

Клинико-рентгено-радионуклидная характеристика репаративного процесса при замещении дефектов длинных костей

Д.Ю. Борзунов, В.К. Камерин, А.А. Свешников, В.Ю. Морозов

The clinical-and-roentgenoradionuclide characteristic of reparative process in filling the defects of long bones

D.Y. Borzounov, V.K. Kamerin, A.A. Sveshnikov, V.Y. Morozov

Федеральное государственное учреждение

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

Работа посвящена изучению репаративных процессов в кости при замещении дефектов длинных костей у 77 больных (32 – голени, 31 – бедро, 14 – предплечий) методом компрессионно-дистракционного остеосинтеза по Илизарову. Используются клинический, рентгенологический и радионуклидный методы исследования формирования дистракционного регенерата в динамике (кровообращение в конечности, минерализация формирующегося регенерата). Приводятся данные по срокам замещения дефектов и особенностям минерализации дистракционного регенерата различных сегментов конечностей.

Ключевые слова: регенерат, дефект-псевдоартроз, дефект-диастаз, дистракция, фиксация.

The work is devoted to studying the reparative processes in bone for filling of long bone defects in 77 patients (32 – leg defects, 31 – femoral ones, 14 – forearm defects) by the method of compression-and-distraction osteosynthesis according to Ilizarov. Clinical, roentgenologic and radionuclide methods of studying the formation of distraction regenerate bone dynamically were used (limb circulation, mineralization of the regenerate bone being formed). The data of defect filling periods are given, as well as the mineralization peculiarities of regenerate bone in different limb segments.

Keywords: regenerate bone, defect-pseudoarthrosis, defect-diastasis, distraction, fixation.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время как у нас в стране, так и за рубежом при лечении больных с заболеваниями и повреждениями опорно-двигательной системы применяется метод чрескостного остеосинтеза по Г.А. Илизарову, в основе которого лежит общебиологическая концепция стимулирующего влияния фактора напряжения растяжения на регенерацию тканей [18]. Проведены многочисленные фундаментальные и прикладные исследования, подтвердившие явление активизации роста и регенерации ткани в условиях дистракционного остеосинтеза [1-4, 10-12, 17]. Однако, несмотря на достигнутые успехи в изучении остеогенеза при дистракции, ряд вопросов остается малоизученным. К ним относится состояние обменных процессов в костной ткани и кровообращения в конечности на этапах формирования новой кости. Всестороннее их изучение позволяет оценить исходные возможности тканей и правильно выбрать методы лечения, темп и ритм дистракции, управлять формированием регенерата, точно определять время завершения костеобразования [1, 2, 5-9, 13-18, 19]. Существенное значе-

ние в изучении патогенеза происходящих изменений при этом принадлежит меченым остеотропным соединениям избирательно накапливающимся в костной ткани, а также меченым соединениям, циркулирующим только в сосудистом русле [11].

С помощью радиофармпрепаратов (РФП) удается уже на ранних этапах повреждений опорно-двигательного аппарата выявить нарушения минерального обмена. Эти данные особенно важны, так как структурные изменения в это время остаются еще на микроскопическом уровне и не определяются рентгенологически [4, 11, 12].

Анализ данных литературы показывает, что с помощью РФП удается выявить ранние изменения в опорно-двигательной системе, предшествующие рентгенологическим данным. Меченые соединения дают возможность в динамике изучать изменения в костной ткани, что является главной патофизиологической основой их использования. На основе высокочувствительных радионуклидных методов доказана возможность проводить наблюдения за динамикой

репаративного процесса в конечности при переломах, замещении дефектов костной ткани. Малоинвазивные радионуклидные методы позволяют судить о функциональном состоянии

конечности при чрескостном остеосинтезе, вносить необходимые коррективы по ходу лечения больных [10, 11, 12].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Настоящее исследование базируется на анализе клинических наблюдений за 77 больными, средний возраст которых составил 34 года, с дефектами диафизарного отдела (32 – голень, 31 – бедро, 14 – предплечье), пролеченных методом монолокального компрессионно-дистракционного остеосинтеза по Илизарову. Дефекты костей группировали на дефект-псевдоартрозы с щелевидным межфрагментарным диастазом 0,5-1,0 см и дефект-диастазы с межотломковым диастазом более 1,0 см [8].

