

**Владимир Иванович ШЕВЦОВ** —  
 член-корреспондент РАМН, профессор,  
 доктор медицинских наук;  
**Юрий Николаевич БАХЛЫКОВ** —  
 доцент, кандидат медицинских наук;  
**Наталья Виловна ПЕТРОВСКАЯ** —  
 в.н.с., кандидат медицинских наук,  
 ГУ Российский научный центр «Восста-  
 новительная травматология и ортопедия»  
 им. академика Г. А. Илизарова, г. Курган

УДК 616.718.5-001.5-089.84

### **РЕГЕНЕРАЦИЯ ДИАФИЗА БОЛЬШЕБЕРЦОВОЙ КОСТИ ПРИ ПОПЕРЕЧНОЙ ТРАКЦИИ ЕГО ОТЩЕПА (экспериментальное исследование)**

**АННОТАЦИЯ.** В опытах на 30 взрослых беспородных собаках изучена рентгено-морфологическая динамика репаративного процесса в зоне утолщения диафиза большеберцовой кости в условиях повреждения содержимого костномозговой полости, внутрикостных сосудов и при разных режимах поперечного перемещения отщепов.

*Radiographic and morphological dynamics of reparative process in the thickened diaphysis of the tibia in the conditions of the damaged medullary cavity and intraosseous vessels during different modes of transporting the longitudinal bone split was studied experimentally in 30 adult mongrels.*

В начале семидесятых годов был предложен способ изменения формы кости, основанный на получении продольного костного отщепов и дозированном перемещении его с помощью аппарата Илизарова в поперечном направлении [1]. Экспериментальное обоснование способа позволило выявить ранее не известные способности кости к регенерации в условиях поперечного растяжения ее фрагментов и компенсаторно-приспособительные возможности сосудов оперированной конечности [2, 3].

Цель данной работы заключается в анализе результатов рентгеноморфологической динамики репаративного процесса в зоне утолщения диафиза большеберцовой кости собаки в условиях повреждения содержимого костномозговой полости, внутрикостных сосудов и при разных режимах поперечного перемещения отщепов.

#### **Материал и методы исследования**

Эксперименты выполнены на 30 взрослых беспородных собаках обоего пола с массой тела  $15,9 \pm 0,36$  кг, длиной голени  $17,1 \pm 0,18$  см. Под внутривенным барбитуровым наркозом на голень животного накладывали аппарат Илизарова, состоящий из двух опор. От краниальной поверхности диафиза большеберцовой кости электрофрезой и долотом трансмедулярно отсекали отщеп протяженностью 40–45% ее длины. Полученный отщеп сохранял связь с передне-наружной группой мышц голени. Толщина отщепов в среднем составляла 40% поперечника диафиза. На расстоянии 1,5 см от его концов через корковый слой в сагиттальной плоскости изнутри кнаружи проводили две спицы с упорными площадками. Спицы закрепляли в дистракционной системе аппарата. Между отщепом и материнской костью создавали диастаз в 1,5 мм (10 собак), 3,0 мм (16 собак) и 6,0 мм (4 собаки).

Перемещение отщепов в поперечном направлении начинали на 4-е сутки с темпом 1,5 мм (12 собак) и 2,0 мм (14 собак) за 4 приема. Период distraction продолжался 14, фиксации — 15 дней. После снятия аппарата животных наблюдали от 1 месяца до 1 года. Эвтаназию животных в намеченные сроки осуществляли внутривенным введением летальной дозы 5% раствора тиопентала натрия.

В работе использованы клинический, рентгенологический, вазографический (посмертная наливка сосудов смесью Гауха), гистологический, статистический методы исследования. Образцы большеберцовой кости после эвтаназии фиксировали в 10% растворе нейтрального формалина, после общепринятой подготовки гистологические срезы окрашивали гематоксилином и эозином и по Ван-Гизону.

