

© Коллектив авторов, 1995

ЗАВИСИМОСТЬ РЕПАРАТИВНОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ КОСТИ И ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ УДЛИНЯЕМОЙ КОНЕЧНОСТИ ОТ ДРОБНОСТИ ДИСТРАКЦИИ (экспериментальное исследование)

Г.А.Илизаров, С.А.Ерофеев, А.А.Шрейнер, А.М.Чиркова, Г.И.Шевченко

Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. академика Г.А.Илизарова, г. Курган (Генеральный директор - академик РАМТН, д.м.н., профессор В.И.Шевцов)

Приведены результаты экспериментального исследования влияния различной дробности distraction на репаративную регенерацию кости и функциональное состояние удлиняемой конечности. Результаты исследования показали, что автоматическая высокочастотная distraction создает наиболее благоприятные условия для генеза тканей при удлинении конечности.

Ключевые слова: distraction, дробность, регенерация, кость.

Широко используемый в ортопедии и травматологии distractionный остеосинтез по методу Илизарова получил разностороннее клиническое и экспериментальное обоснование. Однако до настоящего времени остаются нерешенными некоторые принципиальные вопросы удлинения конечностей, в частности - дробность distraction (величина разового растяжения).

Учитывая теоретическую и практическую значимость этой проблемы, мы считаем, что достоверные выводы о значении дробности distraction могут быть сделаны лишь на основании специального изучения разных режимов distractionного остеосинтеза на одной модели при прочих равных условиях.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Отсутствие таких работ в литературе послужило основанием для проведения нами эксперимента на 63 взрослых собаках возрастом 1-3 года, у которых через 5 дней после односторонней закрытой флекссионной остеотомии берцовых костей на уровне середины диафиза [1] осуществляли удлинение голени аппаратом Илизарова в течение 4-х недель по 1 мм в сутки с различной дробностью distraction. В I серии (20 собак) суточную величину distraction достигали за 1 прием, во II серии (23 собаки) - за 4 приема при разовой величине удлинения 0,25 мм и в

III серии (20 собак) - за 60 раз при разовой величине прибавки удлинения 0,017 мм с помощью специального предложенного Г.А.Илизаровым [2] аппарата в автоматическом круглосуточном режиме. Период последующей фиксации продолжался до формирования непрерывной кортикальной пластинки регенерата. После снятия аппарата животных наблюдали еще в течение 30 дней. На всех этапах эксперимента осуществляли клинические, рентгенологические и гистологические с окраской срезов гематоксилином-эозином и по ван-Гизону методы исследования.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Клинические исследования показали, что к началу distraction появившийся после оперативного вмешательства умеренный отек голени уменьшался, большинство животных начинали пользоваться оперированной конечностью.

В I серии, в периоде distraction, животные болезненно реагировали на подкрутку гаек distractionных стержней, отек увеличивался в течение первой недели и сохранялся до конца distraction. К этому времени наблюдалось прорезывание кожи у верхних пар спиц. Со второй недели distraction собаки щадили конечность, прижимая ее к животу. К концу удлинения в коленном суставе развивалась сгибательная контрактура с ограничением амплитуды движений до 50-60 градусов при норме 100-110 градусов, в

голеностопном суставе подвижность отсутствовала, стопа занимала эквинусное положение. В периоде последующей фиксации, в течение 30-45 дней, отек спадал и к 90 дням собаки частично нагружали оперированную конечность, при этом в коленном суставе амплитуда движений увеличивалась на 20-30 градусов, а в голеностопном суставе появлялись качательные движения. Резкое ограничение функции суставов удлинённой конечности сохранялось и после снятия аппарата.

Во II серии опытов, с разовой величиной distraction 0,25 мм, отек к концу удлинения исчезал. Начиная с третьей недели distraction животные щадили конечность, в коленном суставе развивалась сгибательная контрактура с ограничением амплитуды движений до 80 градусов, в

голеностопном суставе амплитуда движений составляла 10-20 градусов, стопа занимала эквинусное положение. В периоде фиксации, через 2-3 недели, большинство животных пользовалось оперированной конечностью, к 30-45 дням амплитуда движений в коленном суставе приближалась к норме, в голеностопном суставе увеличивалась на 20-30 градусов. Через месяц после снятия аппарата животные полностью нагружали оперированную конечность, в голеностопном суставе амплитуда движений составляла около 50 градусов.

