пространствах. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение х 200

Дистальнее и проксимальнее вышеописанной зоны, в глубине костно-мозговых полостей прилежащих отломков, располагалась сеть новообразованных костных трабекул без определенной ориентации, широко анастомозирующих между собой. В

межтрабекулярных пространствах определялась рыхлая волокнистая соединительная ткань и большое количество микрососудов (рис. 3а). На по-

В зоне стыка фрагментов и прилегающих к нему костных участках определялась мелкопетлистая сеть из узких остеонидных трабекул. В толще этих трабекул встречались структуры хрящевой ткани (рис. 3б), межтрабекулярные пространства заполнены рыхлой волокнистой соединительной тканью.

Уже на этом этапе регенерации наблюдались явления резорбции корковой пластинки. Причем резорбция материнской корковой пластинки происходила одновременно со слиянием ее с новообразованными костными трабекулами на поверхности фрагментов. Они имели более утолщенную форму и располагались в виде субпериостальных наслоений как у основания дистракционных регенератов, так и у стыка фрагментов, поверх предсуществовавшей кости (рис. 4а).

В отдельных случаях в зоне основания регенерата фиброзный слой периоста был представлен грубыми прямолинейными темно окрашенными продольно ориентированными коллагеновыми волокнами (рис. 4б).

верхностях трабекул располагался слой высоких остеобластов.

Сходная картина наблюдалась и в дистальном регенерате. Соединительно-тканная прослойка была хорошо выражена у основания клиновидного диастаза и в средней его части (Рис. 5а). В ее толще отмечались умеренные скопления круглоклеточных элементов. В интермедиарном пространстве прилегающих фрагментов присутствовал слой костных трабекул с продольной их ориентацией, однако с гораздо меньшим количеством рыхлой волокнистой соединительной ткани в межтрабекулярных пространствах, чем в проксимальном регенерате. Этот слой был более узким и занимал меньшую площадь в сравнении с аналогичными структурами проксимального регенерата.

У краев костных отломков, со стороны основания клиновидного диастаза, определялись выраженные периостальные наслоения с поперечной ориентацией трабекул (рис. 5б), просматривалась резорбция корковой пластинки, особенно хорошо выраженная у стыка фрагментов.

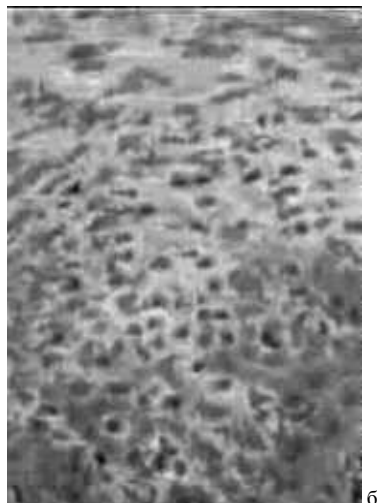
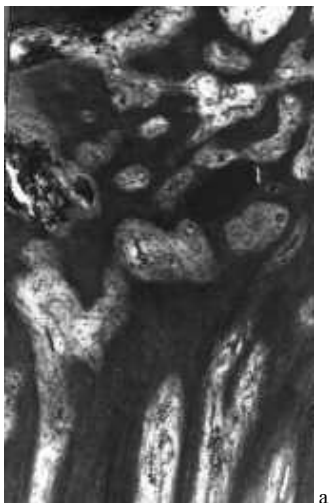


Рис. 3. а – пограничный участок между ориентированными трабекулами регенерата и анастомозирующими костно-остеоидными структурами по удалении от соединительно-тканной прослойки. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение x 200; б – участок хондроидного строения в массиве регенерата вблизи стыка отломков. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение x 340

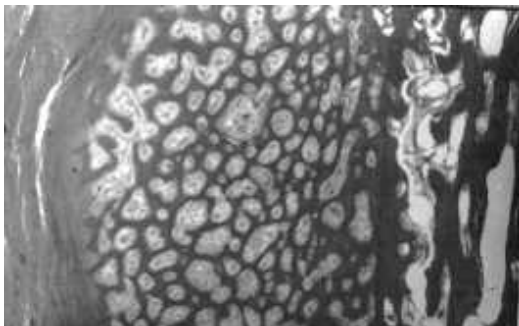


Рис. 4. а – очаг периостального остеогенеза на поверхности корковой пластинки материнской кости. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение x 60; б – дистрофические изменения растянутых коллагеновых волокон фиброзного слоя периоста со стороны основания клиновидного регенерата. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение x 200

