

© Группа авторов, 2001

Рентгено–морфологические аспекты ремоделирования костной ткани при замещении дефекта большеберцовой кости одновременным двухуровневым удлинением ее проксимального отломка (экспериментальное исследование)

Д.Ю. Борзунов, Н.В. Петровская, А.М. Чиркова

Roentgenomorphological aspects of bone tissue remodelling for tibial defect filling by simultaneous two-level lengthening of the proximal fragment of the tibia (Experimental study)

D.Y. Borzunov, N.V. Petrovskaya, A.M. Chirkova

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)

Исследование базируется на результатах опытов на 13 беспородных собаках. Работа посвящена рентгено-морфологическим особенностям ремоделирования костной ткани при замещении дефекта большеберцовой кости одновременным двухуровневым удлинением ее проксимального отломка. Отмечен высокий уровень остеогенеза и перестроенных процессов в восстановительном сегменте. Имевшие место особенности костеобразования авторы связывают с шадящим нарушением целостности отломка при его удлинении и особенностями васкуляризации большеберцовой кости.

Ключевые слова: эксперимент, собаки, голень, дефект, двухуровневое удлинение, чрескостный остеосинтез, рентгено-морфологическое исследование.

The study is based on the experimental results using 13 mongrel dogs. High level of osteogenesis and reorganization processes is noted in the segment being restored. The occurred peculiarities of osteogenesis are connected by the authors with sparing integrity damage of the fragment during its lengthening and also with characteristic features of tibial vascularization.

Keywords: experiment, dogs, leg, defect, two-level lengthening, transosseous osteosynthesis, roentgenomorphological study.

ВВЕДЕНИЕ

В арсенале современных методов реконструктивно-восстановительного лечения больных с обширными дефектами длинных костей наиболее перспективным является использование кровоснабжаемых трансплантатов, претерпевающих полную органотипическую перестройку [1, 2, 3, 4, 5]. По мнению ряда авторов удлинение отломка по Г.А. Илизарову не имеет преимуществ в отношении сроков и этапности лечебно-реабилитационного процесса, полноты замещения при восполнении обширных дефектов длинных костей [6, 4, 5, 7, 8].

В РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова разработан способ замещения дефекта кости мно-

гоуровневым удлинением отломка, расширяющий возможности полного одноэтапного замещения обширных дефектов длинной кости посредством формирования дистракционных регенератов малой величины [9]. Данный способ лечения апробирован на беспородных собаках.

Целью настоящей работы явилось изучение особенностей процесса костеобразования при замещении дефекта дистальных метадиафизов берцовых костей одновременным двухуровневым удлинением проксимального отломка большеберцовой кости с помощью рентгенологического и гистологического методов исследования.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Эксперимент выполнен на 13 взрослых беспородных собаках массой тела $18,9 \pm 0,9$ кг и длиной голени $18,5 \pm 0,15$ см. Дефект дистальных метадиафизов, составляющий $20,9 \pm 0,3$ % от исходной длины большеберцовой кости, в условиях жесткой фиксации голени аппаратом Илизарова возместили одновременным двухуровневым удлинением проксимального отломка. Нарушали целостность проксимального отломка большеберцовой кости на уровне нижнего края бугристости и на 1,0-1,5 см дистальнее входа в костно-мозговую полость питательной артерии. Перемещение в межотломковом диастазе сформированных фрагментов осуществляли на двух уровнях одновременно с темпом 1,0 мм за 4 приема через 5 дней после операции в зоне дистальной и через 6 дней в зоне проксимальной кортикотомии.

Контрольные рентгенограммы выполняли в двух взаимно перпендикулярных плоскостях в сроки: перед и после операции, на 7-14 дни и в конце периода distraction, через каждые 15 дней фиксации и ежемесячно после снятия аппарата.

Для планиметрической оценки рентгенограмм использовали аппаратно – программный комплекс «ДиаМорф» (г. Москва). На оцифрованных изображениях вручную оконтуривали тени distractionного регенерата, его костных отделов, срединной зоны просветления с последующим измерением их площадей. Дополнительно измеряли площадь диастаза между кон-

цами перемещаемых фрагментов в динамике периода distraction и его процентное соотношение к площади оконтуренной тени distractionного регенерата [18]. Для компьютерного анализа были выбраны рентгенограммы 7 и 14 дня distraction, дня окончания периода distraction, каждого 15 дня фиксации и 1, 2, 3, 6, 9 месяца после снятия аппарата Илизарова.