В III серии, при удлинении голени в автоматическом режиме с разовой величиной перемещения фрагментов по 0,017 мм, болезненной реакции на distraction у животных не наблюдалось, на протяжении почти всего эксперимента они пользовались оперированной конечностью. Ограничения движений в суставах были менее выражены, чем в предыдущих сериях; к концу distraction амплитуда движений в коленном суставе составляла около 90 градусов, в голеностопном - в пределах 30-50 градусов, стопа находилась в положении, близком к нормальному. Через 2 недели фиксации объем движений в суставах приближался к норме, и к концу этого периода (30 дней) животные практически свободно пользовались оперированной конечностью.

Остеогенез в разных сериях характеризовался следующими особенностями: в I серии, по рентгенологическим данным, через 14 дней distraction в диастазе между костными фрагментами в проекции костномозгового канала в большинстве случаев определялись тени костных отделов регенерата с продольной ориентацией структур, разделенные срединной зоной просветления высотой до 10 мм. В части опытов в диастазе обнаруживались лишь отдельные слабые облаковидные тени distractionного регенерата. На гистотопограммах определялись исходящие из костномозговой полости костные отделы регенерата протяженностью от 4 до 9 мм. В соединительнотканной прослойке, «зоне роста» регенерата [3] высотой от 2,5 мм в центре до 12 мм в периферических отделах, среди пучков коллагеновых волокон располагались фибробластоподобные клетки, иногда с фигурами митоза, макрофагоциты, синусоидного типа капилляры. В надкостнице, окружающей регенерат, а также в прослойке отмечались старые и свежие кровоизлияния. На границе с формирующимися трабекулами были видны скопления остеобластов. В отломках отмечалась эндостальная реакция с формированием мелкопетлистой губчатой кости. Через 28 дней distraction, по рентгенологическим данным (рис. 1а), у большинства животных регенерат был на 1-4 мм уже диаметра фрагментов, а в отдельных случаях равен ему. Оставалась высокой и даже увеличивалась до 15 мм зона просветления, которую лишь в единичных наблюдениях пересекали отдельные тонкие тени костных отделов регенерата. При гистологическом исследовании (рис. 1б)

отмечено формирование костных отделов регенерата по всей поверхности линии перелома отломков, однако наибольшая высота их (10-15 мм) была в центральной части, а наименьшая (2,0-2,5 мм) - в интермедиарном пространстве. «Зона роста» высотой 8-13 мм состояла из плотно лежащих коллагеновых волокон, организованных в пучки шириной от 70 до 160 мкм. Среди клеточных элементов преобладали фибробласты, в меньшем количестве - фиброциты и макрофагоциты. Мало дифференцированные клетки располагались по ходу сосудов и в зоне остеогенеза. В щелевидных пространствах между коллагеновыми волокнами наблюдались свободные эритроциты. Эндостальные регенераты в отломках, а также новообразованная кость оснований distractionных регенератов, подвергались резорбции.

К 30 дням фиксации, по рентгенологическим данным (рис. 1в), в одном опыте из семи костные отделы регенерата имели непрерывную кортикальную пластинку с двух-трех сторон. В остальных наблюдениях к этому сроку не наступало полного замещения прослойки костной тканью. Плотность тени регенерата была значительно меньше плотности концов отломков, кортикальная пластинка прерывалась в средних его отделах. На гистологических препаратах в этот срок (рис. 1г) в регенерате определялась тонкая (от 0,5 до 1,5 мм) кортикальная пластинка, состоящая из компактизирующейся губчатой кости, прерывающаяся на уровне бывшей «зоны роста» регенерата, где сохранялись участки грубоволокнистой соединительной ткани размерами до 2,0 x 12 мм. В зоне смыкания костных регенератов были видны мелкие костные трабекулы и расширенные синусоиды. Формирование непрерывной кортикальной пластинки регенерата происходило в данной серии к 90-150 дням фиксации. После снятия аппарата наблюдали 4 животных, при этом в одном из опытов в первую неделю после снятия аппарата произошло сминание регенерата. Общая продолжительность остеосинтеза при удлинении конечности на 28 мм составила в I серии 123-183 дня.

