

# ПРОБЛЕМЫ ПРИКЛАДНОЙ НАУКИ

УДК: 619:616.718.5/6-001.5-089.22784]-092.9

**Н. А. Кононович, Н. В. Петровская, Л. О. Марченкова, А. Н. Дьячков**  
(ФГУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» имени академика Г.А. Илизарова Росмедтехнологий», г. Курган, Россия)

## ОСОБЕННОСТИ ЗАЖИВЛЕНИЯ ПРОСТЫХ ПЕРЕЛОМОВ ДИАФИЗА КОСТЕЙ ГОЛЕНИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ ПОВРЕЖДЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ КОМПОНЕНТОВ КОСТИ

**Ключевые слова:** переломы костей, репаративная регенерация, костные ткани, интермедиарное и эндостальное костное сращение, фиксация, аппарат Илизарова.

Значимость восстановления целостности длинных костей при их повреждении в оптимально короткие сроки неоспорима, так как наряду с главной опорно-двигательной функцией они принимают активное участие в минеральном обмене, являясь основными депо кальция, фосфора и других веществ. Кроме того, в костях находится центральный гемопоэтический орган – красный костный мозг и его резерв – желтый костный мозг.

Известно, что восстановление анатомической целостности поврежденной кости осуществляется за счет репаративной регенерации ее структур путем образования новой костной ткани в зоне стыка отломков и вокруг них. Последнее происходит за счет клеток камбиального слоя надкостницы, эндоста, клеточных элементов гаверсовых и фолькмановских каналов, стромы костного мозга. Остеобласты, продуцируя межклеточное вещество, дифференцируются в остециты и образуют ретикулофиброзную костную ткань, которая постепенно ремоделируется в пластинчатую кость. Кроме того, адвентициальные клетки рыхлой волокнистой соединительной ткани надкостницы и образующихся сосудов также принимают участие в репарации кости. Эти клетки обладают способностью дивергентно дифференцироваться в различных направлениях (остеогенном, хондрогенном, фибробластическом). Диф-

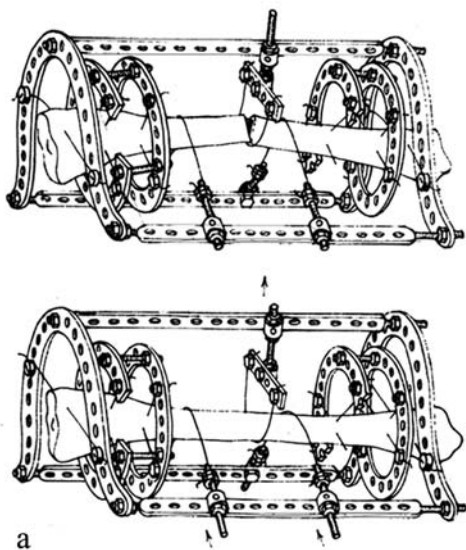
ференцировку адвентициальных клеток в направлении остеобластического гистогенеза во многом определяет микроокружение, внешнетканевые и внеорганные факторы: точность репозиции отломков, стабильность их фиксации, состояние микроциркуляторного русла, оксигенация места перелома и др. (Данилов, А.А., Клишов, Т.Г. Боровая, 2004; Сахно Н.В., 2007).

Целью нашего исследования явилось изучение репаративной регенерации поперечного перелома диафиза большеберцовой кости при различной степени сохранности остеогенных тканей в условиях стабильной фиксации отломков.

### Материалы и методы

Выполнено 3 серии опытов (рис. 1) на 27 взрослых беспородных собаках в возрасте от 1 до 3 лет. Содержание, уход и эвтаназию животных проводили в соответствии с Европейской конвенцией по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей.

