

РЕНТГЕНОДЕНСИТО-ПЛАНИМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОСТИ ПРИ КОМБИНИРОВАНИИ СВОБОДНОЙ КОСТНОЙ ПЛАСТИКИ И БИЛОКАЛЬНОГО КОМПРЕССИОННО-ДИСТРАКЦИОННОГО ОСТЕОСИНТЕЗА.

А.А.ЛАРИОНОВ, А.Ю.ЧЕВАРДИН, О.Б.УСТЮЖАНИНА

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 эксперименте на 58 собаках (3 серии опытов) изучались рентгеноденсито-планиметрическим методом изменения костного вещества при возмещении дефекта верхней половины большеберцовой кости перемещаемым в дефекте трансплантатом, костно-пластмассово-металлическим имплантатом (КПМИ) и образующимся при этом дистракционным регенератом. Результаты исследования показали, что формирование и минерализация нового костного вещества сопровождалась усилением остеопороза пересаженной кости. Выраженность остеопороза определялась количеством новообразованного костного вещества и нарастала с увеличением размеров дистракционного регенерата. С применением крупного костного трансплантата и КПМИ уменьшались проявления остеопороза, что позволяет в большей мере сохранять прочностные свойства пересаженной кости в процессе перестройки.

Ключевые слова: дистракционный остеосинтез, регенерация, костная ткань, дефект, денситометрия.

Эффективным методом возмещения дефекта длинной кости является комбинирование свободной костной пластики и билокального компрессионно-дистракционного остеосинтеза, которое осуществляется путем приращения костного трансплантата к одному из фрагментов, последующего отделения его и дозированного перемещения в дефект до стыковки с противоположным фрагментом [1]. Дефект заполняется перемещенным трансплантатом и образующимся при этом дистракционным регенератом. Пролонгированное костеобразование, связанное с формированием и перестройкой дистракционного регенерата, вызывает значительный остеопороз трансплантата [2] и снижает его прочность. Ограничить ре-

зорбцию перемещенной кости и сохранить ее прочностные свойства можно за счет увеличения длины трансплантата, уменьшения продолжительности дистракции и применения специальных костных имплантатов [3]. С целью обоснования целесообразности таких приемов изучены в эксперименте рентгеноденсито-планиметрические изменения костного вещества при возмещении дефекта с использованием ауто трансплантатов различной длины и костного имплантата.

Исследование проводили на 58 взрослых собаках (3 серии опытов), которым возмещали дефект верхней половины большеберцовой кости.

МЕТОДИКА ОПЫТОВ.

В операционной под внутривенным наркозом (25 мг тиопентала натрия на 1 кг массы животного) на тазовую конечность собаки накладывали аппарат Илизарова из 5 колец. Дефект создавали резекцией верхней половины большеберцовой кости и суставного конца бедренной кости. Протяженность дефекта равнялась 8 см. Из метадиафизарной части резецированного участка большеберцовой кости приготавливали трансплантат, который присоединяли к опилу бедренной кости двумя диафиксирующими спицами (рис. 1). Рану зашивали.

У части животных из резецированного участка большеберцовой кости приготавливали костно-пластмассово-металлический имплантат (КПМИ), состоящий из костной трубки, содержащей металлический элемент, фиксирующийся быстроотвердевающей пластмассой.

В I серии опытов (40 собак) длина метадиафизарного трансплантата равнялась 4 см, и им заполнялась 1/2 созданного дефекта. Во II (12 собак) и III (6 собак) сериях опытов трансплантат и костный имплантат имели длину 6 см и заполняли 3/4 дефекта.

На 15-16-й день опыта трансплантат (костный имплантат) отрывали от костного ложа и через 5-6 дней покоя низводили в дефект кольцом с перекрещивающимися спицами. Перемещение с темпом 0,75 мм в сутки длилось в I серии 64 дня, во II серии — 31 день. Фиксация перемещенного трансплантата с фрагментом большеберцовой кости продолжалась 90 дней, затем аппарат снимали. Животных наблюдали до 385 дней. Эвтаназию производили внутривенным введением тиопентала натрия.

