

Рентгенологическая картина и плотность минеральных веществ в костях голени на этапах коррекции двухуровневых деформаций аппаратом Илизарова

В.И. Шевцов, А.А. Шрейнер, К.Н. Смелышев, А.А. Свешников, Н.Ф. Обанина

Roentgenologic patterns and mineral density in leg bones at the stages of correction of their two-level deformities with the Ilizarov apparatus

V.I. Shevtsov, A.A. Shreiner, K.N. Smelyshev, A.A. Sveshnikov, N.F. Obanina

Государственное учреждение науки

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

На этапах коррекции у собак антекурвационных деформаций костей голени аппаратом Илизарова изучена рентгенологическая картина и плотность минеральных веществ. Установлено, что костеобразование в клиновидных диастазах протекает с высокой степенью активности, а изменение ПМВ происходит в соответствии со стадией регенераторного процесса.

Ключевые слова: собаки, голень, антекурвационная деформация, аппарат Илизарова, рентгенологические исследования, минеральные вещества, плотность.

Roentgenologic patterns and mineral density have been studied at the stages of correction of antecurvature deformities of canine leg bones with the Ilizarov apparatus. It is established, that osteogenesis in wedge-shaped gaps is of high activity and mineral density change occurs in accord with the stage of regenerative process.

Keywords: dogs, leg, antecurvature deformity, the Ilizarov apparatus, roentgenologic studies, minerals, density.

Многоуровневые деформации сегментов нижних конечностей являются сложной и достаточно распространенной патологией. Они возникают при врожденных аномалиях развития, последствиях полиомиелита, множественных травмах нижних конечностей, системных заболеваниях скелета и проявляются тяжелыми нарушениями статики и кинематики опорно-двигательной системы, возникающими из-за неравномерного распределения нагрузки на конечности и изменения биомеханики. Вследствие этого появляются деструктивно-дегенеративные изменения в смежных суставах как пораженной, так и контралатеральной конечностей и компенсаторные деформации пояс-

ничного отдела позвоночника.

В настоящее время наиболее эффективным способом устранения деформаций трубчатых костей является метод Илизарова. В нашем Центре разработаны методики чрескостного остеосинтеза, а также технические приемы коррекции деформаций, в том числе многоуровневых; в клинической практике получены хорошие анатомо-функциональные результаты [2,3]. Однако экспериментально - теоретические аспекты, касающиеся особенностей репаративных процессов при угловом перемещении костных фрагментов одновременно на двух уровнях одного сегмента, представляют немаловажный научный и практический интерес.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эксперимент проведен на 14 взрослых (1,5-2 года) беспородных собаках с длиной голени 19 – 22 см и массой тела 20 – 23 кг. Операции проводили в стерильной операционной под внутривенным барбитуровым наркозом. На первом этапе были моделированы антекурвационные деформации большеберцовой кости 150° на

уровне проксимального и дистального метадиафизов. Через 3 месяца (рис. 1а) для дозированного исправления искривлений на голень накладывали адаптированный вариант аппарата Илизарова из 4-х опор и на вершинах деформаций нарушали целостность кости. При этом проксимальный и дистальный метафизы фиксировали в

каждой опоре двумя перекрещивающимися и третьей дополнительной, укрепляемой на кронштейнах, спицами, а промежуточный фрагмент – в двух опорах, перекрестом спиц на протяжении. На уровне вершин деформаций по передней поверхности голени устанавливали шарниры и ведущие тракционные стержни. Из переднемедиальных разрезов, начиная от вершин деформаций, с помощью вибропилы и долота выполняли косую кортикотомию с последующей остеоклазией оставшихся участков кости. Суть ее заключается в нарушении целостности кости в обход склерозированных ее участков, что создает более оптимальные условия для последующего костеобразования.