В 1 серии (7 собак) целостность костей голени нарушали путем выполнения флекссионной остеоклазии (Илизаров Г.А., Шрейнер А.А., 1979); во 2 (11 собак) - выполняли открытую поперечную остеотомию пиллой Джигли (Илизаров Г.А., Шрейнер А.А., 1986); в 3 серии (9 собак) после поперечной остеотомии удаляли содержимое костномозговой полости обоих отломков на глубину 1 см, тем самым усугубляя травму (Ко-



**Рис. 1.** Моделирование нарушения целостности кости: а) схема флекссионной остеоклазии в 1 серии, б) отграничение мягких тканей леваторами и остеотомия пилой Джигли во 2 и 3 серии; в) удаление содержимого костномозгового канала дистального отломка в 3 серии

нонович Н.А., Дюрягин Е.В., Дьячков А.Н., 2007). Во всех сериях после выполнения остеотомии обеспечивали стабильную фиксацию костных отломков при помощи аппарата Илизарова. Контроль за формированием регенерата осуществляли с помощью рентгенологического и морфологического методов исследования (последние проведены к.б.н. А. М. Чирковой, к.б.н. Т. А. Силантьевой).

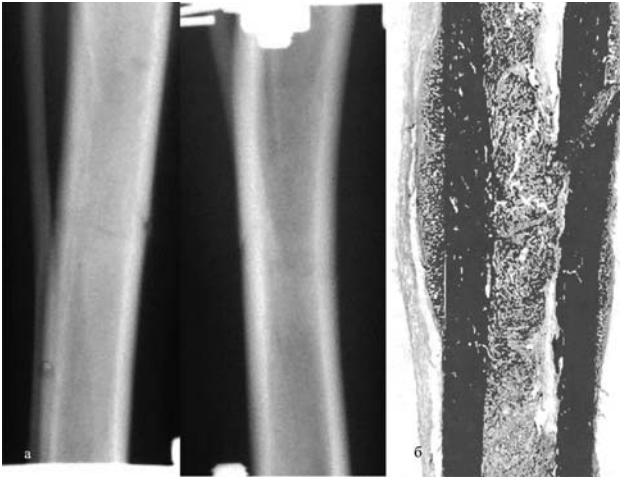
#### Результаты и их обсуждение

Рентгенологические признаки формирования регенерата в 1 серии появлялись через 5 суток фиксации перелома в виде нежных гомогенных теней в проекции костномозговой полости концов отломков. Подобная картина во второй серии определялась через 7 суток после операции. Периостальная реакция отсутствовала. В 3 серии признаки регенерации к этому сроку визуально не определялись.

На гистологических препаратах в 1 серии опытов через 2 суток фиксации в зоне повреждения диафиза отмечалось незначительное количество свернувшейся крови, диапедзные кровоизлияния в костном мозге, очажки некроза и деструкции корковой пластинки концов отломков. Во 2 и 3 сериях опытов вышеописанные явления в зоне стыка отломков были более выражены. Через 5 суток в 1 серии опытов между отломками отмечалось формирование соединительнотканного сращения, занимающее по ширине почти половину поперечников. В интермедиарных пространствах определя-

лось значительное количество очажков скелетогенной ткани. Вдоль корковых пластинок на поверхности пристеночных «старых» костных балочек появлялись молодые остеонидные балочки. Отмечалось значительное утолщение надкостницы и вращение сосудов в область диастаза. В ней начинали формироваться трабекулы ретикулофиброзной костной ткани. Во 2 серии подобная картина наблюдалась к 7 суткам фиксации. В 3 серии к этому сроку в параоссалных тканях выявлялись очаги кровоизлияний. Костномозговую полость обоих отломков в области повреждения внутрикостных образований заполнял некротизированный костный мозг. Также выявляли очаги грануляционной ткани с микрокистозными полостями и очаги остеогенной ткани с одиночными остеонидными трабекулами.

Через две недели фиксации в 1 серии опытов на рентгенограммах интермедиарное пространство заполняли довольно плотные гомогенные тени. На поверхности отломков вблизи зоны их стыка периостальные наслоения были слабо выражены. Линия перелома становилась размытой. На гистотопограммах губчатая костная ткань эндостального регенерата содержала мелкие костные трабекулы, подвергающиеся остеокластической резорбции. Была образована периостальная спайка, обеспечивающая непрерывность поврежденной корковой пластинки. Интермедиарное сращение формировалось за счет компактизирующейся костной ткани пла-



**Рис. 2** Репаративная регенерация большеберцовой кости в 1 серии опытов, фиксация 15 суток: а) фрагменты рентгенограмм, б) гистотопограмма

стинчатого строения (рис. 2).

