

***Минеральная плотность в большеберцовой кости
и дистракционных регенератах при удлинении
врожденно укороченной голени***

**А.А. Свешников, Э.А. Гореванов, С.В. Ральникова, Т.А. Ларионова,
Л.А. Смотрова**

***Mineral density in tibia and distraction regenerate bones during
elongation of congenitally shortened leg***

**A.A. Sveshnikov, E.A. Gorevanov, S.V. Ralnikova, T.A. Larionova,
L.A. Smotrova**

Государственное учреждение науки

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

В процессе билочального дистракционного остеосинтеза костей голени при врожденном укорочении измеряли минеральную плотность в проксимальном и дистальном регенератах, в костных фрагментах и среднем перемещаемом фрагменте большеберцовой кости. Минерализация проксимального регенерата происходила интенсивнее, чем дистального. Минеральная плотность быстрее восстанавливалась в проксимальном костном фрагменте.

Ключевые слова: голень, врожденное укорочение, удлинение, чрескостный остеосинтез, минеральная плотность.

Mineral density in the proximal and distal regenerate bones, in bone fragments and in the middle tibial fragment transported was measured during bilocal distraction osteosynthesis of leg bones for congenital shortening. Mineralization of the proximal regenerate bone was more intensive in comparison with that of the distal one. Mineral density recovered more rapidly in the proximal bone fragment.

Keywords: leg, congenital shortening, leg elongation, transosseous osteosynthesis, mineral density.

Результаты исследований последних лет показали, что врожденное укорочение занимает первое место (около 36%) среди причин неравной длины нижних конечностей [1, 2, 3]. Давно отмечено, что врожденное укорочение конечности сопровождается дисплазией сосудистой системы укороченного сегмента. У таких пациентов отмечаются более низкие показатели артериальной осциллографии в сегментах укороченной конечности [4]. Поэтому особую актуальность приобретает применение современных методик удлинения конечностей и контроля за процессом костеобразования.

В нашем Центре разработаны и совершенствуются методики удлинения конечностей, позволяющие сократить сроки лечения. Значительные величины удлинения требуют создания способов ускорения реабилитации пациентов, что может быть достигнуто путем формирова-

ния регенератов на двух уровнях.

В процессе удлинения конечностей исключительно важное значение имеют адекватные методики диагностики репаративного процесса, в частности, измерения минеральной плотности (МП), от которой зависят механические свойства кости. С учетом этого приходится нередко применять комплекс методов. Лаборатория лучевой диагностики РНЦ "ВТО" обладает уникальным оборудованием, на основе которого разработаны методики оценки репаративного костеобразования, закрепленные в авторском свидетельстве [5] и патенте [6].

Задача исследования состояла в изучении состояния костеобразования (по минеральной плотности) в проксимальном и дистальном регенератах при билочальном дистракционном остеосинтезе голени у пациентов с врожденным укорочением.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Под наблюдением находилось 19 больных с врожденным укорочением нижних конечностей. Возраст пациентов – $14,9 \pm 1,5$ года. Анатомическое укорочение пораженного сегмента составляло $5,9 \pm 2,1$ см. Возможность удлинения зависела от анатомического укорочения сегмента и возраста пациента. Величина удлинения голени составила $7,3 \pm 1,1$ см. Срок дистракции – $75,4 \pm 16,5$ дня, фиксации – $100,7 \pm 25,5$ дня.

Минеральную плотность в регенератах измеряли на дихроматическом костном денситометре фирмы «Норлэнд» (США) на уровне их проксимальной, дистальной и средней частей. Плотность "материнской" кости исследовали на расстоянии 1 см выше или ниже от краев проксимального, промежуточного и дистального фрагментов. Ошибка измерения не превышала $\pm 2\%$.