### *Результаты*

Исследования показали, что в ответ на оперативное вмешательство в репаративный процесс вовлекалась вся большеберцовая кость. Через 7 дней после операции рентгенологические признаки костеобразования в диастазе между материнской костью и отщепом отсутствовали. Гистологически репаративная реакция в зоне интереса находилась на разных стадиях развития. В диастазе выявлялись участки молодой губчатой кости, разделенные скелетогенной тканью и ограниченными участками гематомы. Через 14 дней наблюдения в диастазе, равном 6 мм, рентгенологически отмечалось образование довольно плотных очаговых теней вдоль всего дефекта диафиза. Гистологически в этой зоне определялась эндостальная реакция с образованием мелкоячеистой губчатой кости. На отдельных участках регенерат заполнял почти весь диастаз, приближаясь к отщепу. Значительную часть диастаза занимала богатая капиллярами соединительная ткань.

Дозированное перемещение отщепов у 26 животных начинали на 4-е сутки после операции. Несмотря на стремление стандартизировать способ получения отщепов диафиза, степень повреждения внутрикостных сосудов и содержимого костномозговой полости варьировала. При повреждении мелких внутрикостных сосудов в опытах с первичным диастазом между материнской костью и отщепом, равным 1,5 и 3,0 мм, особых различий в образовании регенерата не было выявлено. Через неделю distraction (10 дней опыта) с темпом 1,5 мм в день рентгенологически в субкортикальном отделе материнской кости чаще определялись мелко- и среднеочаговые тени. На вазограммах зоны интенсивных теней соответствовали сохраненным сосудам питательной артерии. Вблизи отщепов имели место «бессосудистые» участки. По наружной поверхности его определялась густая сеть расширенных периостальных сосудов. В диастазе формировался костно-соединительнотканый регенерат с преобладанием пролиферирующей скелетогенной ткани, богатой нежными коллагеновыми волокнами, ориентированными в поперечном направлении. Костеобразование было более выражено со стороны материнского ложа. В корковой пластинке отщепов сохранялись единичные остециты, эндостальная реакция была прерывистой. По окончании перемещения отщепов (17 дней опыта) на рентгенограммах в диастазе преобладала гомогенная плотная тень, формирующаяся со стороны материнской кости. Контуры тени были нечеткими и плавно переходили в зону просветления шириной 3,0–7,0 мм. У трети животных при этом со стороны перемещенного отщепов визуализировались нежные гомогенные тени вблизи его концов. В двух опытах тени определялись почти вдоль всей поверхности отщепов. Ширина их колебалась от 2,0 до 4,0 мм. На гистотопограммах регенерат соответствовал вышеописанным вариантам рентгенологического изображения. В субкортикальных отделах диафиза и отщепов наблюдались активные процессы перестройки новообразованной кости. Вершины костных отделов регенерата продолжались в коллагеновые волокна прослойки, в этих зонах сохранялось активное костеобразование. Ширина ее в большинстве случаев колебалась от 2,0 до

6,0 мм. По периферии костных отделов формировалась корковая пластинка толщиной до 0,3 мм. В материнской кости она сохраняла компактное строение, в перемещенном отщепе, преимущественно в поверхностных слоях, остециты погибали, отмечалась остеокластическая резорбция.

По окончании фиксации (14–15 дней) диастаз равномерно заполняла тень регенерата разной оптической плотности. В субкортикальных отделах диафиза и отщепе появлялись зоны просветления. Вершины костных отделов сливались между собой, образовывали зубчатую полосу уплотнения шириной 2,0–3,0 мм, расположенную ближе к отщепу. Корковая пластинка материнской кости сохраняла свою структуру, в перемещенном отщепе отмечались явления остеопороза. На вазограммах магистральные ветви питательной артерии локализовались в зоне дефекта диафиза. Сосуды 3, 4, 5-го порядков имели поперечную направленность и заполняли диастаз, анастомозируя с периостальными сосудами отщепе. Гистологически в диастазе на большем протяжении определялось костное сращение. По периферии утолщенного участка кости формировалась тонкая корковая пластинка.

Через месяц после снятия аппарата (64 дня опыта) утолщенный участок диафиза был представлен губчатой костью различной степени зрелости. Часть костных трабекул в субкортикальных отделах подвергалась резорбции, в межтрабекулярных промежутках располагался жировой костный мозг. По периферии новообразованного участка кости определялась корковая пластинка толщиной 0,3–0,6 мм, в отщепе сохранялся ее умеренный остеопороз.