Угловую дистракцию подкруткой гаек по ведущим стержням начинали с 6-го дня после операции и осуществляли с темпом 1 мм в сутки

на основании клиновидного диастаза. Дистракцию продолжали 12 – 14 суток, до полного исправления оси голени, фиксацию – 20-50 дней. Животных выводили из эксперимента в конце периодов дистракции, фиксации и через три месяца после снятия аппарата.

На этапах эксперимента делали рентгеновские снимки костей голени в двух проекциях на аппарате АРД-2. После эвтаназии кости голени освобождали от мягких тканей, методом двуфотонной абсорбциометрии измеряли плотность минеральных веществ (ПМВ) на дихроматическом костном денситометре фирмы «Норлэнд» (США). Измерения ПМВ сделаны на симметричных участках в проксимальном, дистальном и промежуточном костном фрагментах, а также в зонах обоих костных регенератов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

По данным рентгенографии, в процессе дистракции между средним, проксимальным и дистальным фрагментами большеберцовой кости появлялись два клиновидной формы диастаза с основанием высотой 10-14 мм, обращенным кзади. По переднему краю на вершинах деформаций контакт костных фрагментов сохранялся. К концу периода дистракции (рис. 1б) в клиновидных диастазах определялись тени дистракционных регенератов. В проксимальном диастазе регенерат был образован облаковидными тенями, более плотными вблизи концов фрагментов. У основания диастаза в средней его части была видна клиновидной формы зона просветления высотой 2-5 мм. В дистальном клиновидном диастазе срединная зона просветления достаточно четко определялась лишь в половине наблюдений и занимала меньшую площадь, чем в проксимальном. В остальных опытах зона роста регенерата почти не просматривалась, клиновидный диастаз был заполнен гомогенными структурами, в средней части диастаза – менее плотными.

Формирование костных регенератов в большинстве случаев сопровождалось периостальной реакцией как на стороне дистракции, так и у стыка костных отломков. На задней поверхности фрагментов, образующих проксимальный диастаз, она представляла собой тени невысокой плотности, располагающиеся на поверхности концов отломков. Протяженность теней вдоль фрагмента кости составляла до 10 -15 мм. На передней поверхности периостальные наслоения располагались у места стыка фрагментов. Размер и плотность их были меньше, протяжен-

ность не превышала 10 мм.

В области дистального регенерата периостальная реакция четко просматривалась менее чем в половине случаев, в остальных опытах это были едва заметные тени низкой плотности. На стороне дистракции периостальная реакция была более выражена и представляла собой достаточно плотные и однородные по структуре облаковидной формы тени, которые находились у концов отломков, а также отдельными глыбками – в основании клиновидного диастаза. Их протяженность у обоих фрагментов составляла до 15 мм, на передней поверхности – до 10 мм.

Кроме периостальной, в костных фрагментах определялась эндостальная реакция, особенно четко она была выражена примерно в половине случаев. В зоне проксимального регенерата она располагалась дистальнее, в промежуточном фрагменте, и прослеживалась на расстоянии до 25 мм. В зоне дистального регенерата эндостальная реакция просматривалась как в промежуточном фрагменте, так и в дистальном отломке на расстояние до 30 мм.

К концу периода дистракции ПМВ в клиновидных диастазах (табл. 1) была значительно меньше, чем в симметричных участках контралатеральной кости. В проксимальном она составила $62 \pm 2,4\%$, в дистальном – $83 \pm 3,6\%$. Минерализация проксимального и дистального костных фрагментов также была различной. В проксимальном ПМВ составила $98 \pm 3,6\%$ от аналогичных участков интактной кости, а в дистальном фрагменте отмечено ее повышение до $112 \pm 4,2\%$.

Таблица 1.