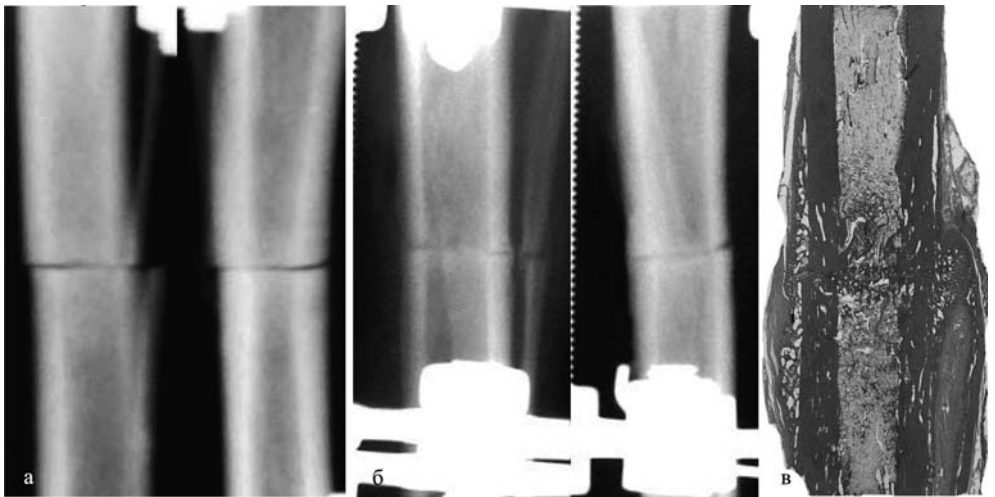
Во 2 серии к этому сроку на рентгенограммах края отломков становились размытыми. Линию остеотомии перекрывали однородные тени высокой рентгенопрозрачности. В проекции костномозговых полостей отломков определялись тени эндостального происхождения. На поверхности отломков появлялись хорошо выраженные периостальные напластования в виде глыбчатых теней.

Через 30-45 суток линия остеотомии слабо определялась и была перекрыта тенями, интенсивность которых приближалась к интенсивности близлежащих участков. Тени эндостального регенерата в проекции формирующейся единой костномозговой полости были незначительно выражены, а в ряде случаев слабо определялись

лишь около концов отломков. Объединяющиеся в зоне остеотомии периостальные разрастания заметно компактизировались, их высота уменьшалась. На гистологических препаратах определяли эндостальное костное сращение перелома. Массивные ретикулофиброзные трабекулы губчатой кости и рыхлая волокнистая соединительная ткань межтрабекулярных пространств заполняли щель между отломками. В интермедиарном пространстве располагалась незрелая

рыхлая волокнистая соединительная ткань. Трабекулы губчатой кости эндостального регенерата отломков резорбировались остеокластами. Раневые поверхности компактной кости корковой пластинки также подвергались интенсивной остеокластической резорбции, ядра остеоцитов не окрашивались. Компактная кость корковой пластинки отломков включала обширные резорбционные полости. Периостально образованная губчатая кость подвергалась компактизации (рис. 3).

У животных 3 серии на рентгенограммах к 15 суткам фиксации начали появляться слабые признаки репаративной регенерации. В проекции костномозговой полости на расстоянии 0,3-0,7 см от линии остеотомии наблюдались тени эндостального происхождения. Периостальная реакция вблизи концов отломков была представлена нежными глыбчатыми тенями.



**Рис. 3** Репаративная регенерация большеберцовой кости во 2 серии опытов: а) фиксация - 15 суток; б) фиксация - 45 суток; в) гистотопограмма, фиксация - 45 суток