Статистическую обработку материала проводили по критерию Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Увеличение МП происходило интенсивнее во всех участках проксимального регенерата (рис. 1). В срединной зоне просветления показатели плотности в проксимальном регенерате выше, чем в дистальном. В период фиксации эта зона интенсивно минерализовалась (рис. 2). Восстановление плотности до исходного во всех участках проксимального регенерата наступало к моменту завершения периода фиксации, в дистальном – в конце 1-го месяца после снятия аппарата. Через 1,5 года после завершения лечения МП в участке проксимального регенерата, прилежащего к "материнской" кости, превышало исходное значение на величину $59,4 \pm 12,1\%$, в срединной зоне просветления – на $48,2 \pm 11,4\%$, в участке, прилежащем к промежуточному фрагменту, – на $27,9 \pm 8,6\%$ (рис. 3).

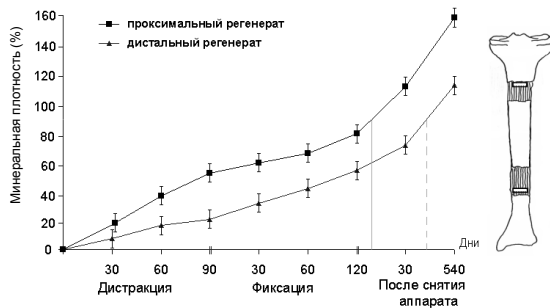


Рис. 1. Минеральная плотность в участках регенератов, прилежащих к "материнской" кости при билокальном удлинении голени

Примечание: здесь, а также на рисунках 2 – 5, сплошная линия указывает на период обследования, когда МП достигало исходного значения (100%) в проксимальном регенерате, пунктирная линия – в дистальном

В дистальном регенерате процентное содержание минералов в участке, прилежащем к промежуточному фрагменту, достигало исходного уровня, в остальных – превышало исходную плотность на 27%. На момент снятия аппарата МП в "зоне роста" проксимального регенерата достигала исходного уровня, а дистальном – 60%.

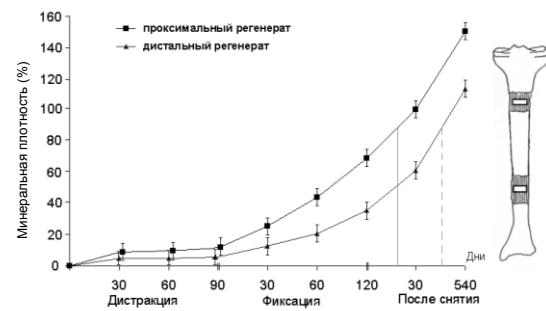


Рис. 2. Изменение минеральной плотности на уровне срединной зоны просветления регенератов большеберцовой кости в процессе билокального удлинения голени

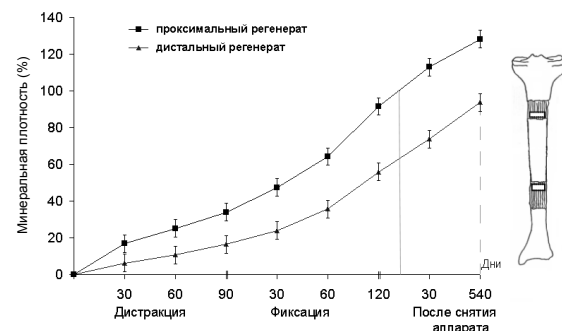


Рис. 3. Минеральная плотность в участках регенератов, прилежащих к промежуточному фрагменту большеберцовой кости при билокальном удлинении голени

Минеральная плотность в ближайших к регенератам фрагментах большеберцовой кости претерпевала изменения на протяжении всего периода обследования (рис. 4). С момента операции наблюдалось снижение плотности во всех исследуемых участках кости, которое более интенсивно проявлялось в проксимальном и дистальном фрагментах, где к 60-му дню плотность снижалась до 44–46%.