Плотность минеральных веществ (мг/см²) в правой оперированной и левой контралатеральной большеберцовых костях в конце distraction

Место измерения	Номер собак						Среднее значение		
	5117		1414		5315				
	К о н е ч н о с т ь								
	Правая	Левая	Правая	Левая	Правая	Левая	Правая	Левая	%
Проксимальный отломок	1,253	1,140	0,995	1,253	1,100	1,014	1,116	1,135	98%
Проксимальный регенерат	1,093	1,140	0,428	1,022	0,404	0,914	0,641	1,025	62%
Промежуточный фрагмент	0,982	1,050	1,094	0,986	0,804	0,814	0,960	0,950	99%
Дистальный регенерат	0,963	1,050	0,605	0,900	0,738	0,814	0,768	0,921	83%
Дистальный отломок	1,097	0,985	0,958	0,870	0,885	0,749	0,98	0,868	112%

К моменту окончания периода фиксации (рис. 1 в) как проксимальный, так и дистальный клиновидные диастазы были полностью замещены костным регенератом, тени которого имели однородную структуру, сливались с краями прилегающих костных отломков и по плотности сравнивались с прилегающими участками материнской кости. Обнаруживались также признаки органотипической перестройки с образованием новой кортикальной пластинки. В проксимальном диастазе в трех случаях у его основания имелись небольшие участки с более низкой плотностью, однако размер их не превышал 2–3 мм и общая площадь составляла менее четверти площади всего диастаза.

В области проксимального регенерата периостальная реакция представляла собой тени высокой плотности. По задней поверхности костных фрагментов она достигала толщины 5–6 мм и до 40 мм протяженности, распространяясь иногда до середины промежуточного фрагмента. По передней поверхности периостальная реакция обнаруживалась у стыка фрагментов, однако существенно меньшего объема и протяженности. Такая же тенденция формирования периостальной реакции сохранялась и в области дистального регенерата. Однако тени ее были более высокой плотности и более гомогенными по структуре. Протяженность их в области основания регенерата достигала 50 мм, а толщина – 10 мм.

Оперативное устранение двухуровневой деформации большеберцовой кости сопровождалось выраженной эндостальной реакцией, кото-

рая прослеживалась в диафизе промежуточного фрагмента, как с проксимального, так и с дистального его концов, а также в дистальном отломке на протяжении 15–35 мм.

В конце фиксации в костях оперированной конечности ПМВ была выше, чем в контралатеральной (табл. 2) и составила в проксимальном и дистальном фрагментах соответственно $112,7 \pm 4,3\%$ и $114,7 \pm 5,2\%$ от значений в симметричных участках интактной кости. В промежуточном фрагменте ПМВ практически равнялась таковой в аналогичном участке здоровой кости. В обоих регенератах к этому сроку наблюдалось значительное повышение ПМВ ($139 \pm 4,9\%$ и $145 \pm 4,2\%$) по сравнению с симметричными участками контралатеральной кости.

Через три месяца после снятия аппарата (табл. 3) происходило практически полное анатомическое и функциональное восстановление конечности. По рентгенологическим данным (рис. 1в), ось большеберцовой кости была правильной, зоны бывших клиновидных диастазов представляли собой участки новообразованной кости, отмечалось формирование новой кортикальной пластинки, восстановление единой костно-мозговой полости. Периостальные наслоения сливались с поверхностью кости, объем их уменьшался.

Плотность минеральных веществ в оперированной кости нормализовалась и приближалась к значениям ее в контралатеральной. На уровне проксимальных участков кости ПМВ была незначительно повышена по сравнению с дистальными.

Таблица 2.

Плотность минеральных (мг/см²) веществ в правой оперированной и левой контралатеральной большеберцовых костях в конце фиксации

Место измерения	Номер собаки										Среднее значение		
	5210		1365		5113		1333		1345				
	Конечность												
	Правая	Левая	Правая	Левая	Правая	Левая	Правая	Левая	Правая	Левая	Правая	Левая	%
Проксимальный отломок	0,685	0,731	1,016	0,801	0,720	0,570	1,042	0,843	1,005	1,024	0,894	0,793	112,7
Проксимальный регенерат	0,861	0,822	0,980	0,544	0,750	0,595	1,473	0,954	1,460	1,059	1,105	0,794	139,1
Промежуточный фрагмент	0,614	0,716	0,905	0,87	0,608	0,611	0,984	0,843	0,967	0,846	0,815	0,777	104
Дистальный регенерат	0,933	0,778	0,776	0,607	0,765	0,532	0,958	0,768	1,486	0,702	0,983	0,677	145,1
Дистальный отломок	0,748	0,775	0,708	0,79	0,602	0,477	0,96	0,824	1,145	0,763	0,832	0,725	114,7

Таблица 3.

