

© Коллектив авторов, 1996

Г.А. Оноприенко, В.С. Зубиков,
И.Г. Михайлов

МИКРОЦИРКУЛЯЦИЯ И РЕГЕНЕРАЦИЯ ДЛИННЫХ КОСТЕЙ В УСЛОВИЯХ НАКОСТ- НОГО ОСТЕОСИНТЕЗА ПО СИСТЕМЕ АО

Московский областной клинический институт
им. М.Ф. Владимирского

Проведены три серии экспериментов на собаках. В одной из них выполнялась надмыщелковая остеотомия бедренной кости с компрессионным остеосинтезом Г-образной пластиной, в другой — остеотомия диафиза бедренной или большеберцовой кости с остеосинтезом прямой пластиной, в третьей (контрольной) пластину имплантировали без остеотомии с компрессией или без нее. Микроциркуляцию костной ткани изучали по методике авторов на просветленных срезах с контрастированием тушь-желатиновой смесью; морфологические исследования проводили на препаратах, окрашенных гематоксилином и эозином. Выявлен четкий эффект индукции остеогенеза в месте контакта пластины с металлическим фиксатором, наиболее выраженный вокруг резьбы винтов, что рассматривается как фактор дополнительной стабилизации остеосинтеза. При формирующемся первичном сращении отмечена задержка в восстановлении ангиоархитектоники компактной кости под пластиной. Реакция микроциркуляторного русла носила универсальный адаптивный характер с формированием на ранних этапах путей внесудистой микроциркуляции.

Успехи травматологии и ортопедии последних лет в значительной мере можно связать с развитием концепции стабильно-функционального остеосинтеза, включающей определенные принципы фиксации костей, подходы к лечению больных, использование наборов современных имплантатов и инструментария. Большое место в этой системе отводится наkostному остеосинтезу массивными металлическими пластинами со стабилизацией костных фрагментов за счет их жесткой одномоментной компрессии.

Разработанная первоначально швейцарской ассоциацией АО (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) система современного наkostного остеосинтеза получила распространение во всем мире, в том числе в нашей стране [1—7, 9, 13].

В то же время иногда специалисты проявляют скептическое отношение к наkostному остеосинтезу с использованием массивных пластин и большого количества «крепежных»

винтов, считая его высокотравматичным, трудоемким и потому неоправданным. Помимо этого, как и всякий сложный метод, он чреват осложнениями при неправильном применении. Определенный ответ на вопросы относительно возможного повреждающего действия пластин и винтов на костную ткань, характера репаративных процессов при консолидации перелома в условиях наkostного остеосинтеза, на наш взгляд, могло бы дать экспериментальное изучение остеогенеза и микроциркуляции костной ткани.

В ряде исследований установлено, что процессы репаративной регенерации при заживлении перелома во многом зависят от стабильности фиксации костных фрагментов при их тесном контакте [8, 10, 11, 14, 16]. В то же время совершенно очевидно, что на динамику и характер заживления влияют также масштабы циркуляторных расстройств, обусловленных нарушением основных источников кровоснабжения кости при травме и последующем остеосинтезе. Наиболее ярко процессы васкуляризации костной ткани прослеживаются на внутриорганном микроциркуляторном уровне. В проведенном нами ранее экспериментальном исследовании микроваскулярной системы длинных костей при моделировании различных посттравматических состояний и методик хирургических вмешательств были определены масштабы местных циркуляторных расстройств, выявлены механизмы адаптационных изменений системы микроциркуляции костей, их влияние на репаративный остеогенез [11]. Последующие многочисленные клинические наблюдения за консолидацией костей в условиях стабильно-функционального остеосинтеза массивными пластинами АО, характером костного сращения, рентгенологически и визуально (при удалении фиксаторов) определяемой реакцией кости на пластину и винты убедили нас в необходимости экспериментального изучения процессов микроциркуляции и остеогенеза при данном виде остеосинтеза длинных костей. Известный интерес представляют исследования по изучению реакции компактной кости на механическое воздействие металлического имплантата в зависимости от прочности соединения его с костью — «задела» в костную ткань [12]. Однако они не дают ответа на все вопросы, поскольку проводились без привлечения современных средств остеосинтеза и без изучения микроциркуляции костной ткани.

Нами выполнено 54 эксперимента на взрослых беспородных собаках, проведено 3 серии опытов.