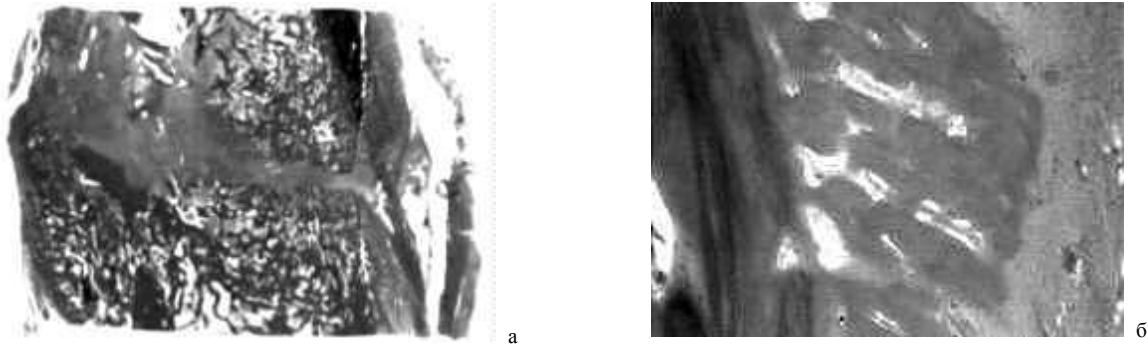


Рис. 5. а – общий вид дистального клиновидного регенерата в конце дистракции. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 2,5$; б – новообразованные периостальные наложения. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 200$

К концу периода фиксации в проксимальном регенерате, у его основания, иногда просматривались следы соединительно-тканной прослойки. Они были представлены неоформленной плотной соединительной тканью с продольно ориентированными волокнистыми структурами. На данном этапе прослойка находилась в состоянии замещения массивами костно-остеоидных трабекул. В центре диастаза, с проксимальной и дистальной сторон, к ней прилегали молодые трабекулы, которые имели продольную ориентацию. Просматривалась картина роста данных трабекул с хорошо выраженным слоем остеобластов на них (рис 6а).

Ближе к стыку фрагментов, в зоне оссификации прослойки, трабекулы теряли свою продольную ориентацию и образовывали извитую анастомозирующую сеть. На их поверхностях обнаруживались многочисленные остеокласты (рис. 6б).

На более периферически расположенных костно-остеоидных трабекулах слой остеобластов уплощен и прерывист, не формирует сплошной выстилки.

Этот период характеризовался выраженной периостальной реакцией на стороне дистракции. В целом периостальные наложения охватывали корковые поверхности костных фрагментов на значительном удалении от их краев. Они представляли собой сеть массивных минерализующихся костно-остеоидных трабекул, которые

иногда имели четкую поперечную ориентацию. В этих массивах встречались компактные поля неминерализованных трабекул (рис. 7а). В межтрабекулярных пространствах обнаруживались рыхлая соединительная ткань и структуры жирового костного мозга.

Параллельно с процессами образования новой костной ткани появлялись полости резорбции кортикальных структур, содержащие жировой костный мозг как в материнской кости (рис. 7б), так и в сформировавшейся после образования деформации. Трабекулы регенерата в периферических отделах встраивались в структуру формирующейся корковой пластинки. В конце периода фиксации в дистальном регенерате соединительно-тканная прослойка представляла собой остаточную структуру, располагающуюся только в субпериостальной зоне со стороны основания регенерата (рис. 8а).

Среднюю часть регенерата занимали костно-остеоидные трабекулы без определенной ориентации (рис. 8б). В ряде случаев эти трабекулы имели продольную ориентацию. Проксимальнее и дистальнее их определялись разнонаправленные, анастомозирующие между собой трабекулы, на поверхностях которых располагался прерывистый слой остеобластов. Остеокласты встречались редко на наиболее удаленных от прослойки трабекулах. В межтрабекулярных пространствах определялась волокнистая соединительная ткань.