Для проведения гистологических исследований животных выводили из опыта внутривенным введением летальных доз тиопентала натрия перед началом distraction, в конце периода distraction, через 1, 1,5 и 2 месяца фиксации сегмента аппаратом, через 6-9 месяцев после снятия аппарата Илизарова. После эвтаназии вычленили кости голени и фиксировали их в 10% растворе формалина. По окончании фиксации препараты распиливали на четыре блока, включающие distractionные регенераты, проксимальный перемещенный фрагмент и зону стыка концевых отделов дистального перемещенного фрагмента и дистального отломка большеберцовой кости. Костные блоки декальцинировали в 7% растворе азотной кислоты, обезвоживали в спиртах восходящей крепости и заливали в целлоидин. Гистотопографические срезы окрашивали гематоксилином – эозином и по Ван-Гизону.

Статистическая обработка результатов исследования проведена с использованием методов вариационной статистики.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Выбранные уровни кортикотомий и их щадящее выполнение обеспечивало сохранение внутрикостного кровообращения в сформированных фрагментах, что было подтверждено посмертными рентгеновазограммами большеберцовой кости (рис. 1, а, б). При этом отмечалось заполнение массой Гауха бассейна внутрикостной артерии, а в зоне кортикотомий сохранялась целостность сосудов. При гистологическом исследовании межотломковый диастаз кортикотомий высотой около 1 мм был заполнен по периферии детритом и фибрином, а со стороны костно-мозговой полости вращалась скелетогенная ткань с формирующимися остеонидными трабекулами.

Distraction в зоне проксимальной кортикотомии продолжалась $18,7 \pm 0,9$ дня, в дистальной

– соответственно $18,7 \pm 0,7$ дня. Дозированное низведение несвободных костных фрагментов в дефект сопровождалось образованием в диастазах distractionных регенератов. Их формирование происходило в основном за счет эндостального остеогенеза, особенно в зоне дистального регенерата. «Зона роста» почти во всех наблюдениях располагалась в центральной части диастаза, при этом в проксимальном регенерате высота ее колебалась от 2-х до 8 мм, в дистальном – от 1 до 3-х мм. Вершины костных отделов проксимального и дистального регенератов чаще имели мелкозубчатые контуры. Высота периостальных наслоений новообразованной костной ткани на перемещаемых фрагментах не превышала 0,5-1,5 мм (рис. 2, а, б).



Рис. 1. Рентгеновазограммы большеберцовой кости (№ 1347). Начало distraction. Срок эксперимента 7 дней: а – прямая, б – боковая проекции.

Количественная оценка костеобразования характеризовалась увеличением доли костных отделов и постепенным расширением общей проекционной площади distractionных регенератов. В период distraction в проксимальном регенерате доля проксимального костного отдела увеличивалась с $15,6 \pm 2,18$ до $28,8 \pm 2,75\%$ ($p < 0,01$), дистального костного отдела – с $20,2 \pm 1,66$ до $29,0 \pm 2,93\%$ ($p < 0,05$). Доля «зоны роста» уменьшалась с $53,8 \pm 1,8$ до $37,0 \pm 3,87\%$ ($p < 0,01$). В дистальном регенерате доля проксимального костного отдела в этот период наблюдения увеличивалась с $18,8 \pm 2,44$ до $36,2 \pm 1,88\%$ ($p < 0,01$), дистального костного отдела – с $19,2 \pm 1,36$ до $28,8 \pm 3,1\%$ ($p < 0,05$). Доля «зоны роста» уменьшалась с $51,6 \pm 3,69$ до $26,0 \pm 4,53\%$ ($p < 0,01$). Было выявлено два варианта соотношения площадей distractionных регенератов и диастазов: первый – их соответствие, когда площади регенерата и диастаза совпадали или их различия не превышали 5%, и второй – значимое (более 5%) преобладание площади регенерата над площадью диастаза. Для большинства наблюдений было характерным совпадение площадей измеряемых объектов. Ни в одном наблюдении преобладание площади диастаза выявлено не было. Необходимо отметить, что соотношение площадей диастаза и регенерата сохранялось также на этапе фиксации и после снятия аппарата.