В первой серии создавалась модель метадиафизарного перелома, для чего производилась надмыщелковая остеотомия бедренной кости, с компрессионным остеосинтезом Г-образной пластиной (22 опыта). Во второй серии выполнялась поперечная остеотомия диафиза бедренной или большеберцовой кости с компрессионным остеосинтезом прямой пластиной (18 опытов). В третьей серии, контрольной, осуществлялась имплантация пластины на бедре без остеотомии с компрессией компактной кости (7 опытов) или без нее (7 опытов). Сроки наблюдения в опытных сериях составили от 1 нед до 6 мес, в контрольной — от 1 до 12 нед.

Для изучения регенерации и реактивных изменений костной ткани использовали клинико-рентгенологические и морфологические методы исследования. Изучение микроциркуляторных процессов проводили на просветленных срезах костной ткани после контрастирования васкулярной сети тушь-желатиновой смесью по нашей методике [11]. Во время забоя животного (передозировкой тиопентала натрия) осуществляли катетеризацию центрального отдела бедренной артерии и вводили контрастную смесь из 20 г желатина, растворенного в 200 мл воды, и 300 мл черной туши. После заполнения сосудов этой смесью костный сегмент вместе с прилежающим слоем мягких тканей вычленили и помещали на сутки в холодильник. Затем проводили рентгенографию препарата, удаляли пластину. Препарат фиксировали в 10% водном растворе формалина. При коротких сроках опытов в связи с непрочностью межотломкового регенерата после удаления фиксатора отломки укрепляли капроновой лигатурой. После декальцинации и приготовления гистологических препаратов исследовали просветленные и окрашенные гематоксилином и эозином срезы. В качестве дополнительного контроля использовали препараты интактных бедренных костей 3 здоровых собак с контрастированной тушь-желатиновой смесью васкулярной сетью.

Нами выявлены два уровня процессов в системе микроциркуляции длинной кости и микроструктуре ее ткани. В основном процессы носили однотипный характер и являлись реакцией кости на перелом (osteotomy), остеосинтез и последующий локальный «им-

мобилизационный стресс». Однако некоторые изменения микроциркуляторного русла и структуры костной ткани можно было расценить как реакцию на конкретную ситуацию, определяющуюся уровнем остеотомии и зоной компактного слоя кости (под пластиной или на противоположной от нее стороне).

Универсальная реакция кости отражала стрессовые и последующие адаптивные изменения микроциркуляторного русла. Так, на фоне регионарной гиперемии, активации коллатеральных источников кровоснабжения, репаративной реакции происходила пластическая перестройка диафиза: декомпактизация кортикальной пластинки, выраженное расширение гаверсовых каналов за счет пристеночной резорбции костной ткани с формированием в них клеточно-волокнистой остеогенной ткани. Отмечалось резкое расширение терминального васкулярного русла (особенно его венозного звена), повышение сосудистой проницаемости; формировались множественные тканевые микрокисты, связанные с капиллярной сетью. Все эти изменения сосудистых и внесосудистых путей микроциркуляции направлены на обеспечение адекватного уровня резко возросшего тканевого метаболизма и репаративных процессов. Различия касались лишь сроков и масштабов изменений. В контрольной серии опытов (без остеотомии) они были минимальными. По нашим данным, процессы перестройки костной ткани в ответ на имплантацию массивных пластин начинаются в интервале 2—4 нед, достигают максимума к 6—8 нед и заканчиваются к 12 нед эксперимента. В интактной трубчатой кости при различном статическом состоянии имплантируемых пластин процессы отличаются только временем их начала и степенью проявления периостальных напластований. При одностороннем расположении массивной пластины происходит асимметричная разгрузка кости от динамических усилий, что приводит к более выраженному изменению прилежащего к пластине кортикального слоя, где наряду с остеопорозом присутствуют явления интенсивной перестройки и костеобразования.

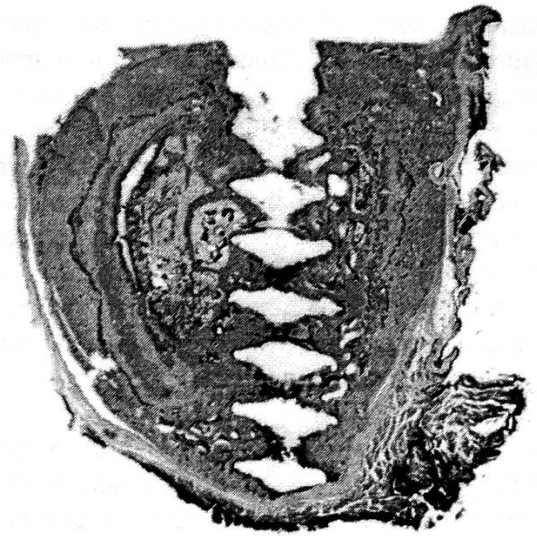
Выявлен четкий эффект индукции остеогенеза в местах контакта металлического фиксатора с остеогенными элементами: клеточно-волокнистая ткань, окружающая металлические винты в медуллярной полости, а также по краям торцевых и боковых поверхностей плас-