У 31 пациента остеосинтез выполнен по поводу дефект-псевдоартроза и у 46 – по поводу дефект-диастаза. Величина костного дефекта бедренной кости составила $7,14 \pm 0,31$ см, костей голени – $3,5 \pm 0,28$ см и костей предплечья – $3,14 \pm 0,44$ см. Сопутствующее укорочение конечности от 2 см до 11 см было у 51 пациента. У всех больных отмечены рубцовые изменения в мягких тканях. При поступлении в стационар 49 (65 %) пациентов были инвалидами II (35 чел.) и III группы (14 чел.).

Продолжительность компрессии определялась рентгено-морфологической характеристикой концов отломков (остеопороз, склероз) и площадью контакта на стыке фрагментов. Средняя продолжительность ее составила: при нормальной структуре кости – $11,4 \pm 0,9$ дня, при остеопорозе концов отломков – $10,4 \pm 0,8$ дня, при склерозе – $18,2 \pm 1,7$ дня.

Продолжительность последующей дистракции (0,75-1,0 мм в сутки) определялась величиной дефекта и темпом дистракции.

Для исследования костной ткани использовали пирофосфат (препарат ТСК-7), кровообращения – ДТПА (диэтилентриаминпентауксусная кислота – препарат ТСК-6) и альбумин человеческой сыворотки (препарат ТСК-2), фирма "CJS", Франция.

Для метки указанных соединений использовали элюат, получаемый из генераторов ^{99m}Tc активности 3,7 ГБк. Элюат добавляли к соответствующему препарату, находящемуся в вакуумных стерильных флаконах и перемешивали. После этого флакон находился при комнатной температуре 10-15 минут. Полученное меченое соединение содержало свободного технеция не более 5 %.

Меченый пирофосфат вводили из расчета 0,54 МБк на кг массы тела. Сканирование и радиометрию проводили через 3 часа после инъекции, так как к этому времени накопление активности в костях становится максимальным.

При определении капиллярного кровообращения с меченой ДТПА и альбумином человеческой сыворотки обследование начинали через 20 минут после введения. Эти РФП готовятся аналогично с пирофосфатом, но вводится в два раза меньшая величина. Особенность этих соединений заключается в том, что они циркулируют только в сосудистом русле и не проникают в межклеточное пространство.

Сканирование и радиометрию конечностей проводили на сканере фирмы "Radiax" (Италия). Существенное преимущество этого сканера состоит в том, что он имеет вмонтированную в прибор радиометрическую установку, позволяющую сразу же после сканирования, не изменяя положения конечности, произвести радиометрию по стандартным точкам (смежные суставы, метафизы, концы костных фрагментов), а также в нескольких точках регенерата. Для получения статистически достоверных величин подсчитывали 2000-5000 импульсов на оперированной и за это же время – на здоровой конечностях. Оценка результатов производилась на основании сравнения числа импульсов в симметричных точках оперированной и здоровой конечностей. Число импульсов в здоровой конечности принималось за 100 %. Благодаря этому удавалось количественно охарактеризовать изучаемые параметры в оперированном сегменте. Для точной локализации изменений, происходящих в костной ткани и регенерате, на сканограмму наносили скиаграмму. Исследования проводили до оперативного вмешательства; на 3-й и 7-й дни после операции; на 3-й, 7-й, 14-й, 21-й, 28-й, 45-й дни последующей дистракции; на 7-й день фиксации и далее один раз в месяц в течение фиксации и после снятия аппарата.