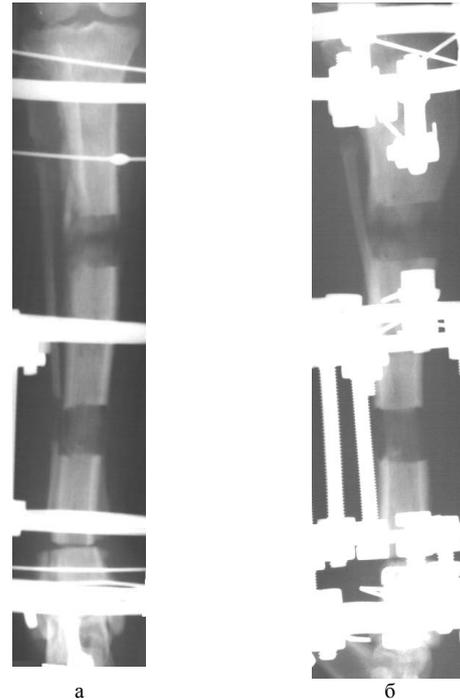


Рис. 2. Рентгенограммы (№ 2305). 19 дней distraction на двух уровнях, начало фиксации. Срок эксперимента - 26 дней: а – прямая, б – боковая проекции.

При гистологическом исследовании проксимальный диастаз был заполнен костно-соединительно-тканым регенератом. Высота его костных отделов была одинаковой и не превышала 6-9 мм. Соединительно-тканная прослойка на уровне костно-мозговой полости была пересечена костными «мостиками» (рис. 3, а). Дистальный регенерат имел строение губчатой костной ткани с продольно расположенными костными трабекулами (рис. 3, б). Костный мозг – ретикулярный, отечный. На поверхности перемещенных фрагментов образовался слой губчатой костной ткани высотой до 1,5 мм (рис. 3, в). В корковой пластинке определялись многочисленные резорбционные полости. Костно-мозговая полость фрагментов была заполнена новообразованной мелкоячеистой губчатой костной тканью, по периферии определялся кровеносно – жировой мозг.

У 3-х животных (№ 1337, 1284, 5911) на 6 и 14 сутки distraction в зоне дистальной кортикотомии с суточным темпом 1,0 мм за 4 приема наступило преждевременное костное сращение, что потребовало в одном наблюдении (№ 5911) выполнения дополнительной (третьей) кортикотомии и замещения костного дефекта с формированием третьего distractionного регенерата. В последующих опытах суточный темп distraction в зоне дистальной кортикотомии был увеличен до 1,5 мм за 4 приема.

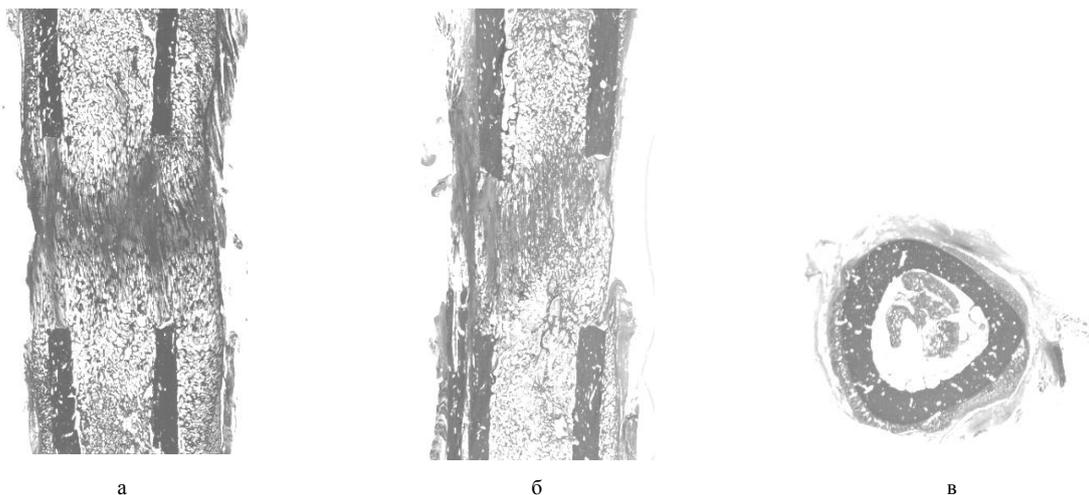


Рис. 3. Гистотопограммы (№ 2305/7460): а – проксимальный регенерат, б – дистальный регенерат, в – поперечный срез через проксимальный низведенный фрагмент. Окраска по Ван-Гизону.