тины завершала свое развитие формированием небольших объемов костной ткани. Прочность «задела» в кость стабильно введенных винтов АО с течением времени еще более возрастала за счет формирования костной капсулы по окружности их винтовой нарезки (см. рисунок). На наш взгляд, указанные процессы характерны для определенного профиля резьбы винта при метчиковой нарезке его канала. Это является одним из факторов поддержания стабильности накостного остеосинтеза, особенно в условиях экспериментально установленного снижения компрессионного напряжения в послеоперационном периоде [15] или при невозможности обеспечения компрессии во время хирургического вмешательства.

В экспериментах с остеотомией нарушения васкуляризации носили более масштабный и стойкий характер, чем в контрольной серии. Наблюдалась относительно непродолжительная (3—4 нед) аваскулярность концов отломков в зоне остеотомии на протяжении до 15—20 мм. Характер деваскуляризации отломков зависел от зоны остеотомии. При надмыщелковой остеотомии бедренной кости с компрессионным остеосинтезом Г-образной пластиной значительной деваскуляризации подвергался лишь конец центрального отломка. Аваскулярные явления в кортикальной пластинке дистального отломка прослеживались лишь на протяжении 3—4 мм в сроки до 2 нед, что является следствием сохранности метаэпифизарной сосудистой сети. В случае остеотомии средней трети диафиза начальной деваскуляризации подвергались концы обоих отломков, причем более выраженные изменения отмечались дистальнее зоны остеотомии, что может быть объяснено повреждением системы питающей артерии.

Во всех опытах сращение отломков происходило за счет вставания клеточно-волоконистой остеогенной ткани в интермедиальную щель, которое в случае диафизарной остеотомии начиналось через 2—3 нед и приводило к формированию зрелой интермедиальной мозоли через 7—8 нед. Периостальное костеобразование практически отсутствовало, т.е. констатировалась консолидация по типу первичного сращения.

При метадиафизарной остеотомии уже к концу 1-й недели вдоль торцевой поверхности дистального отломка прослеживалась полоска новообразованной ткани с беспорядочной гус-



Канал винта в просвете медуллярной полости с формирующимися костными стенками через 10 нед после операции.

Гистоморфологический поперечный срез. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. 30.

той сетью кавернозного вида синусоидов, являющихся источниками начальной васкуляризации формирующегося регенерата. Полное восстановление кортикальной пластинки в этом случае заканчивалось уже к 6 нед.

Характерной особенностью в экспериментах с остеосинтезом явилось различие реакции компактной кости на стороне пластины и на противоположной стороне. При отмечавшихся в ранние сроки после остеотомии симметричных аваскулярных нарушениях динамика восстановления под пластиной и на противоположной стороне была различной. Так, если на стороне, противоположной фиксатору, в зоне сращения ангиоархитектоника кортикальной пластинки приближалась к нормальной через 6—8 нед, то на стороне прилегания пластины отмечалось более длительное существование внесосудистых путей микроциркуляции и неправильной ориентации сосудов микроциркуляторного русла с явлениями декомпактизации кортикальной пластинки. Однако, несмотря на разные темпы восстановления васкуляризации, сращение по всему периметру кости носило первичный характер. Реакция костной ткани на металлическую пластину и винты в месте их контакта была аналогична таковой в контрольной серии экспериментов.

В целом же, несмотря на быстрое сращение при компрессионном накостном остеосинтезе и его первичный характер, последующее ремоде-

лирование костной микроструктуры диафиза длинной кости и восстановление микроангиоархитектоники были длительными и завершались лишь к 5—6 мес. Это связано как с изначально выраженными васкулярными расстройствами при остеотомии и последующем остеосинтезе, так и с сохраняющимся в дальнейшем локальным «иммобилизационным стрессом» значительного участка кости. Следует сказать, что функциональные возможности оперированной конечности были восстановлены.