Во II серии через 14 дней distraction на рентгенограммах диастаз между костными фрагментами был, как правило, заполнен тенями регенерата продольно-исчерченной структуры. Он состоял из двух костных отделов, разделенных срединной зоной просветления высотой от 1 до 10 мм. Поперечник регенерата был равен поперечнику концов отломков. На гистотопограммах диастаз был заполнен преимущественно губчатой костной тканью, имеющей эндостальное и периостальное происхождение. «Зона роста» регенерата состояла из пучков тонких коллагеновых волокон, фибробластов и клеток остеобластического ряда, расположенных по обе ее стороны.

Через 28 дней удлинения, по рентгенологическим данным (рис. 2а), хорошо развитые костные отделы регенерата, сохранявшие продольную исчерченность, были разделены невы-

сокой (1-5 мм) срединной зоной просветления, пересекавшейся в проекции костномозгового канала трабекулярными тенями. В большинстве наблюдений в костных отделах регенерата вблизи от концов отломков обнаруживались дополнительные зоны просветления, что свидетельствовало о процессах резорбции. По периферии регенерата были видны тени формирующейся кортикальной пластинки. Гистологическое изучение показало (рис. 2б), что костные отделы регенерата, состоящие из губчатой костной ткани, разделены невысокой (0,7 - 5,0 мм) «зоной роста», пересеченной в отдельных участках костными «мостиками». В основании регенерата

наблюдался процесс резорбции центрально расположенных костных трабекул.

В периоде фиксации (30-60 дней) происходило полное замещение соединительнотканной прослойки костной тканью (рис. 2в, г), увеличивались размеры дополнительных зон просветления, формировалась непрерывная кортикальная пластинка шириной от 0,5 до 2,0 мм, что позволяло снимать аппарат. Таким образом, в этой серии продолжительность фиксации конечности аппаратом составляла 63-93 дня. После снятия аппарата продолжался процесс перестройки, приводящий к формированию в зоне удлинения органотипической кости.

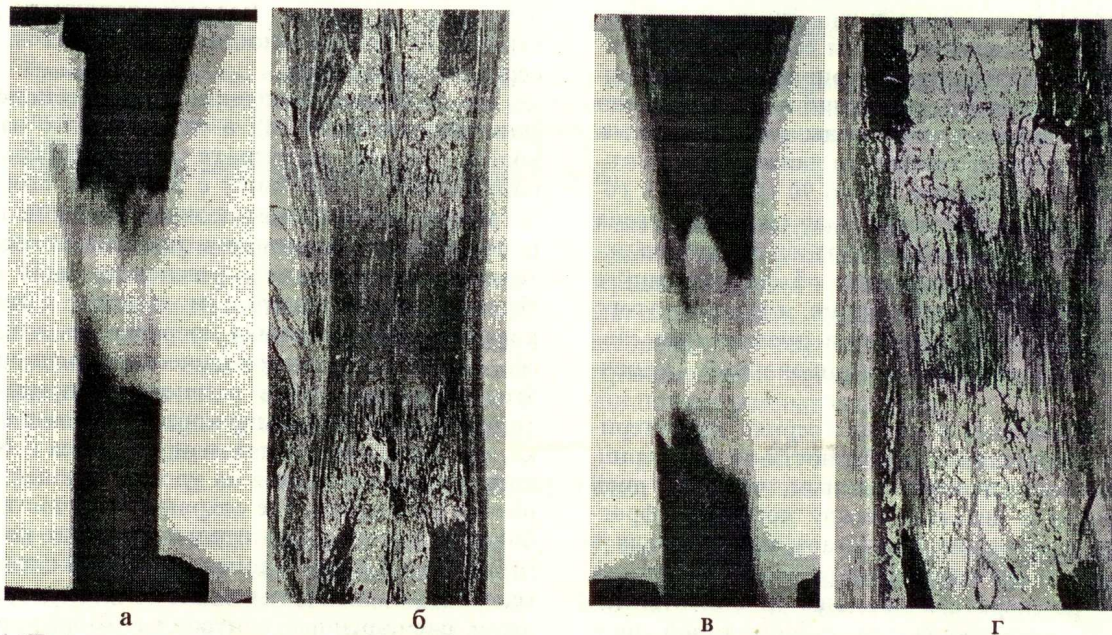


Рис. 1. Течение остеогенеза при дистракционном остеосинтезе в I серии опытов: а, б - дистракция 28 дней; в, г - фиксация 30 дней.