В 9 наблюдениях к 1 месяцу фиксации проксимальный регенерат сохранял зональное строение. Высота «зоны роста» колебалась от 0,5 до 2-х мм, в отдельных участках она прерывалась трабекулярными тенями. Дистальный регенерат равномерно заполнял весь диастаз. Между эндостальными и интермедиарными частями его имелись продольные полосы просветления. При гистологическом исследовании проксимальный регенерат состоял преимущественно из губчатой костной ткани разной степени зрелости. Ближе к фрагментам эта ткань имела строение пластинчатой кости, подвергавшейся частичной резорбции. В интермедиарном пространстве располагалась соединительная ткань (рис. 4, а). Дистальный регенерат состоял из губчатой костной ткани, в межтрабекулярных пространствах которой содержался кровяно-жировой костный мозг (рис. 4, б). Низведенные фрагменты подвергались интенсивной перестройке, заключающейся в появлении в корковой пластинке резорбционных полос с признаками остеогенеза (рис. 4, в).

Период фиксации аппаратом оперированного сегмента продолжался до формирования гомоген-

ных теней регенератов и непрерывной корковой пластинки, определяемых рентгенологически, а также отсутствия патологической подвижности в области дистракционных регенератов и стыка отломков при выполнении клинической пробы с осевой и боковой нагрузкой. Во всех наблюдениях срок фиксации определялся и зависел от степени «зрелости» проксимального дистракционного регенерата и сращения костных отломков на стыке и составил $57,9 \pm 5,6$ дня для проксимального и соответственно $59,2 \pm 6,6$ дня для дистального регенерата.

К двум месяцам фиксации в проксимальном регенерате «зона роста» замещалась костной тканью. Только в 3-х наблюдениях очажки прослойки чередовались с участками неравномерной оссификации. В основаниях регенератов, примыкавших к концам фрагментов, отмечалось разрежение костной ткани. Корковая пластинка была более выражена в дистальном регенерате, где ее толщина составляла 1-2 мм. В зоне стыка отломков определялось костное сращение (рис. 5, а, б).

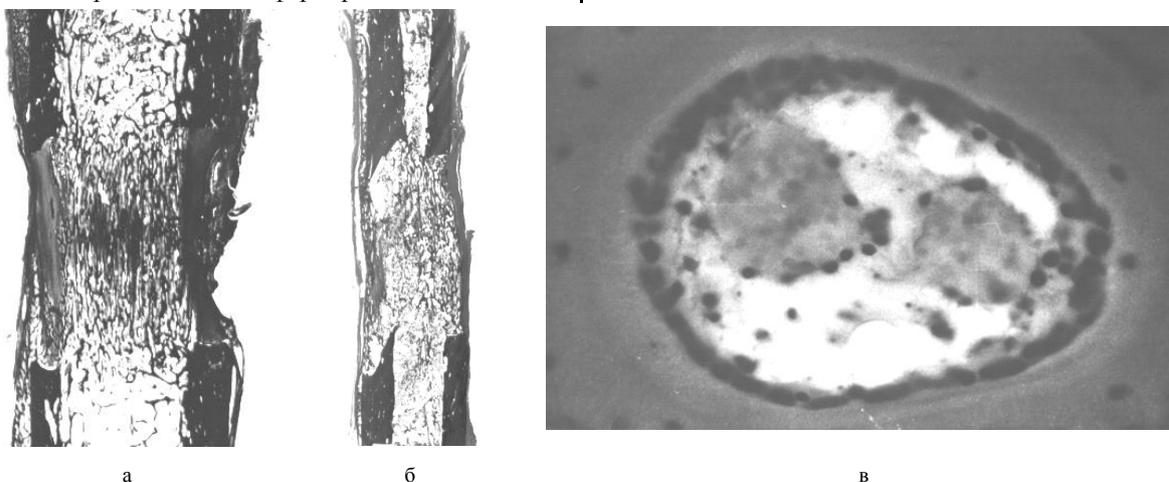


Рис. 4. Гистотопограммы (№ 1446/7101): а – проксимальный регенерат, б – дистальный регенерат. Деталь гистотопограммы (№ 1446/7101): в – слой остеобластов на стенке резорбционной полости корковой пластинки низведенного фрагмента. Окраска по Ван-Гизону (микрофото, об. 16, ок.10).