В ы в о д ы

1. Реакция микроциркуляторного русла длинной кости на остеосинтез массивной металлической пластиной принципиально не отличается от его реакции на другие послеоперационные и посттравматические состояния. Она выражается в активации сосудистых и формировании внесосудистых путей микроциркуляции и является универсальной адаптивной реакцией, обеспечивающей адекватный уровень резко возросшего тканевого метаболизма и репаративных процессов.

2. При накостном компрессионном остеосинтезе по системе АО имеет место первичный тип костного сращения по всему периметру излома как при диафизарной, так и при метадиафизарной остеотомии.

3. Выявлен отчетливый эффект индукции остеогенеза в месте контакта кости и стабильно укрепленного металлического фиксатора, наиболее выраженный в костномозговом канале вокруг резьбы винтов. Он имеет значение в поддержании стабильности накостного остеосинтеза во времени.

4. В зоне компактной кости под пластиной процессы восстановления микроангиоархитектоники протекают медленнее, чем на противоположной стороне. Там же наряду с более выраженным остеопорозом отмечаются интенсивная перестройка и костеобразование. Эти различия обусловлены асимметричной разгрузкой кости от динамических напряжений, блокадой периостального кровообращения под пластиной и реакцией компактного костного вещества на плотно прилегающий фиксатор.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Анкин Л.Н., Прусс Е.И. и др. //Ортопед. травматол. — 1979. — N 6. — С. 13—15.
2. Анкин Л.Н. Стабильно-функциональный остеосинтез в травматологии: Дис. ... д-ра мед. наук. — М., 1986.
3. Анкин Л.Н. Остеосинтез металлическими пластинами. — Киев, 1989.

4. Буачидзе О.Ш., Штернберг А.А. // Остеосинтез. — Л., 1974. — С. 14—15.
5. Буачидзе О.Ш., Штернберг А.А. и др. //Накостный и внутрикостный остеосинтез. — М., 1978. — С. 11—14.
6. Буачидзе О.Ш. //Хирургия. — 1983. — N 6. — С. 12—16.
7. Зубиков В.С. Стабильный остеосинтез метафизарных и метадиафизарных отделов бедренной и большеберцовой костей при лечении последствий травм и ортопедических заболеваний: Дис. ... канд. мед. наук. — М., 1986.
8. Лаврищева Г.И., Оноприенко Г.А. //Ортопед. травматол. — 1985. — N 9. — С. 1—5.
9. Михайлов И.Г. Стабильно-функциональный остеосинтез массивными металлическими пластинами при лечении последствий переломов диафиза бедренной кости: Дис. ... канд. мед. наук. — М., 1990.
10. Оноприенко Г.А. //Сов. мед. — 1986. — N 7. — С. 42—45.
11. Оноприенко Г.А. Васкуляризация костей при переломах и дефектах. — М., 1993.
12. Сиваш К.М., Берман А.М. и др. //Ортопед. травматол. — 1979. — N 3. — С. 54—56.
13. Скорогудаев А.В. Современный стабильно-функциональный остеосинтез при закрытых диафизарных переломах костей голени: Дис. ... канд. мед. наук. — М., 1993.
14. Muller M.E., Perren S.M. //Mschr. Unfallheilkunde. — 1972. — Bd. 75. — S. 442—454.
15. Perren S.M., Huggler A. et al. //Acta Orthop. scand. — 1969. — Suppl. 125. — P. 7—12.
16. Rhineland F.W. //Clin. Orthop. — 1974. — Vol. 105. — P. 34—81.

MICROCIRCULATION AND REGENERATION OF LONG BONES IN EXTRAOSSEOUS OSTEOSYNTHESIS BY AO SYSTEM

G.A. Onoprienko, V.S. Zubikov, I.G. Mikhailov

Three series of experiments in dogs were performed. In one series subtrochanteric osteotomy of the femur using compression osteosynthesis with Г-shape plate was carried out, in the other - osteotomy of the diaphysis of either the femur or tibia using osteosynthesis with straight plate, and in the third (control) series osteotomy was not performed and the plate was implanted under compression or without it. Bone tissue microcirculation was studied in the enlightened sections by authors' method using Indian ink-gelatine mixture; morphologic examinations were carried out on eosin-hematoxylin stained specimens. Presice effect of osteogenesis induction in the place of plate contact with the metal fixative was observed and it was most pronounced around the screw thread, that was considered as a factor of the additional osteosynthesis fixation. During the formation of primary consolidation the delay in angioarchitectonics retardation of the compact bone under the plate was noted. Microcirculatory bed response was of universal adoptive pattern and showed the formation of extravascular microcirculation at early stages.