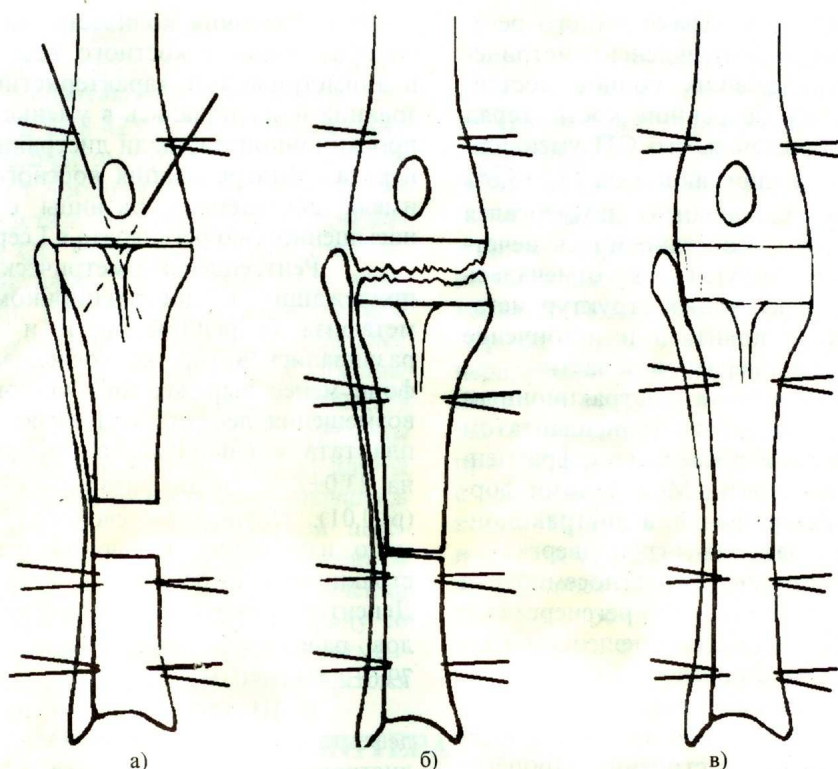


Рис. 1. Принципиальная схема возмещения дефекта верхней половины большеберцовой кости методом комбинирования свободной костной пластики и биллокального компрессионно-дистракционного остеосинтеза: а) после операции; б) в процессе перемещения трансплантата в дефект; в) после заполнения дефекта дистракционным регенератом и трансплантатом.

Изменения костного вещества оценивали рентгенологическим, денситометрическим и планиметрическим методами. Рентгенографию производили аппаратом АРД-2-125КУ с соблюдением стандартного режима съемки и обработки рентгеновской пленки после операции, перед отрывом трансплантата от костного ложа, через каждые 7 дней перемещения трансплантата в дефект и ежемесячно после возмещения дефекта. Объективизация восприятия рентгеновского изображения кости достигалась денситографией рентгеновских снимков, которая позволяла получить графическую запись структуры исследуемого объекта и выразить его оптическую плотность в относительных или абсолютных единицах [4, 5, 6]. Денситографию производили на микрофотометре ИФО-451.

Количественные данные выражали в относительных единицах оптической плотности (ОП). Показатель ОП костного вещества в исследуемом участке рентгенограммы после операции принимали за 100% и определяли величину отклонения ОП от исходного значения. Статистическую обработку цифровых данных проводили методом сравнительной оценки [7].

Костеобразование на протяжении дистракционного регенерата дополнительно оценивали планиметрическим показателем, представляющим собой отношение доли проекционного изображения костной части регенерата к его общей площади, выраженное в процентах. Планиметрию скиаграмм с рентгеновских снимков производили на анализаторе изображения "МОР-VIDEOPLAN".

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Остеорепарация в зоне приращения трансплантата и КПМИ к опилу бедренной кости приводила к увеличению количества костного вещества. Рентгенденситометрически это проявлялось увеличением ОП дистального метафиза бедренной кости на $17,0 \pm 2,4\%$, а в прилежащем конце трансплантата на $34,4 \pm 3,2\%$ ($p \leq 0,01$).

Дозированное низведение трансплантата и КПМИ в дефект после отделения от бедренной кости сопровождалось формированием в диастазе дистракционного регенерата, со-

стоящего из двух костных отделов, разделенных посредине мягкотканым компонентом [8]. Количественные изменения новообразованной кости в I серии опытов выражались постепенным увеличением доли костного вещества в дистракционном регенерате с 37,2% на 14 день дистракции (35-й день эксперимента) до 84,4% к 64-му дню дистракции (85-86-й день эксперимента). Минерализация костного вещества в указанные сроки эксперимента также увеличивалась, о чем свидетельствовало повышение ОП кости с $71,2 \pm 1,7\%$ до $85,3 \pm 1,9\%$ ($p \leq 0,01$).