Плотность минеральных веществ (мг/см²) в правой оперированной и левой контралатеральной большеберцовых костях через три месяца после снятия аппарата

Место измерения	Номер собаки										Среднее значение		
	1254		5114		1312		1321		1415				
	Конечность												
	Правая	Левая	Правая	Левая	Правая	Левая	Правая	Левая	Правая	Левая	Правая	Левая	%
Проксимальный отломок	0,608	0,65	1,114	0,985	0,792	0,601	1,127	0,813	0,699	0,788	0,868	0,767	113,1
Проксимальный регенерат	0,582	0,693	1,082	0,935	0,815	0,716	0,969	0,917	0,927	0,925	0,875	0,837	104,5
Промежуточный фрагмент	0,624	0,664	1,085	1,032	0,63	0,591	0,757	0,684	0,731	0,771	0,765	0,748	102,3
Дистальный регенерат	0,591	0,636	1,185	1,032	0,775	0,602	0,798	0,761	0,702	0,82	0,81	0,77	105,1
Дистальный отломок	0,703	0,636	1,21	1,013	0,588	0,598	0,655	0,699	0,64	0,69	0,759	0,727	104,4

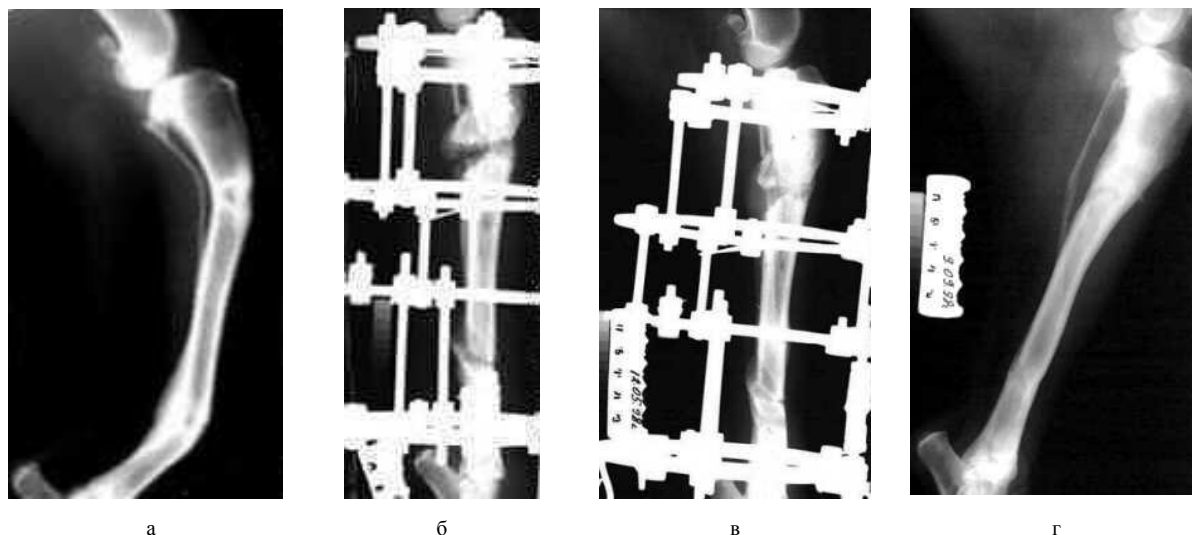


Рис. 1. Рентгенологическая картина на этапах устранения двухуровневой деформации большеберцовой кости: а – экспериментальная модель, б – в конце периода дистракции, в – в конце периода фиксации, г – через 3 месяца после снятия аппарата