Рис. 5. Рентгенограммы (№ 5010). 45 дней фиксации distractionных регенератов. Срок эксперимента - 66 дней: а – прямая, б – боковая проекции.

К 45 дню фиксации в проксимальном регенерате доля проксимального костного отдела составила $40,3 \pm 2,78\%$, дистального – соответственно $43,8 \pm 3,71\%$ ($p < 0,01$). Доля «зоны роста» не превышала $10,3 \pm 2,8\%$ ($p < 0,01$). К этому сроку наблюдения костные отделы дистального регенерата смыкались. В конце периода фиксации в проксимальном и дистальном distractionных регенератах доля очажков прослойки

составляла соответственно $3,0 \pm 1,53$ и $6,5 \pm 3,5\%$ ($p < 0,01$).

Гистологически в конце периода фиксации проксимальный регенерат имел строение губчатой костной ткани различной степени зрелости. Ближе к фрагментам кость имела пластинчатое строение. В ее межтрабекулярных пространствах содержался жировой костный мозг. В центре регенерата новообразованные трабекулы чередовались с очажками соединительной ткани (рис. 6, а). В дистальном регенерате были сформированы костномозговая полость с жировым мозгом и тонкая корковая пластинка (рис. 6, б). В корковой пластинке фрагмента, слившейся с периостальными наслоениями, отмечалось обилие полостей, содержащих жировой мозг. В костно-мозговом канале была видна сеть костных трабекул. Межтрабекулярные пространства были заполнены жировым отечным костным мозгом (рис. 6, в).

После снятия аппарата продолжалась дальнейшая спонгизация по периферии новообразованных костных структур восстановленного сегмента. В области формирующейся костномозговой полости отмечалось разрежение костной ткани, более выраженное в дистальном distractionном регенерате. До 3-4-х месяцев после снятия аппарата костно-мозговая полость прослеживалась не на всем протяжении диафиза большеберцовой кости, отсутствуя в центральных частях distractionных регенератов. Полное ремоделирование костной ткани завершалось к 9 месяцам после снятия аппарата.



Рис. 6. Гистотопогаммы (№ 1337/7091): а – проксимальный регенерат, б – дистальный регенерат, в – поперечный срез чечер проксимальный низведенный фрагмент (уровень проведения спиц). Окраска по Ван-Гизону.

ОБСУЖДЕНИЕ

Таким образом, одновременное формирование distractionных регенератов при двухуровневом удлинении проксимального отломка большеберцовой кости не характеризовалось

замедлением остеогенеза. Рентгенсемиотика костеобразования в зонах удлинения отломка принципиально не отличалась. Для ремоделирования костной ткани было характерно преобла-

дание эндостального остеогенеза и высокий уровень перестроечных процессов в сформированных несвободных фрагментах. Вместе с тем репаративный остеогенез при формировании дополнительных зон регенерации имел особенности, связанные, на наш взгляд, с различным типом кровоснабжения выбранных нами стандартных для ортопедических операций зон нарушения целостности большеберцовой кости [10, 11, 12]. Щадящее выполнение кортикотомий, обеспечивающих сохранение остеогенных элементов костно-мозговой полости, определяло высокий уровень репаративного остеогенеза при формировании дистракционных регенератов. Пластические возможности питательной артерии, особенно ее диафизарной части, ее приспособляемость и функциональная изменчивость известны [13]. Это обеспечивало возмож-