Через 30 суток наружные края корковых пластинок концов отломков имели округлую форму. Контуров концов отломков становились неровными, а межотломковая щель заметно увеличивалась. Тени периостальных напластований были более выражены непосредственно на концах отломков в виде отдельных легких мостиков либо плотных образований, не объединенных между собой. О наличии периостальной реакции на фрагментах свидетельствовали нечеткие контуры их наружных поверхностей. Гистологически наблюдали волокнисто-соединительнотканное сращение перелома. Незрелая рыхлая волокнистая соединительная ткань, располагающаяся в щели между отломками, была слабо васкуляризирована и включала кистозные полости. Кортикальная пластинка отломков была резорбирована по линии опилов и замещалась ретикулофиброзными трабекулами губчатой кости, в свою очередь подвергающимися остеокластической резорбции. В костномозговой полости проксимального отломка наблюдали эндостальный костный регенерат, сформированный незрелой губчатой костью, протяженностью до 8 мм. Проксимальнее располагался ретикулярный костный мозг с микрокистозными полостями и участками некротизированной ткани. На эндостальной поверхности корковой пластинки располагались наслоения губчатой кости высотой до 1 мм. В дистальном костном отломке на протяжении 9 мм от линии остеотомии наблюдали рыхлую неоформленную волокнистую соединительную ткань. Дистальнее располагалась незрелая губчатая костная ткань эндостального регенерата. Ретикулярный костный мозг межтрабекулярных пространств был отчетливым, с выраженными расстройствами микроциркуляции.

В корковой пластинке отломков наблюдали обширные резорбционные полости, заполненные рыхлой волокнистой соединительной тканью. В компактной кости корковой пластинки встречались участки, лишенные остеоцитов. На периостальной поверхности отломков располагались наслоения ретикулофиброзной губчатой кости.

К 45 суткам эксперимента на рентгенограммах межотломковую щель перекрывали тени разной интенсивности. Периостальные разрастания, на отдельных участках пересекающие линию остеотомии, находились в стадии компактизации, их толщина уменьшалась. Тени эндостального регенерата в отломках были слабо выражены и определялись около концов отломков на протяжении 0,2-0,5 мм. На гистотопограммах определялось частичное костное сращение перелома, формирующееся за счет разрастания периостально образованной губчатой кости. В средней части костномозговой полости отломков располагался эндостальный костный либо костно-хрящевой регенерат различной протяженности. В плоскости повреждения эндостальный регенерат был представлен хрящевой либо волокнистой соединительной тканью. Проксимальнее и дистальнее эндостального регенерата наблюдали отчетливый ретикулярный костный мозг. В интермедиарной щели между опилами корковой пластинки отломков располагалась незрелая рыхлая волокнистая соединительная ткань. Сохранялись порозные изменения компактной кости корковой пластинки, периостально образованная губчатая кость подвергалась компактизации.

В 3 серии опытов как рентгенологически так и гистологически полное костное сращение перелома формировалось минимум к 60-ым суткам стабильной фиксации (рис. 4).

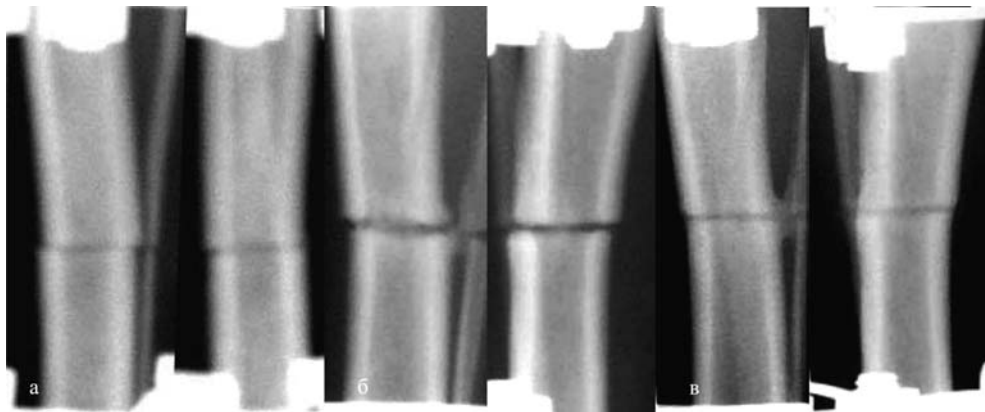


Рис. 4 Репаративная регенерация большеберцовой кости в 3-й серии опытов: а) фиксация - 15 суток; б) фиксация - 30 суток; г) фиксация - 60 суток