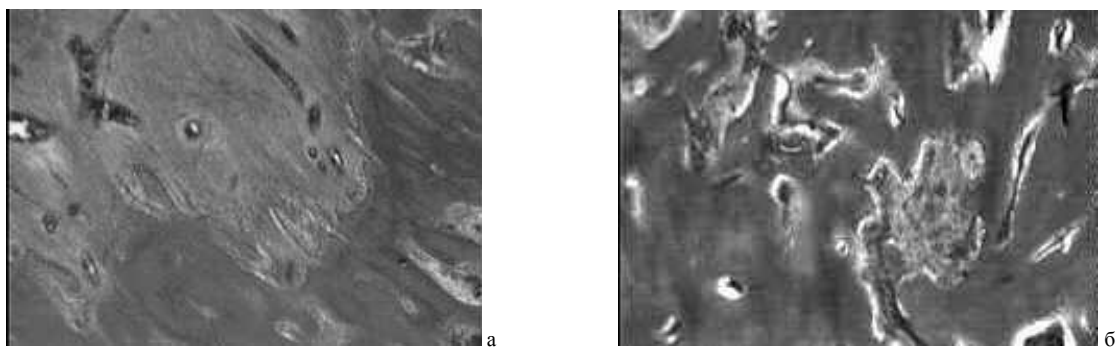
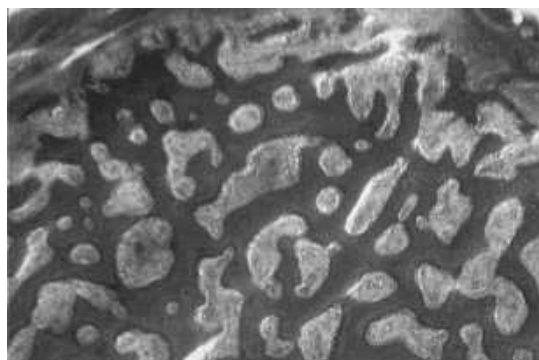
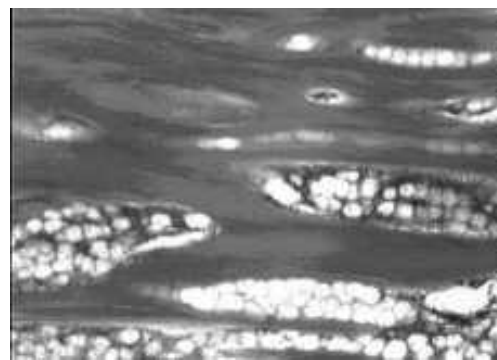


Рис. 6. а – остаточный участок соединительно-тканной прослойки с врастающими в нее костно-остеоидными трабекулами вблизи основания клиновидного регенерата в период фиксации. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 60$; б – анастомозирование, слияние и уплотнение костных трабекул вблизи стыка фрагментов. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 200$

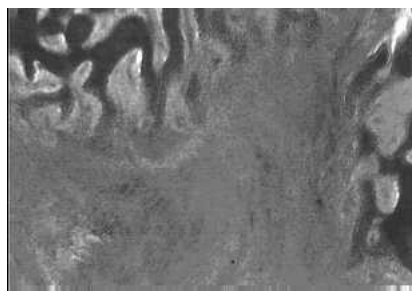


а

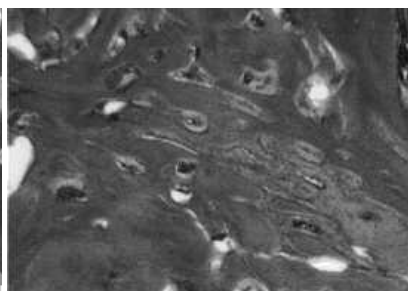


б

Рис. 7. а – субпериостальная анастомозирующая сеть трабекул по периферии материнских отделов. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 200$; б – расширенные гаверсовы каналы корковой пластинки материнских фрагментов. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 200$