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Особенностью дистракционного остеосинтеза при устранении углообразных деформаций

является образование клиновидного диастаза. Разные участки поверхности концов костных

фрагментов раздвигаются при этом с различной скоростью, практически равной нулю на вершине искривления и максимально заданной по вогнутой стороне деформации. В соответствии с этим характерная для дистракционного костного регенерата зона роста имела, как показали наши исследования, клиновидную форму и примыкала к основанию клиновидного диастаза. Наблюдавшаяся в наших опытах картина костеобразования, несмотря на одновременное образование двух костных регенератов, характеризовалась высокой активностью, что обусловлено сочетанием эффективных методик нарушения целостности кости и дозированного устранения деформации. При этом заметной разницы между активностью костеобразования в проксимальном и дистальном регенератах обнаружить не удалось. В отдельных опытах замещение дистального клиновидного диастаза происходило, по рентгенологическим данным, без образования типичной зоны просветления. Такой тип костеобразования обнаруживался в экспериментах других исследователей при устранении врожденных деформаций диафиза [1] и напоминал картину репарации краевых корковых дефектов диафиза [4]. Причиной этих особенностей является, по нашему мнению, диафизарный участок кости, щадящий способ кортикотомии и краткосрочность дистракции.

Устранение деформаций сопровождалось активной, в отдельных опытах протяженной, эндостальной и периостальной реакцией. Последняя была более выражена на вогнутой стороне, чем на выпуклой и в зоне дистального регенерата. Периостальные наслоения включались в дистракционный регенерат и к концу периода фиксации заметно увеличивали поперечник новообразованной кости.

В норме у здоровых собак ПМВ на голени распределялась следующим образом: в проксимальном метафизе она была наибольшей, а к дистальному – постепенно уменьшалась. Именно такое равномерное уменьшение ПМВ от проксимального метафиза к дистальному мы наблюдали в конце дистракции в интактной голени. Разница между проксимальным и дистальным отделами составила $23,6 \pm 1,4\%$.

Уже к концу периода дистракции происходило заметное перераспределение минералов между костями оперированной и интактной голени в пользу оперированной большеберцовой кости, а также между различными участками последней. Низкая ПМВ в зонах вновь образованных регенератов по сравнению с прилежащими участками кости говорит об их слабой минерализации на этом этапе.

В конце фиксации картина существенно менялась. Отчетливо просматривалась интенсивная минерализация обоих регенератов, что связано с активным их созреванием, формированием мощной периостальной реакции. Минерализация проксимальных отделов кости шла более активно.

После снятия аппарата ПМВ в обеих голени становилась практически одинаковой. В оперированной конечности ПМВ распределялась равномерно по всей кости с некоторым увеличением в проксимальном метафизе в полном соответствии с ее органотипической перестройкой.

В целом проведенные исследования показали, что использованные методики одновременного устранения двухуровневых деформаций способствуют быстрому достижению анатомо-функционального восстановления трубчатой кости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бородайкевич Р.Д. Лечение по Илизарову больных с неправильно сросшимися переломами диафиза костей голени : Дис... канд. мед. наук. – Курган, 1994. – 114 с.
2. Зырянов С.Я. Одновременное устранение деформаций всех сегментов нижней конечности // Гений ортопедии. – 1995. – №1. – С. 53-58.
3. Скляр Л.В. Исправление О - образных деформаций нижних конечностей у детей и подростков методом Илизарова: Дис... канд. мед. наук. – Курган, 1994. – 115с.
4. Шрейнер А.А. К проблеме репарации краевых диафизарных дефектов кости // Анналы травматологии и ортопедии. – 1995. – №2. – С. 27-29.

Рукопись поступила 16.11.99.