В промежуточном фрагменте МП к моменту окончания дистракции – началу фиксации снижалась до 60–64,5% (рис. 5). После максимального снижения плотности начинался процесс накопления минералов, причем более интенсивно он протекал в участках кости, формирующих

проксимальный регенерат, где отличия для проксимального фрагмента "материнской" кости достоверны с 30-го дня фиксации и с 60-го дня фиксации – для проксимального отдела промежуточного фрагмента. Исходного уровня плотность достигала к моменту снятия аппарата в участках кости, близких к проксимальному регенерату. В участках, формирующих дистальный регенерат, этот показатель приближался к норме только к окончанию периода обследования.

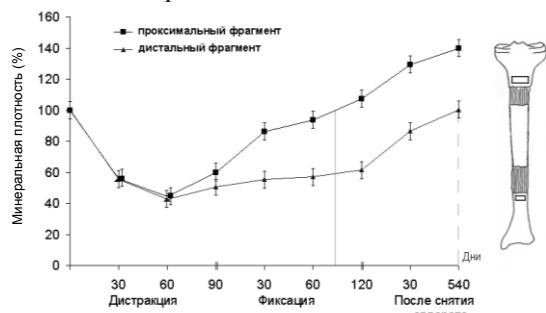


Рис. 4. Минеральная плотность в участках фрагментов большеберцовой кости, прилежащих к регенератам

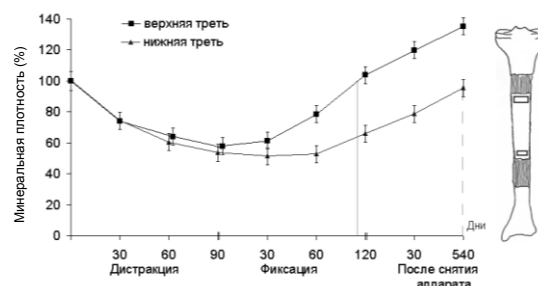
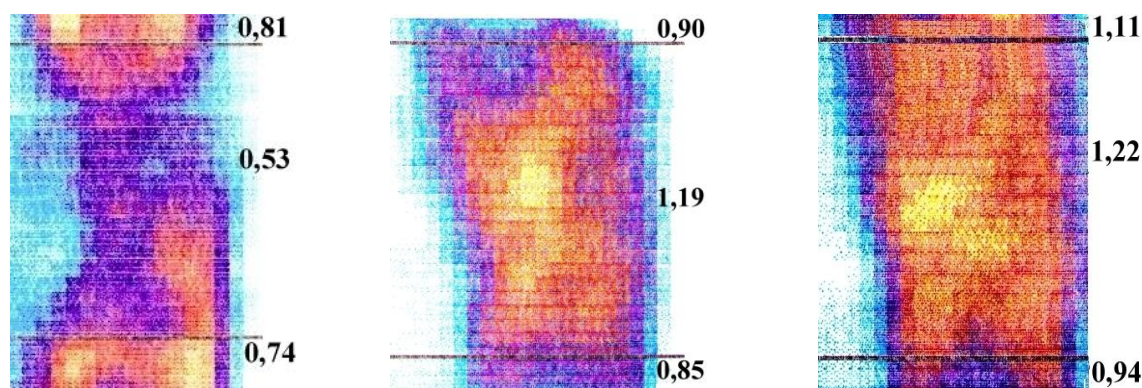