### Выводы

Анализ результатов проведенных исследований показал, что в условиях стабильной фиксации переломов костей голени, сопровождающихся минимальным повреждением надкостницы, корковой пластинки с одновременным сохранением целостности содержимого костномозговой полости (костный мозг, главная питательная артерия), признаки репаративной регенерации как рентгенологически, так и гистологически появляются уже на 5 сутки после операции, при этом полноценное сращение наступает к 15 суткам фиксации. При незначительных повреждениях надкостницы, костного мозга и сохранении целостности питательной артерии, но при значительном повреждении корковой пластинки признаки репаративной регенерации отмечаются через 7 суток после операции с формированием к 21 суткам интермедиарного и эндостального костного сращения. При тяжелых травмах, сопровождающихся повреждением остеогенных тканей, питающих кость сосудов и параосальных тканей в условиях стабильной

фиксации признаки репаративной регенерации появляются лишь к 15 суткам опыта, а к 30 суткам наступает частичное костное сращение, характеризующееся наличием на рентгенограммах небольшой периостальной мозоли в области стыка отломков. Адекватное костное сращение, устойчивое к статико-динамическим нагрузкам, формируется в данном случае только к 45 суткам фиксации.

В случаях со значительной травматизацией костного мозга в зоне излома к 15 суткам фиксации появляются скудные признаки регенерации, в дальнейшем происходит резорбция концов отломков и лишь через 1,5 месяца формируется частичное костное сращение. При хорошей репозиции регенерат формируется лишь к 60 суткам фиксации и более.

Проведенные исследования наглядно доказали, что даже в условиях стабильной фиксации аппаратом Илизарова определяющим фактором для формирования костного сращения является сохранность внутрикостного сосудистого русла остеогенных и параосальных тканей.

### Литература

1. Данилов Р.К., Клишов А.А., Боровая Т.Г. Пистология человека в мультимедиа. СПб. : ООО «Элби-СПб», 2004. 361 с. (Учебная литература для студентов медицинских вузов).
2. Илизаров Г.А., Шрейнер А.А. Новый метод флексиионной остеоклазии (экспериментальное исследование) // Ортопед. травматол., 1979. № 1. С. 9-11.
3. Илизаров Г.А., Шрейнер А.А., Имерлишвили И.А. Остеогенные потенции костного мозга диафиза (экспериментальное исследование) // Эксперим.-теорет. и клин. аспекты чрескост. остеосинтеза, разработ. в КНИИЭКОТ: Тез. докл. международ. конф. Курган, 1986. С. 26-28.
4. Илизаров Г.А. Значение комплекса оптимальных механических биологических факторов в регенеративном процессе при чрескостном остеосинтезе // Эксперим.- теорет. и клин. аспекты разработ. в КНИИЭКОТ метода чрескост. остеосинтеза: Материалы Всесоюз. симпозиума с участием иностран. специалистов. Курган, 1984. С. 8-49.
5. Лечение переломов трубчатых костей у животных: Учебное пособие / Под ред. Н. В. Сахно. СПб. : «Лань», 2007. 129 с. (Учебники для вузов. Специальная литература).
6. Способ остеосинтеза костей голени у домашних животных : пат. 2242943 Рос. Федерация. № 2002129071/14 ; заявл. 30.10.2002 ; опубл. 27.12.2004, Бюл. № 36.
7. Способ моделирования замедленного остеогенеза : пат. 2301457 Рос. Федерация. № 2005104529/14 ; заявл. 18.02.2005 ; опубл. 20.06.2007, Бюл. № 17.

УДК: 619:616.98:636.2:615.27

**А.П. Красиков, И.Г. Алексеева, Л.Е. Деев, Р.Ю. Панфилов**

*(Институт ветеринарной медицины Федерального государственного образовательного учреждения Высшего профессионального образования «Омский государственный аграрный университет», г. Омск)*

## ПРИМЕНЕНИЕ БЕТУЛИНА ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ТЕЛЯТ ПРИ АССОЦИАТИВНЫХ ИНФЕКЦИЯХ

**Ключевые слова:** бетулин, антимикробные препараты, левотетрасульфид-ПЭГ, ассоциативные инфекционные болезни, телята.

Респираторные и желудочно-кишечные болезни телят представляют группу разно-

родных патологий, отличающихся чрезвычайным множеством причин, включа-