а



б



в

Рис. 8. а – субпериостальное костеобразование на материнском отломке в зоне дистального регенерата в конце периода фиксации. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 60$; б – плотная сеть трабекул в средней части дистального регенерата на месте ранее располагавшейся прослойки. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 60$; в – фрагмент корковой пластинки материнского отломка в состоянии резорбции. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 200$

Резорбция корковой пластинки и ее слияние с прилежащими массивными субпериостальными разрастаниями наблюдается преимущественно в основании регенерата (рис. 8 в). Эти участки были представлены костно-остеоидными трабекулами поперечной и косопоперечной направленности с хорошо выраженным слоем остеобластов (рис. 8 а, б, в). В межтрабекулярных пространствах определялись структуры жирового костного мозга.

Участок стыка фрагментов был представлен консолидированной зоной регенерата с продольной ориентацией трабекул и небольшим участком периостальных костно-остеоидных наложений.

В отдаленном сроке исследования (3 месяца без аппарата) у большинства животных регенерат находился в состоянии органотипической перестройки. Границы клиновидного регенерата определялись нечетко. В зоне регенерата представительство трабекулярных костных структур заметно снижено. В широких межтрабекулярных пространствах располагались преимущественно структуры жирового костного мозга, а в корковой пластинке материнских отломков определялись расширенные гаверсовы каналы (рис. 9 а, б, в).

Лишь у двух собак в регенерате обнаружены мелкие остаточные структуры соединительно-тканной прослойки. В остальных случаях признаки соединительно-тканной прослойки не выявлялись.

Со стороны основания регенерата определялась массивная зона периостальных наложений, представленная резорбированными участками материнской кости (корковая пластинка) и новообразованными трабекулами, которые в отличие от предыдущего этапа не имели поперечной направленности и анастомозировали между собой с образованием плотной сети. В межтрабекулярных пространствах и резорбционных полостях определяется жировой костный мозг (рис. 9б). На границе периостальных наложений с периостом еще не определялись структуры наружных генеральных пластинок. Снаружи эти наложения были покрыты тонким и непрерывным периостом (рис. 9а).

В центральной части регенерата и ближе к стыку фрагментов обнаруживалась густая сеть костных трабекул, ориентированных более продольно. Дистальнее регенерата наблюдалась выраженная резорбция структур корковой пластинки (рис. 9в).

В дистальном регенерате на месте, где соединительно-тканная прослойка была наиболее выражена, определялась плотная компоновка костного вещества с расширенными каналами остеоннов. В центре формирующейся кости, на месте регенерата, – поперечно ориентированные костные трабекулы. Были выражены субпериостальные наложения, состоявшие из анастомозирующих костных трабекул. Корковая пластинка мате-

ринской кости с многочисленными резорбционными полостями сливалась с сетью эндостальных трабекул. Эти полости, а также межтрабекулярные пространства были заполнены жировым

костным мозгом. На поверхностях костных структур остеобласты практически отсутствовали (рис. 10а, б).

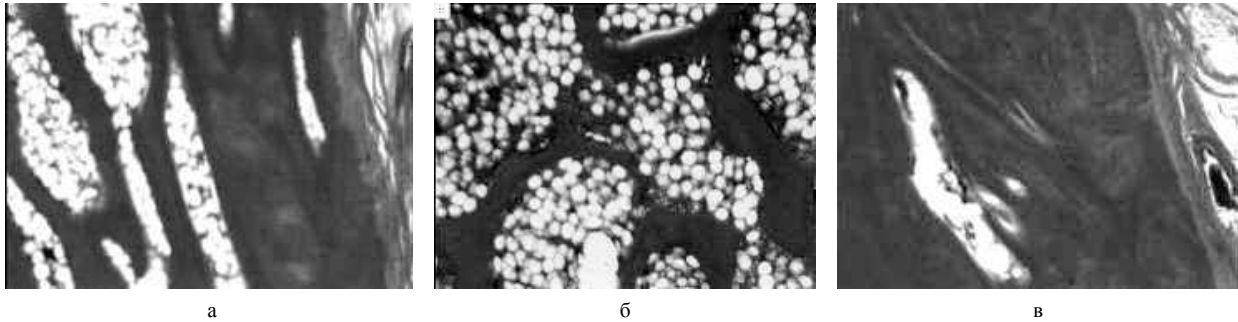


Рис. 9. а – формирование корковой пластинки проксимального клиновидного регенерата в период органотипической перестройки. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 200$; б – эндостальная зона проксимального регенерата с формированием костно-мозговой полости. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 200$; в – участок корковой пластинки материнской кости с расширенным гаверсовым каналом. Проксимальный регенерат в период органотипической перестройки. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 200$