ность полноценного костеобразования в зоне дистальной кортикотомии при темпах дистракции, превышающих 1 мм в сутки. Вместе с тем рядом авторов отмечена «относительная негибкость в плане компенсаторной перестройки сосудов метадиафизов длинных костей» и их подверженность диспластическим поражениям в период интенсивного роста кости [14, 15, 16, 17]. С этим фактом мы связываем относительное доминирование репаративного остеогенеза в зоне дистальной кортикотомии. Проведенное исследование также показало, что одновременное многоуровневое удлинение отломка большеберцовой кости является высокоэффективным методом несвободной костной пластики и обеспечивает восстановление анатомической целостности органа в короткий срок за один этап остеосинтеза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Якунина Л.Н. Трансплантация костной ткани при дефектах трубчатых костей. - Кишенев: Штиинца, 1989. - 109 с.
2. Терновой К.С., Жила Ю.С., Булах А.Д. К вопросу лечения дефектов длинных костей // Труды V Всесоюзного съезда травматологов-ортопедов. В 2-х ч. - М., 1990. - Ч.2. - С. 15-19.
3. Моргун В.А., Бережной А.П., Гришин И.Г. Костно-пластические и реконструктивные операции при ложных суставах и дефектах длинных костей у детей // Ортопедия, травматология и протезирование: Республ. межвед. сб. - Киев, 1991. - Вып. 21. - С. 55-59.
4. Богов А.А., Плаксейчук А.Ю. Новое в лечении дефектов длинных трубчатых костей // Материалы первого пленума ассоциации травматологов и ортопедов РФ. - Самара, 1994. - С.120-121.
5. Плаксейчук А.Ю. Сравнительный анализ современных методов замещения дефектов длинных трубчатых костей //Амбулаторная травматолого-ортопедическая помощь: Тез. докл. Всерос. науч.- практ. конф. В 2-х ч. - Спб.-Йошкар-Ола, 1994. - Ч.2. - С. 16-17.
6. Замещение обширных дефектов длинных костей с помощью би- и полилокального дистракционно-компрессионного остеосинтеза / Ю.Г. Шапошников, М. Мусса, А.Г. Саркисян и др. // Хирургия. - 1990. - № 9. - С. 3-6.
7. Макушин В.Д., Куфтырев Л.М. Результаты многофакторного анализа исходов лечения по Илизарову больных с дефектами костей нижней конечности // Гений ортопедии. - 1995. - № 1. - С. 67-70.
8. Макушин В.Д., Куфтырев Л.М., Камерин В.К. Причины неудач и осложнений при возмещении дефектов длинных трубчатых костей методом чрескостного остеосинтеза по Илизарову // Гений ортопедии. - 1996. - № 1. - С. 59-61.
9. А.с. 1526666 СССР, МКИ³ А 61 В 17/56 Способ лечения дефекта кости /В.Д.Макушин (СССР), Л.М.Куфтырев (СССР). - 4390380/14; Заявлено 09.03.88; Опубл. 23.05.91, Бюл. № 19.
10. Оноприенко Г.А. Вазкуляризация большеберцовой кости собаки в норме // Арх. анатомии. - 1972. - № 4. - С. 84-86.
11. Топография артерий большеберцовой кости собаки / А.М. Мархашов, В.И. Попов, Ф.Н. Зусманович, А.А. Шрейнер // Чрескостный компрессионный, дистракционный и компрессионно-дистракционный остеосинтез в травматологии и ортопедии: Сб. науч. тр. - Челябинск, 1976. - С. 57-60.
12. Оноприенко Г.А. Вазкуляризация костей при переломах и дефектах. - М.: Медицина, 1993. - 224 с.
13. Шрейнер А.А., Петровская Н.В. О пластических возможностях питательной артерии длинных трубчатых костей // Ангиология и сосудистая хирургия. - 1995. - № 2. - С. 135.
14. Корж А.А., Панков Е.Я., Кульман Л.В. Достоверное и спорное в проблеме солитарной кисты кости // Ортопед., травматол. - 1978. - № 4. - С. 75-80.
15. Бережной А.П. Кисты костей у детей и подростков (клинико-экспериментальное исследование): Автореф. дис... д-ра мед. наук. - М., 1985. - 28 с.
16. Кисты костей у детей и подростков (клиника, диагностика и лечение): Метод. рекомендации / ЦИТО; Сост.: А.П. Бережной. - М., 1985. - 21 с.
17. Волков М.В., Пасечников А.В., Чекериди Ю.Э. Тактика хирурга при дистрофических кистах костей у детей // Хирургия. - 1992. - № 11-12. - С. 76-79.
18. Патент 2165243 РФ, МПК⁷ А 61 В 17/60, 17/66 Способ стереологической оценки дистракционного остеогенеза, узел соединения опор аппарата, используемый при его осуществлении / В.И. Шевцов (РФ), М.М. Щудло (РФ), Н.А. Щудло (РФ), РНЦ "ВТО" им. акад. Г.А. Илизарова (РФ). - Заявлено 24.12.96; Опубл. 20.04.2001; Бюл. № 11.

Рукопись поступила 10.01.01.