Однократная лучевая нагрузка на кости составляла 0,00032-0,00048 мЗв. Суммарная величина за время лечения – 0,01-0,04 мЗв. На критические органы (печень, почки, щитовидная железа) она составляла в 2-3 раза меньшую величину. О достоверности результатов исследований судили по t-критерию Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

До лечения при дефект-псевдоартрозе на рентгенограммах определялись утолщенные концы отломков, имеющие разной высоты замыкательные пластинки. При сцинтиграфии у этой группы больных выявлялось наличие гиперфиксации РФП с активностью в пределах $240 \pm 9,60$ % ($P < 0,05$) по сравнению с симметричным участком интактной конечности. По данным с меченым альбумином, кровенаполнение поврежденной конечности было неравномерным, наибольшая величина циркулирующей активности наблюдалась в проекции щелевидного костного дефекта и составляла $289 \pm 9,7$ % ($P < 0,05$) от нормы. Содержание минеральных веществ (МВ) у концов отломков, по данным двухфотонной абсорбциометрии, составляло $0,75 \pm 0,08$ г/см² (в симметричном участке интактной конечности – $1,41 \pm 0,03$ г/см²), то есть 53,6 %.

Дефект-диастаз характеризовался выраженными замыкательными пластинками высотой 1-1,5 см. Максимальная величина накопления активности РФП в зоне диастаза составляла $146 \pm 7,9$ %, кровенаполнение конечности – $154 \pm 8,1$ % ($P < 0,05$). Количество МВ у концов отломков составляло $0,39 \pm 0,08$ г/см² (в симметричном участке интактной конечности $1,12 \pm 0,07$ г/см²).

В процессе возмещения дефекта рентгенологическая картина формирующегося регенерата была одинаковой как при дефект-псевдоартрозах, так и при дефект-диастазах. Через 2 недели distraction рентгенологически регенерат практически не определялся, тогда как накопление РФП значительно возрастало в зоне диастаза и прилежащих участках кости. В 4,1-4,3 раза ускорялось кровообращение в конечности, особенно в зоне диастаза. На 3-4-й неделе distraction на рентгенограммах отчетливо были видны тени регенерата у концов отломков, структура которых становилась порозной, терялась четкость их контуров. Дальнейшая distraction характеризовалась объемным увеличением регенерата, определялась его тягистость с продольной ориентацией, выявлялась срединная "зона роста". Сохранялась высокая величина накопления РФП в регенерате с наибольшей активностью в "зоне роста", а также ускоренное кровообращение. Количество минеральных веществ в "зоне роста" на бедренной кости составляло 8 %, в берцовой кости и костях предплечья – 3-4 % по сравнению с интактной конечностью.

К концу distraction (2-4 месяца) при рентгенографии выявлялись более плотные, продольно ориентированные тяжи регенерата. У концов отломков структура регенерата – плотная, гомогенная, формировались корковые пла-

стинки регенерата, прерывающиеся в срединной зоне. Отчетливо снижалось накопление РФП, а кровенаполнение на уровне регенерата оставалось на прежнем уровне. Величина активности РФП в регенерате составляла в бедренной кости $81 \pm 4,8$ %, в берцовых костях – $76 \pm 3,7$ %, в лучевой кости – $33,6 \pm 1,8$ %, а в "зоне роста" – $6,5 \pm 1,3$ % во всех сегментах.

Период последующей фиксации рентгенологически характеризовался нарастающей плотностью регенерата, формированием непрерывной корковой пластинки его, а радионуклидные исследования указывали на уменьшение РФП в нем, снижение кровенаполнения и интенсивное увеличение МВ, особенно в "зоне роста".

К 3-5-му месяцу фиксации рентгенологически плотность сформированного регенерата была близкой к прилежащим участкам кости, структура регенерата становилась гомогенной, приближаясь по строению к губчатой кости. Срединная зона полностью замещалась костной тканью. Наблюдалось снижение активности РФП во всем регенерате и нарастание минерализации его с уменьшением кровенаполнения конечности. Количество МВ в бывшей "зоне роста" составляло 37 % в лучевой кости, 83-89 % – в бедренной и берцовых костях. Полная нормализация содержания МВ в регенерате наступала через 2-4 года, когда определялось формирование костномозговой полости, и толщина коркового слоя регенерата была обычной.