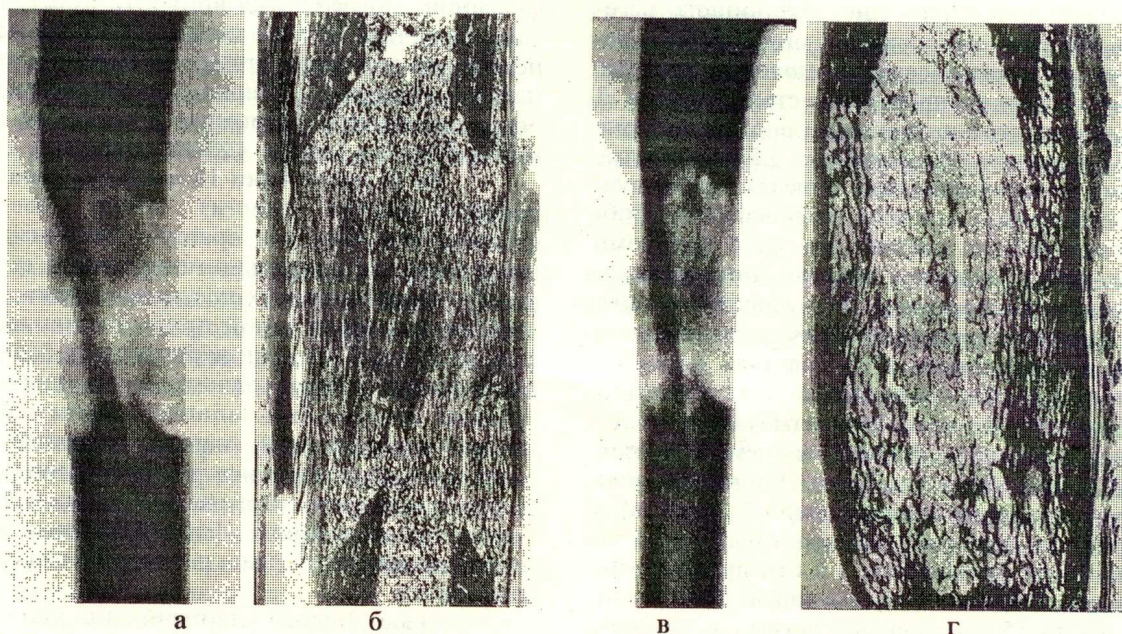


Рис. 2. Течение остеогенеза при дистракционном остеосинтезе во II серии опытов: а, б - дистракция 28 дней; в - фиксация 30 дней, г - фиксация 60 дней.

В III серии через 14 дней дистракции на рентгенограммах в диастазе определялись костные отделы регенерата продольно-исчерченной структуры, разделенные «зоной роста» высотой до 5 мм. Ширина регенерата равна или на 1 мм больше ширины концов отломков. К концу дистракции (рис. 3а) регенерат сохранял продольно-исчерченную структуру в центре, а у основания его тень была гомогенной. Костные отделы разделяла узкая (1-4 мм) срединная зона просветления, которая пересекалась плотно расположенными тенями костных трабекул регенерата. По периферии костных отделов регенерата определялись тени формирующейся кортикальной пластинки. Поперечник регенерата, как правило, превышал поперечник отломков на 1,5-2,0 мм. При гистологическом исследовании через 28 дней дистракции (рис. 3б) отмечено частичное сращение костных отделов регенерата в центральной части на уровне костномозгового канала, а в периферических участках сохранялась «зона роста» в виде узких продольных полос (0,3 x 7 мм; 0,5 x 6 мм) соединительной ткани. В ней среди плотно лежащих пучков коллагеновых волокон располагались фибробласты, фиброциты. В зоне смыкания концов костных отделов регенерата на поверхности трабекул имелся слой активных остеобластов. В участках регенерата, прилежащих к концам отломков, наблюдались перестроечные процессы.