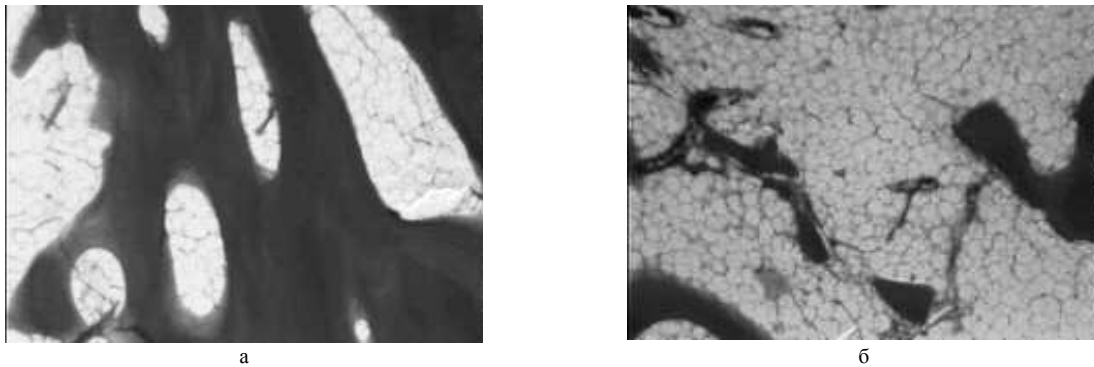


Рис. 10. а – формирование корковой пластинки в дистальном регенерате. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 200$; б – эндостальная зона дистального регенерата в периоде органотипической перестройки. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 200$

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Исследования выявили некоторые особенности формирования клиновидных дистракционных регенератов. Наличие различных клеточных структур, располагающихся на противоположных участках, указывает на присутствие двух типов костеобразования. У основания клиновидного диастаза обнаруживаются клеточные элементы, характеризующие десмальный тип, присущий дистракционному регенерату; клеточные элементы, свойственные хондральному типу остеогенеза, определяются у вершины клиновидного диастаза. Такое распределение объясняется, по нашему мнению, условиями дистракции. Там, где скорость дистракции приближалась к оптимальной (около 1 мм в сутки), возникал участок дистракционного регенерата. Об этом свидетельствует присутствие элементов соединительно-тканной прослойки на данном участке клиновидного диастаза, а также продольно ориентированных трабекул. А в углу клиновидного регенерата, где скорость дистракции была минимальной, часто наблюдались

островки хрящевой ткани.

Выраженность и непрерывность слоев остеобластов высокого фенотипа свидетельствует о высокой активности костеобразовательных процессов в периоды дистракции и фиксации. Они протекали с одинаковой степенью интенсивности как в проксимальном, так и в дистальном регенерате. Обращает на себя внимание также высокая активность резорбтивно-перестроечных процессов, идущих параллельно с процессами костеобразования, особенно выраженных в конце периода фиксации.

Сравнительная оценка переднего и заднего участков регенерата, соответствующих выпуклой и вогнутой части деформации, указывает на более интенсивное образование периостальной реакции на вогнутой стороне деформации. При этом на концах фрагментов костные трабекулы в этих периостальных наложениях располагались перпендикулярно корковой пластинке. В дальнейшем отмечается выраженная резорбция корковой пластинки прилежащих фрагментов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, изучение морфологической картины остеогенеза при одновременной дозированной коррекции двухуровневых деформаций голени показало, что образующиеся клиновидные регенераты имеют некоторые отличия от линейных дистракционных регенератов. Заключается это в том, что при формировании регенерата путем угловой дистракции костеобразование носит смешанный характер, что в конечном итоге не влияет на качество сращения. Остеогенез на обоих уровнях дистракции протекает практически с одинаковой степенью интенсивности, хотя в дистальном регенерате иногда, при меньшей продолжительности дистракции, соединительно-тканная прослойка выражена

меньше, чем в проксимальном.