При дефектах костей голени с диастазом у концов отломков без остеомиелита накопление пирофосфата составило $370 \pm 13,1$ % ($P < 0,01$). В периоде компрессии на стыке фрагментов увеличивалось количество остеотропного препарата при обоих видах дефектов и усиливалось кровообращение в конечности, более заметно в проекции стыка костных фрагментов. В периоде distraction в регенерате непрерывно возрастала активность пирофосфата и ^{99m}Tc-ДТПА. В периоде последующей фиксации происходило снижение активности в регенерате и ослабление кровообращения. К моменту снятия аппарата величина активности в регенерате не превышала $480 \pm 36,4$ % ($P < 0,05$). В течение последующих 1,5 лет после снятия аппарата в сформированном костном регенерате сохранялось повышенное количество активности остеотропного препарата.

При дефект-псевдоартрозах бедренной кости обменные процессы протекали более активно, о чем свидетельствовало увеличение поглощения РФП в участке наиболее активного образования новой кости. С увеличением срока фиксации увеличивалась минерализация, уменьшалась величина поглощаемого РФП, которая перед снятием аппарата составляла $435 \pm 35,1$ %.

При дефект-псевдоартрозах костей предплечья содержание МВ до операции (по данным двухфотонной абсорбциометрии) у концов отломков составляло $0,46 \pm 0,21$ г/см², а в контралатеральной конечности – $0,79 \pm 0,02$ г/см² ($p < 0,01$).

К 28-30-м суткам дистракции накопление МВ в регенерате составляло $0,31 \pm 0,11$ г/см², в контралатеральной – $0,671 \pm 0,1$ г/см², к 40-50-м суткам – $0,21 \pm 0,08$ и $0,62 \pm 0,12$ г/см² соответственно. В периоде последующей фиксации накопление МВ в регенерате возрастало и составляло $0,26 \pm 0,07$ г/см² или $33,6 \pm 4,6$ % по отношению к контралатеральной конечности. Перед снятием аппарата МВ в регенерате (в осси-фицированных отделах) составляло 70-80 %, а в срединной зоне не менее 37 % от величины в контралатеральной

конечности.

Такие показатели содержания МВ в регенерате указывали на своевременность снятия аппарата и возможность регенерата выдерживать физиологическую нагрузку. Полная нормализация содержания МВ в регенерате наступала к 1,5 годам после снятия аппарата.