Через год после снятия аппарата измененная форма диафиза сохранялась. Корковая пластинка отщепе приобретала компактное строение, однако была тоньше корковой пластинки диафиза. Восстанавливалась костномозговая полость диафиза, ближе к отщепу структура кости была среднеячеистой. На вазограммах определялась сеть сосудов питательной артерии большеберцовой кости, адаптированная к новой форме диафиза.

В опытах с повреждением мелких сосудов при формировании отщепе увеличение темпа distraction до 2,0 мм в день приводило к возникновению в соединительнотканной прослойке регенерата вторичных циркуляторных расстройств, образованию очагов грубой фиброзной ткани и к значительному снижению в отдельных участках регенерата активности остеогенеза. По окончании периода фиксации (14–15 дней) в диастазе формировалось частичное костное сращение. Участки фиброзной ткани в регенерате сохранялись и после снятия аппарата. Подобная картина течения distractionного остеогенеза при утолщении большеберцовой кости отмечалась при нарушении ствола питательной артерии или проксимального отдела ее нисходящей ветви и грубом повреждении костного мозга при темпе перемещения отщепе 1,5 мм в день. Зоны диастаза, соответствовавшие поврежденным сосудам, заполнялись фиброзной тканью.

При первичном диастазе между материнской костью и отщепом, равном 6,0 мм, процессы костеобразования при его перемещении с темпом 1,5 мм в день протекали замедленно и быстро затухали. Регенерат формировался в основном со стороны материнской кости и не заполнял весь диастаз. Через 2 недели фиксации сращение с отщепом наступало лишь у его концов. В отщепе прогрессировали процессы остеокластической резорбции, приводившие к значительному уменьшению толщины коркового слоя. Через месяц после снятия аппарата сохранялось частичное сращение между диафизом и перемещенным отщепом.

Полученные результаты позволили выявить некоторые закономерности течения восстановительных процессов в диафизе большеберцовой кости при наличии его отщепе и различной степени повреждения содержимого костномозговой полости и ее сосудов. Компенсаторные возможности сохранившихся источников остеогенеза могут реализовываться только при создании определенных механических

условий — стабильной фиксации отщепов на определенном расстоянии от материнской кости. При изменении поперечника диафиза следует использовать адекватный кровоснабжению кости темп и ритм перемещения отщепов.

#### *Выводы*

1. Путем дозированного перемещения отщепов диафиза большеберцовой кости в поперечном направлении получено стойкое его утолщение.

2. Процесс репаративного костеобразования при утолщении диафиза зависит от степени сохранности внутрикостного кровообращения и остеогенных элементов костномозговой полости.

3. Напряжение растяжения, возникающее в тканях создаваемого диастаза, активизирует и поддерживает процессы костеобразования. Формирующийся при этом регенерат состоит из двух костных отделов, рост которых осуществляется со стороны соединительнотканной прослойки, располагающейся между ними и выполняющей функцию зоны роста регенерата.

4. После снятия аппарата в утолщенном участке диафиза в течение года продолжают процессы органной перестройки.

5. При повреждении магистральных внутрикостных сосудов во время формирования отщепов по окончании утолщения диафиза не происходит равномерного заполнения диастаза костным регенератом. Сращение между отщепом и материнской костью чаще формируется у концов отщепов. Изменение формы диафиза сохраняется.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. с. Г. А. Илизарова 631148 СССР. Способ изменения формы кости.
2. Илизаров Г. А., Бахлыков Ю. Н., Петровская Н. В. // М-лы науч.-практ. конф. Тез. докл. «Экспериментально-теоретические и клинические аспекты разрабатываемого в КНИИЭКОТ метода чрескостного остеосинтеза (КНИИЭКОТ)». Курган, 1983. С. 29–31.
3. Шевцов В. И., Бунов В. С., Гордиевских Н. И. // Вестн. травматол. и ортопед. 2002. № 4. С. 45–48.