Формированию дистракционного регенерата сопутствовали рентгенденситометрические изменения прилежащих концов костей. Дистальный метафиз бедренной кости терял интенсивность изображения, его ОП уменьшалась к концу периода дистракции на $15,8 \pm 5,6\%$ ($p \leq 0,05$). Костный трансплантат подвергался перестройке. Контуры его становились нечеткими, края опилов закруглялись, отмечалась дезорганизация трабекулярных структур метафизарной части трансплантата и истончение кортикального слоя в диафизарной части.

Возмещение дефекта дистракционным регенератом и перемещенным трансплантатом завершалось стыковкой последнего с фрагментом большеберцовой кости. Между ними формировалось костное сращение, а дистракционный регенерат и трансплантат подвергались дальнейшей перестройке. Рентгеносемиотика перестройки дистракционного регенерата в губчатую кость проявлялась замещением мягкотканного компонента костной тканью, образованием общего кортикального слоя и костномозговой полости. Костная ткань приобретала однородное ячеистое строение. Процессу окостенения регенерата сопутствовало максимальное увеличение проекционной площади новообразованного костного вещества и повышение минерализации. Содержание минеральных элементов в регенерате приближалось к их концентрации в метафизе бедренной кости, о чем свидетельствовало отсутствие достоверной разницы в ОП к концу периода фиксации. Перестроечные процессы в низведенном трансплантате сопровождались уменьшением поперечного и продольного размеров пересаженной кости, спонгизацией кортикального слоя, формированием костномозговой полости и восстановлением ячеистой структуры кости. Уменьшение размеров пересаженной кости и ее минеральной насыщенности приводило к снижению ОП метафизарной части трансплантата на $42,6 \pm 2,7\%$, а диафизарной на $30,8 \pm 2,1\%$ ($p \leq 0,001$). Во II серии опытов возмещение созданного дефекта перемещенным трансплантатом и дистракционным регенератом сокращалось на 1 месяц за счет большей длины пересаженной кости. Рентгеносемиотика костеобразования между бедренной костью и трансплантатом принципиально не отличалась от формирования дистракционного регенерата в I серии

опытов. Различия количественной оценки новообразованного костного вещества касались планиметрической характеристики костеобразования и заключались в уменьшении в 2 раза проекционной площади дистракционного регенерата. Минерализация костного вещества не имела достоверной разницы с минеральной насыщенностью регенерата в I серии опытов.

Рентгенденситометрические изменения прилежащих к дистракционному регенерату метафиза бедренной кости и трансплантата развивались в той же последовательности на фоне менее выраженного остеопороза. После возмещения дефекта ОП низведенного трансплантата уменьшалась в метафизарной части на $23,0 \pm 2,8\%$, в диафизарной — на $21,8 \pm 2,4\%$ ($p \leq 0,01$). Оптические свойства трансплантата мало изменялись в период перестройки дистракционного регенерата в губчатую кость. Денситометрический показатель ОП этих отделов равнялся соответственно $74,5 \pm 2,1\%$ и $79,6 \pm 2,4\%$ ($p \leq 0,01$).

В III серии опытов при возмещении дефекта с применением КПМИ формирование дистракционного регенерата и трансформация его в губчатую кость не отличались от перестроечных процессов в нем при использовании свободного костного аутоотрансплантата во II серии опытов. Перестройка КПМИ развивалась в той же последовательности, что и перестройка аутоотрансплантата длиной 6 см. Отличительной особенностью являлось резкое замедление резорбтивных процессов в поверхностном слое и отсутствие резорбции в глубоком слое диафизарной части КПМИ.

В безаппаратном периоде наблюдалось ремоделирование костных структур на протяжении возмещенного дефекта: восстанавливалась общая костномозговая полость, утолщался и уплотнялся кортикальный слой. Минерализация костного вещества увеличивалась неравномерно. Денситометрический показатель ОП в зоне костного регенерата достигал дооперационных значений ОП дистального метафиза бедра, а на уровне пересаженной кости в I и II сериях опытов до конца эксперимента оставался ниже исходных цифр. Денситометрический показатель ОП кортикальной пластинки диафизарной части КПМИ достоверно не изменялся.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ.