Изучение минерализации вновь формирующейся кости при замещении дефектов позволяет объективно и эффективно с первых дней после операции контролировать процесс регенерации, степень зрелости дистракционного регенерата, вносить необходимые коррективы в лечебный процесс и прогнозировать его результаты. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости комплексной оценки костеобразования с привлечением в необходимом объеме обследования различных методик денситометрии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борзунов, Д. Ю. К проблеме замещения обширных дефектов длинных костей в ветеринарии / Д. Ю. Борзунов, Н. В. Петровская, А. М. Чиркова // Актуальные проблемы биологии и ветеринарной медицины мелких домашних животных : материалы IV междунар. науч.-практ. конф. – Троицк, 2001. – С. 64-65.
2. Борзунов, Д. Ю. Замещение дефектов длинных костей полилокальным удлинением отломков : дис... д-ра мед. наук / Д. Ю. Борзунов. – Курган, 2004. – 400 с.
3. Бунов, В. С. Замещение дефекта трубчатой кости по Илизарову в условиях артериальной недостаточности конечности (эксперимент. исслед.) : автореф. дис... канд. мед. наук / В. С. Бунов. – Пермь, 1994. – 24 с.
4. Десятниченко, К. С. Дистракционный остеосинтез с точки зрения биохимии и патофизиологии / К. С. Десятниченко // Гений ортопедии. – 1998. – № 4. – С. 120-128.
5. Илизаров, Г. А. Клинические возможности нашего метода / Г. А. Илизаров // Экспериментально-теоретические и клинические аспекты разрабатываемого в КНИИКОТ метода чрескостного остеосинтеза : материалы Всесоюз. симпозиума с участием иностранных специалистов. – Курган, 1984. – С. 49-57.
6. Камерин, В. К. Замещение дефектов костей и мягких тканей методом монолокального компрессионно-дистракционного остеосинтеза : дис... д-ра мед. наук / В. К. Камерин. – Курган, 1998. – 262 с.
7. Куфтырев, Л. М. Лечение больных с дефектами бедренной кости методом чрескостного остеосинтеза по Илизарову : автореф. дис... д-ра мед. наук / Л. М. Куфтырев. – М., 1990. – 33 с.
8. Макушин, В. Д. Лечение по Илизарову больных с дефектами костей голени : дис... д-ра мед. наук / В. Д. Макушин. – Курган, 1987. – 485 с.
9. Оноприенко, Г. А. Лечение дефектов костей с использованием аппарата Илизарова / Г. А. Оноприенко // Труды V Всесоюз. съезда травматол.-ортопедов. – М., 1990. – Ч. 2. – С. 50-57.
10. Свешников, А. А. Радионуклидные исследования репаративного костеобразования / А. А. Свешников, Л. А. Смотрова, Н. В. Мингазова // Мед. радиология. – 1985. – № 5. – С. 23-27.
11. Свешников, А. А. Материалы к разработке комплекса способов коррективки функциональных изменений в органах при чрескостном остеосинтезе / А. А. Свешников // Гений ортопедии. – 1999. – № 1. – С. 74-82.
12. Свешников, А. А. Способы измерения минеральной плотности костей скелета / А. А. Свешников // Возрастные изменения минеральной плотности костей скелета и проблемы профилактики переломов : материалы первого Всерос. симпозиума. – Курган, 2002. – С. 20-29.
13. Шевцов, В. И. Дефекты костей нижней конечности / В. И. Шевцов, В. Д. Макушин, Л. М. Куфтырев. – Курган, 1996. – 502 с.
14. Псевдоартрозы, дефекты длинных костей верхней конечности / В. И. Шевцов [и др.]. – Курган, 2001. – 406 с.
15. Экспериментальное обоснование несвободной аутопластики по Илизарову при замещении дефектов длинных костей / В. И. Шевцов [и др.] // VII съезд травматол.-ортопедов России : тез. докл. – Новосибирск, 2002. – Т. 1. – С. 506-507.
16. Шевцов, В. И. Современные возможности несвободной костной пластики по Г. А. Илизарову при замещении дефектов / В. И. Шевцов, Д. Ю. Борзунов, Н. В. Петровская // Человек и его здоровье : материалы VIII Рос. национал. конгресса. – СПб., 2003. – С. 102.
17. Щуров, В. А. Физиологические основы эффекта стимулирующего растяжения тканей на рост и развитие при удлинении конечности по Илизарову : автореф. дис... д-ра мед. наук / В. А. Щуров. – Пермь, 1993. – 32 с.
18. Диплом № 355 (СССР) Общебиологическое свойство тканей отвечать на дозированное растяжение ростом и регенерацией (эффект Илизарова) / Г. А. Илизаров. – № ОТ. – 11271 ; заявл. 25.12.85 ; опубл. 23.04. 89, Бюл. № 15. – 1 с. (Приоритет от 24.11.70).
19. Paley, D. Ilizarov bone transport treatment for tibial defects / D. Paley, D. C. Maar // J. Orthop. Trauma. – 2000. – Vol. 14, No 2. – P. 76-85.

Рукопись поступила 16.01.06.