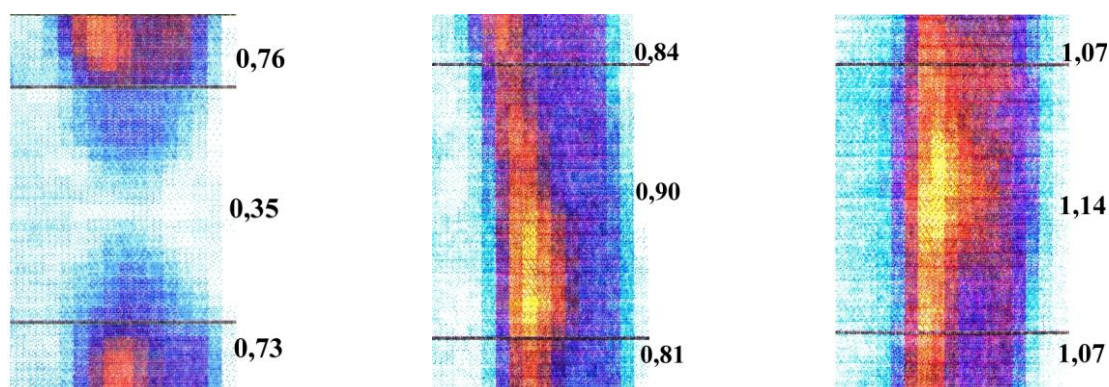
Рис. 5. Деминерализация промежуточного фрагмента большеберцовой кости в процессе удлинения голени методом билокального дистракционного остеосинтеза

Следует отметить, что к 1,5 годам после снятия аппарата в участках кости, прилежащих к проксимальному регенерату, плотность превышала исходные показатели на 35–40%.

На рис. 6 представлены сканограммы, которые отражают общую закономерность процесса минерализации дистракционных регенератов при билокальном удлинении голени.



2 месяца дистракции 4 месяца фиксации 6 месяцев после снятия аппарата
Дистракционный регенерат в верхней трети большеберцовой кости



2 месяца дистракции 4 месяца фиксации 6 месяцев после снятия аппарата
Дистракционный регенерат в нижней трети большеберцовой кости

Рис. 6. Сканограммы, отражающие минеральную плотность в дистракционных регенератах при удлинении голени на двух уровнях

Примечание: цифры справа указывают минеральную плотность (г/см²) на соответствующем уровне.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В наших наблюдениях процесс репаративного костеобразования контролировался с помощью метода фотонной абсорбциометрии, что обеспечивало высокую степень точности измерения минеральной плотности. Установлено, что при билочальном удлинении голени у пациентов с врожденным укорочением во всех отделах проксимального регенерата на протяжении всего периода обследования репаративный процесс протекает активнее, чем в дистальном регенерате, что обусловлено меньшей плотностью трабекулярной кости и поэтому большей интенсивностью кровообращения. В силу того, что в проксимальном костном фрагменте кровообращение лучше, прилежащие к нему участки проксимального регенерата формируются быстрее, чем участки дистального регенерата. Срединная "зона просветления" проксимального регенерата также минерализуется быстрее. Снижение ПМВ в участках перемещаемого фрагмента большеберцовой кости происходило менее активно, чем в костных фрагментах, в силу нарушенного кровообращения. По мере прорастания сосудов накопление минералов приближалось исходным значениям, что отмечено в проксимальном участке в более ранние сроки, чем в дистальном.

Установлено, что между состоянием кровообращения и величиной МП в регенерате существует взаимосвязь [7]. Наиболее ранняя и интенсивная минерализация органической основы происходила в тех местах регенератов, которые прилежат к костным фрагментам. В "зоне роста" во время distraction непрерывно протекает синтез коллагена и длительно сохраняется низкая плотность в обоих регенератах, что поддерживает пластичность в зоне роста и делает возможным растяжение во время distraction. Более быстрое накопление минералов в срединной зоне в проксимальном отделе во время фиксации обусловлено более интенсивным кровообращением как в прилежащих костных фрагментах, так и в регенерате [8].