В периоде последующей фиксации уже к 14 дню на месте бывшей «зоны роста» регенерата определялись плотная костная тень и непрерывные нежные тени кортикальной пластинки. К 30-му дню фиксации (рис. 3в) регенерат по плотности почти не отличается от прилежащих костных отломков, четко определялись тени кортикальных пластинок, что и служило основанием для снятия аппарата. На гистотопограммах через 30 дней фиксации весь диастаз был заполнен костной тканью (рис. 3г). В центральной части регенерата сеть костных трабекул была редкой, в межатрабекулярных пространствах содержались кроветворно-жировой костный мозг и расширенные полнокровные синусоиды. В периферических отделах формировалась кортикальная пластинка. В данной серии продолжительность остеосинтеза конечности аппаратом составила 63 дня. Через 30 дней после снятия аппарата кортикальная пластинка регенерата по толщине была равна кортикальной пластинке отломков, определялась единая костномозговая полость.

В этой серии в четырех опытах к 16-21 дню удлинения произошло сращение костных отделов регенерата, причем настолько прочное, что в двух опытах при продолжении дистракции произошел отрыв регенерата у одного из костных фрагментов.

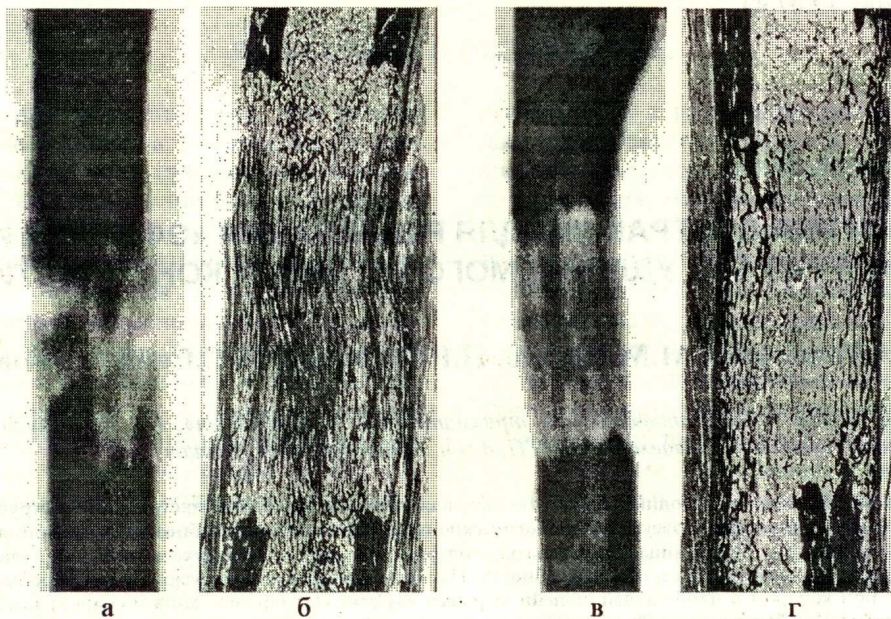


Рис. 3. Течение остеогенеза при дистракционном остеосинтезе в III серии опытов: а, б - дистракция 28 дней; в, г - фиксация 30 дней.

ОБСУЖДЕНИЕ

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования выявили четкую зависимость результатов удлинения конечности от выбранного режима дистракции. Это позволяет считать, что дробность дистракции наряду с другими биологическими факторами существенно влияет на репаративную регенерацию кости и

функциональное состояние удлиняемой конечности.