Изучение рентгеноденсито - планиметрическим методом изменений костного вещества при возмещении дефекта верхней половины большеберцовой кости путем комбинирования свободной костной пластики и билокального компрессионно-дистракционного остеосинтеза показало определенную связь перестроечных процессов в пересаженной кости с образова-

нием дистракционного регенерата и его трансформаций в губчатую кость. Формированию и минерализации новообразованного костного вещества сопутствовали остеопороз и резорбция трансплантата и прилежащих отделов кости, о чем свидетельствовала динамика денситометрического показателя их ОП. Новообразование костного вещества в регенерате со-

проводилось усилением резорбтивных явлений в пересаженной кости, что проявлялось в I серии опытов нарастающим снижением ОП трансплантата на 30,8-42,6% ($p \leq 0,001$). Зависимость рентгеноденситометрических изменений трансплантата от продолжительности костеобразования в диастазе подтверждалась динамикой показателя ОП кости во II серии опытов. Резорбция и частичная деминерализация пересаженной кости замедлялись с уменьшением размеров дистракционного регенерата за счет увеличения длины трансплантата. Снижение ОП последнего при этом не превышало 25,5% ($p \leq 0,01$). Неодинаковая выраженность остеопороза в костных трансплантатах разной длины при их перемещении в дефекте не сказывалась на исходе их анатомо-гистологической перестройки, заканчивавшейся полным замещением старой костной основы новой костью в течение 1 года после операции [9]. КПМИ наряду со способностью прирастать к костным фрагментам менее, чем трансплантаты, подвергался

воздействию перестроечных процессов и лучше сохранял прочностные свойства. Перестройка же метафиза бедренной кости, прилежащего к дистракционному регенерату, во всех сериях сопровождалась снижением денситометрического показателя ОП только на 17,0% ($p \leq 0,05$).

Таким образом, возмещение дефектов длинных костей методом комбинирования костной пластики с дистракционным остеосинтезом сопровождается усилением в них остеопороза, сопутствующего формированию и минерализации нового костного вещества. Выраженность остеопороза в трансплантате определяется продолжительностью костеобразования при дистракционном остеосинтезе и нарастает с увеличением количества новообразованной кости. Применение крупного костного трансплантата и КПМИ уменьшает проявления остеопороза и позволяет в большей мере сохранить прочностные свойства пересаженной кости в процессе перестройки.

ЛИТЕРАТУРА.

1. А.С. 950328 СССР МКЗ А 61 В 17/00. Способ замещения дефекта кости / Г.А.Илизаров, А.П.Барабаш, А.М.Хелимский (СССР). — № 2512756/28-13; Заявлено 01.08.77; Оpubл. 15.08.82, Бюл № 30. — С.22.
2. Ларионов А.А. Некоторые биологические взаимосвязи между костным трансплантатом и дистракционным регенератом в дефекте длинной кости // Ортопедо-травматологическая служба на Дальнем Востоке и пути ее совершенствования: Тез. докл. зональной науч. - практ. конф. — Благовещенск, 1988. — С.110-112.
3. А.с. 1641313 СССР МКЗ А61 В 17/58. Костный имплантат / А.А.Ларионов (СССР). — № 4477112/14; Заявлено 29.08.88; Оpubл. 15.04.91. Бюл. № 14. — С.17.
4. Володина Г.И., Кугельмас М.К. Прижизненное измерение концентрации минеральных солей в костях скелета методом относительной симметричной фотометрии рентгенограмм // Вестн. рентгенол. — 1972. — № 3. — С. 48-52
5. Гиммельфарб А.Л., Муругов В.С. Рентгено-фотометрическая оценка плотности костных структур тазобедренного сустава при коксартрозе // Ортопед. травматол. — 1978. — № 12. — С.73-75.
6. Рентгеноденситометрия костей конечностей: Метод. рекомендации / Сост.: Л.С. Розенштраух, Б.М. Рассохин. — М., 1976. — 22 с.
7. Ойвин И.А. Статистическая обработка результатов экспериментальных исследований // Пат. физиология. — 1960. — №4. — С.76-85.
8. Илизаров Г.А., Барабаш А.П. Экспериментальное обоснование новых способов замещения обширных дефектов длинных трубчатых костей // Лечение переломов и их последствий методом чрескост. остеосинтеза: Материалы Всерос. науч. - практ. конф. — Курган, 1979. — С.247-252.
9. Ларионов А.А. Сравнительная оценка реваскуляризации массивного свободного ауто трансплантата при дистракции и компрессии длинной трубчатой кости // Архив анат. — 1990. — № 11. — С.5-11.

Рукопись поступила 10.10.95.