Однако при ускорении кровообращения время нахождения минеральных веществ в сосудах уменьшается. Поэтому увеличение накопления минералов возможно лишь при условии открытия и образования большого числа новых сосудов и коллатералей между ними. Именно такое строение имеет срединная зона [9]. Повышенное накопление радиофармпрепарата (РФП – ^{99m}Tc -технефора) в местах усиленного остеогенеза обусловлено тем, что он накапливается в слабо минерализованных тканях. Усвоение его находится в прямой зависимости от уровня кальция в тканях. РФП накапливается в костном межклеточном пространстве, окружая

сеть вновь образовавшихся капилляров, и на прилежащих поверхностях остеоида. Определенное значение имеет и большая поверхность кристаллов фосфата кальция. Увеличение поверхности является результатом образования незрелого апатита, то есть с не до конца сформированной кристаллической решеткой. По мере завершения костеобразования включение минералов уменьшается [10]. Вот почему использованные нами методы исследования позволили контролировать активность репаративного процесса и, следовательно, важны с клинической точки зрения.

Состояние кровообращения влияет и на образование электрического потенциала кости, необходимого для отложения солей. Он создается следующим образом. Белки стенки капилляров и протекающей крови обладают свойством полупроводимости. В капиллярах растущего конца кости заряд отрицательный. В месте перехода артерий в вены - положительный. Венулы каналов остеона также заряжены положительно [11]. В процессе микроциркуляции формируется электрохимический потенциал электронной проводимости. Ускоренный кровоток при росте кости повышает потенциал до значений, при которых возможна преципитация солей. Поэтому в зоне венозной части капилляра образуется очаг кальцификации. Роль инициальных факторов играют также пептиды костного коллагена, богатые отрицательно заряженными аминокислотами и органический фосфор, которые отсутствуют в коллагене мягких тканей. В месте соединения гидроксипатита и коллагена также образуется электрический потенциал. Кристаллы начинают функционировать как пьезоэлектрические датчики, усиливающие отложение солей. Электрические потенциалы оказывают влияние на движение ионов и заряженных молекул [12].

Проводя удлинение конечности, мы ясно понимали, что растяжение тканей является своеобразным длительно действующим стрессором, гормональный эффект от которого наиболее обстоятельно впервые изучен в нашей лаборатории радионуклидной диагностики [13].

Ведущее место в реакции эндокринных желез на действие различных сильных раздражителей отводится гипофизу. Незамедлительный ответ приводил к увеличению концентрации АКТГ, стимулирующего продукцию гормонов надпочечников. Вследствие этого существенно увеличивалась концентрация альдостерона и кортизола [14]. Реакция наиболее ярко выражена в ближайшие часы после операции (остеотомии). К концу 1-х суток наблюдалось снижение

содержания гормонов, а на 7-е наступала нормализация. Дистракция вновь предъявляла повышенные требования к надпочечникам и только на фиксации отмечена нормализация.

При дистракции длительное время повышено содержание и гормона передней доли гипофиза - соматотропина, стимулирующего анаболические процессы. Во время удлинения укороченной конечности наибольшая продукция приходилась на конец дистракции - начало фиксации.

Соматотропин стимулирует синтез инсулиноподобного фактора роста, усиливающего биосинтез матрикса, обмен веществ в кости и мышцах, их массу, оказывает влияние на минеральный обмен, активнее происходит процесс минерализации регенерата [15]. У концов костных фрагментов уменьшалась остеопения.

Под влиянием одновременного действия этого гормона и паратирин активизируется пролиферация костномозговых элементов, в том числе

и остеогенных, превращение клеток-предшественников в остеобласты, усиливается биосинтетическая активность для образования кости [16].

Таким образом, результаты исследования минеральной плотности в различных участках большеберцовой кости позволяли утверждать, что при билокальном дистракционном остеосинтезе врожденно укороченной голени процессы деминерализации и накопления минералов протекают в проксимальном отделе кости активнее, чем в дистальном, что вероятнее всего связано с особенностью кровообращения при данной патологии.