Отличительной особенностью является также повышенный объем костеобразования с вовлечением периостальных и эндостальных структур, значительным протяжением костеобразовательного процесса от зоны дистракции. Параллельно с формированием костных структур рано обнаруживаются резорбционные явления, что свидетельствует об активной перестройке регенерата. Учитывая двуфазность эксперимента (первый этап – моделирование деформации) и повышенный объем регенераторного процесса, следует ожидать удлинения периода органотипической перестройки кости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грязнухин Э.Г., Петухов В.А. Причины инвалидности при множественных переломах длинных трубчатых костей, пути ее профилактики // Профилактика травматизма и инвалидности от травм среди работающих в различных отраслях народного хозяйства. - Казань, 1988. – С. 43-52.
2. Зырянов С.Я. Одновременное устранение деформаций всех сегментов нижней конечности // Гений ортопедии. - 1995. - №1. - С. 53-58.
3. Илизаров Г.А., Зырянов С.Я. Коррекция деформаций сегментов нижней конечности с одновременным удлинением ее по Илизарову // Метод Илизарова: Теория, эксперимент, клиника: Тез. докл. юбилейной междунаро. конф. - Курган, 1991. - С. 287-289
4. Лечение деформаций, контрактур и укорочений конечностей у детей методом Илизарова / У.А. Абдуразаков, В.Р. Комник, Е.М. Хахалев и др. // Метод Илизарова: Теория, эксперимент, клиника: Тез. докл. юбилейной междунаро. конф. - Курган, 1991. – С. 174 – 176.
5. Лечение неправильно сросшихся переломов диафиза голени в амбулаторных условиях: Метод. рекомендации / РНЦ «ВТО»; Сост.: В.И. Шевцов, А.А. Шрейнер, Р.Д. Бородайкевич. - Курган, 1993. – 30с.
6. Попков А.В. Оперативное удлинение нижних конечностей по Илизарову у взрослых больных // Вопросы чрескостного остеосинтеза по Илизарову. Экспериментально-теоретическое и клиническое обоснование новых способов диагностики и лечения ортопедотравматологических больных: Сб. науч. работ. - Курган, 1990. - С. 53 – 59.
7. Реутов А.И. К обоснованию биллокального дистракционного остеосинтеза по Г.А. Илизарову (экспериментально-клиническое исследование): Автореф. дис... канд. мед. наук. - Новосибирск, 1990. – 20с.
8. Скляр Л.В. Исправление О-образных деформаций нижних конечностей у детей и подростков методом Илизарова: Дис... канд. мед. наук. - Курган, 1994. – 230с.
9. Скляр Л.В. Оперативное исправление деформаций нижних конечностей у больных детского и подросткового возраста, рахита и рахитоподобных заболеваний // Профилактика, диагностика и лечение повреждений и заболеваний опорно-двигательного аппарата у детей: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. - Спб., 1995. – С. 344 – 345.
10. Шевцов В.И., Бородайкевич Р.Д., Шрейнер А.А. Лечение по Илизарову больных с неправильно сросшимися переломами диафиза костей голени // Современные аспекты травматологии и ортопедии: Тез. докл. - Казань, 1994. – С. 90.
11. Шевцов В.И., Шрейнер А.А., Бородайкевич Р.Д. Коррекция по Илизарову углообразных приобретенных деформаций костей голени // Метод Илизарова: Теория, эксперимент, клиника: Тез. докл. юбилейной междунаро. конф. - Курган, 1991. – Ч. II. – С. 435 – 437.
12. Штин В.П., Реутов А.И. Сравнительная характеристика методов моно-и биллокального дистракционного остеосинтеза по Г.А. Илизарову // Метод Илизарова: теория, эксперимент, клиника: Тез. докл. Всесоюз. конф. с участием иностр. специалистов. - Курган, 1991. – С. 346-347.

Рукопись поступила 18.01.2000.