При одномиллиметровом разовом растяжении (I серия) процесс костеобразования протекает менее активно - к окончанию дистракции значительная часть диастаза заполнена грубоволокнистой соединительной тканью, в результате чего замедляются процесс замещения

его костной тканью и, соответственно, перестройка в органотипическую кость. Основными причинами низкой активности остеогенеза при этом режиме дистракции являются, несомненно, местные нарушения кровоснабжения и, возможно, прямая травматизация новообразованных структур в результате перерастяжения тканей. Для данной серии характерны выраженные нарушения функции конечности, обусловленные патологическими изменениями в мягких тканях.

При дистракции с величиной одностороннего растяжения 0,25 мм (II серия) костеобразование протекает в более благоприятных условиях, о чем свидетельствуют преимущественно костная структура регенерата в периоде дистракции и сроки формирования полноценного участка кости. Нарушения функционального

состояния конечности менее выражены и непродолжительны. Данный ритм дистракции в настоящее время широко применяется в клинической практике.

Результаты, полученные при удлинении голени в III серии опытов, показали, что в условиях автоматической высокочастотной дистракции функциональное состояние удлиняемой конечности практически не страдает. Репаративная регенерация кости протекает очень активно, а новообразование костных структур порой опережает суточный темп разведения отломков. В целом результаты исследований свидетельствуют о том, что при автоматической высокочастотной дистракции создаются наиболее благоприятные условия для генеза тканей при удлинении конечности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Илизаров Г.А., Шрейнер А.А. Закрытая остеотомия трубчатых костей в эксперименте // Теорет. и практ. аспекты чрескостн. компрес. и дистракц. остеосинтеза: Тез. докл. Всесоюзн. науч.-практ. конф. - Курган, 1976. - С. 38-40.
2. А.С. 1423114 СССР, МКИ⁵ А 61 В 17/58 Привод к компрессионно-дистракционному аппарату / Г.А.Илизаров, А.П.Преденн, В.М.Быков (СССР). - № 3601258/13; Заявлено 06.04.83; Опубл. 15.09.88. Бюл. № 34. - С.24.
3. Илизаров Г.А., Хелимский А.М., Берко В.Г. Формирование костного регенерата, образующегося при удлинении бедра в эксперименте // Материалы итог. науч. сессии Минского НИИТО. - Минск, 1975. - С. 82-84.

Рукопись поступила 12.07.93.

©Коллектив авторов, 1995

ЗНАЧЕНИЕ РИТМА ДИСТРАКЦИИ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ «ЭФФЕКТА ИЛИЗАРОВА» В НЕРВАХ УДЛИНЯЕМОГО СЕГМЕНТА КОНЕЧНОСТИ

Г.А.Илизаров, М.М.Щудло, Н.Р.Карымов, М.С.Сайфутдинов

Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. академика Г.А.Илизарова, г.Курган (Генеральный директор - академик РАМТН, д.м.н., профессор В.И.Шевцов)

В опытах на 36 взрослых беспородных собаках исследовали влияние частоты дистракции на структуру нервов удлиняемого сегмента конечности и электрофизиологические параметры вызванной биоэлектрической активности нервно-мышечного аппарата. Полученные результаты совершенно однозначно указывают на зависимость морфофизиологических характеристик нервов от частоты. Наиболее предпочтителен режим высокочастотной автоматической дистракции, при котором в наибольшей степени выражен «эффект Илизарова», минимальна травматизация тканевых структур, происходит быстрое и наиболее полное морфологическое и функциональное восстановление нервных проводников в постдистракционный период.

Ключевые слова: нерв, дистракция, режим, морфология, физиология.

Более 20 лет тому назад [1] установлена закономерность стимуляции процессов регенерации и роста тканей под влиянием возникающего в них в определенных условиях напряжения растяжения. Сущность этого эффекта, зарегистрированного в Государственном реестре СССР в качестве открытия [2] и являющегося основой разработанного его автором всемирно известного метода дистракционного остеосинтеза, изложена в многочисленных научных докла-

дах и публикациях [3, 4], в которых постоянно подчеркивалось значение не только суточного темпа, но и ритма дистракции как обязательного условия его проявления. В то же время практические врачи нередко игнорируют необходимость частотной дистракции [5], а отдельные авторы экспериментально-теоретических исследований [6] утверждают, что ритм ее не имеет значения, главное - выдерживать суточный темп (0,25% от размера удлиняемого сегмента), при