Результаты проведенных исследований показали, что хотя при удлинении голени на двух уровнях вначале имеется тенденция к ослаблению скорости костеобразования. Жесткая фиксация фрагментов стабилизировала репаративные процессы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попова Л.А. Характеристика обращаемости ортопедических больных за специализированной помощью // Материалы VI съезда травматологов-ортопедов СНГ. - Ярославль, 1993. - С. 27.
2. Badelon O., Bensahel H. Une «nouvelle» methode d'allongement osseux chez l'enfant: la methode d'Illizarov // Ann. pediatr. (Paris). - 1987. - Vol. 34, N10. - P. 826-828.
3. Marciniak W. Nierownosc konczyn dolnych - etiopatogeneza i nastepstwa // Chir. Narz. Ruchu Ortop. Pol. - 1994. - Vol. 59, Supl 1. - S.1-9.
4. Федотова Р.Г. Рост костей голени и бедра после удлинения по поводу врожденного укорочения нижней конечности у детей и подростков // Ортопед., травматол. - 1974. - № 10. - С. 55-58.
5. А.с. 1627132, СССР. МКИ⁵ А61 В6/00. Способ определения репаративного костеобразования при чрескостном остеосинтезе / Попков А.В. (СССР), Березовская Т.П. (СССР), Свешников А.А. (СССР); ВКНЦ "ВТО" (СССР). - № 4433207/14; Заявл. 27.05.88; Оpubл. 15.10.90; Бюл. 6.
6. Пат. 2136208, РФ. МПК⁶ А61 В5/05, 6/00. Способ диагностики контрактуры локтевого сустава / Солдатов Ю.П. (РФ), Свешников А.А. (РФ), Палкина Т.А. (РФ); РНЦ "ВТО" им. акад. Г.А. Илизарова (РФ). - № 96123682/14; Заявл. 16.12.96; Оpubл. 10.09.99. Бюл. 25.
7. Свешников А.А. Современная диагностическая техника в ортопедо-травматологической клинике // Гений ортопедии. - 1997. - № 3. - С. 54-60.
8. Свешников А.А. Материалы к разработке комплексной схемы коррективки функционального состояния внутренних органов при чрескостном остеосинтезе // Гений ортопедии. - 1999. - № 1. - С. 48-53.
9. Свешников А.А., Попков А.В., Смотров Л.А. Рентгеноденситометрические и радиоизотопные исследования репаративного костеобразования при дистракционном остеосинтезе // Ортопед. травматол. - 1987. - № 5. - С. 47-50.
10. Physical activity and bone density /H. J. Montoye, J.F. McCabe, H.L. Metzner, S.H. Garn // Human Biology. - 1976. - Vol. 48. - P. 599-610.
11. Свешников А.А., Офицерова Н.В., Ральникова С.В. Концентрация гормонов, регулирующих процесс костеобразования, и циклических нуклеотидов при переломах длинных костей // Ортопед. травматол. - 1987. - № 9. - С. 30-35.
12. Федоров Н.А. Биологическое и клиническое значение циклических нуклеотидов. - М.: Медицина, 1979. - 280 с.
13. Кожемякин Л.А., Коростовцев Д.С., Королева Т.Р. Циклические нуклеотиды в клинической и экспериментальной медицине // Циклические нуклеотиды. - М.: Наука, 1979. - С. 92-135.
14. Свешников А.А., Офицерова Н.В., Ральникова С.В. Роль циклических нуклеотидов в репаративном костеобразовании // Вопр. мед. химии. - 1989. - № 4. - С. 9-11.
15. Березовская Т.П., Свешников А.А. Радионуклидные исследования функционального состояния костного мозга // Мед. радиол. - 1985. - №2. - С. 53-54.
16. Илизаров Г.А., Палиенко Л.А., Шрейнер А.А. Костномозговое кроветворение при остеосинтезе в условиях дистракции // Экспериментально-теоретические и клинические аспекты разрабатываемого в КНИИЭКОТ метода чрескостного остеосинтеза. - Курган, 1983. - С. 38-39.

Рукопись поступила 04.04.2000.