

© Группа авторов, 1996.

Периферическое кровообращение в конечности при утолщении кости (экспериментальное исследование)

Н.В. Петровская, А.А. Ларионов, В.Д. Шатохин, Л.А. Смотров, А.Д. Наумов, Н.И.Гордиевских

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)

У 25 взрослых беспородных собак моделировали утолщение большеберцовой кости дозированным перемещением отщепов диафиза в поперечном направлении. Прижизненные и посмертные сравнительные исследования гемодинамики и сосудистой сети тазовых конечностей показали, что изменение формы кости сопровождалось морфо-функциональной перестройкой кровеносной системы голени. Изменения кровообращения и васкуляризации отражали компенсаторно-приспособительную реакцию организма на операционную травму, дозированное перемещение костного отщепов, пролонгированное костеобразование, растяжение окружающих кость мягких тканей. Происходило увеличение емкости циркуляторного бассейна за счет расширения всех звеньев артериальной сети, раскрытия резервного русла и формирования новых кровеносных сосудов. Изменения кровоснабжения голени сохранялись в течение 6 лет после снятия аппарата.

Ключевые слова: чрескостный остеосинтез, кровообращение, васкуляризация, регенерация.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Многолетние медико-биологические исследования по обоснованию применения чрескостного остеосинтеза по Илизарову в травматологии и ортопедии, проведенные в РНЦ "ВТО", показали, что репаративная регенерация тканей сопровождается увеличением кровоснабжения оперированного сегмента конечности и стимулирует в ней ангиогенез [1 - 5]. Выявленный сосудистый эффект был положен в основу применения чрескостного остеосинтеза в виде утолщения длинной трубчатой кости для лечения хронической ишемии конечностей [6]. Для изучения особенностей регионарной гемодинамики и перестройки кровеносного русла конечности при изменении формы кости были поставлены эксперименты на 25 беспородных собаках в возрасте 1,5 - 3 года.

Под внутривенным барбитуровым наркозом в условиях операционной на голень животного накладывали аппарат Илизарова, состоящий из двух опор. Обнажали диафиз большеберцовой кости в пределах будущего отщепов и электрофрезой с ограничителем, регулирующим глубину проникновения последней, производили продольные рассечения корковой пластинки диафиза, фиксировали будущий отщеп спицами к тракционной системе аппарата. После этого окончательно отделяли отщеп от материнской кости, соединяя с помощью долота концы продольных кортикотомий. Рану ушивали наглухо (рис. 1). Таким образом, при формировании отщепов старались максимально сохранить содержимое костномозговой полости в зоне вмешательства. Протяженность и толщина отщепов

колебались от 30 до 40%, соответственно, длины и поперечника кости. Первичный диастаз между материнской костью и отщепом колебался от 1,0 до 3,0 мм. Перемещение отщепов в поперечном направлении начинали с 4-х суток после операции с темпом 1,5 мм в сутки за 4 приема в течение 15 дней. Последующая фиксация продолжалась до двух недель, затем аппарат снимали. За животными наблюдали до 6 лет. Эвтаназию в разные периоды эксперимента осуществляли внутривенным введением барбитуратов. Состояние периферического кровообращения и сосудистой сети конечности оценивали электрофизиологическими, радионуклидными методами, с помощью прижизненной и посмертной ангиографии. Методом импедансной электроплетизмографии определяли пульсовое кровенаполнение в икроножной мышце. Реограмму записывали на аппарате "Мингограф-82" с помощью реографа РГ 4-01. Одновременно фиксировали широкополосную, дифференцирующую реограммы и электрокардиограмму. Расшифровку реограммы проводили общепринятыми методами [7]: определяли базисное сопротивление (R), рассчитывали реографический индекс (РИ), индекс периферического сопротивления (ИПС), индекс эластичности (ИЭ). Кроме того, записывали сфигмограмму после наложения манжеты в нижней трети голени. Для получения интегральной оценки кровенаполнения тканей голени использовали диэтилентриаминпентауксусную кислоту (ДТПА), меченную пертехнетатом Tc99m. Особенность данного соединения заклю-

чается в том, что оно циркулирует в сосудистом русле. Радиофармпрепарат (РФП) вводили внутривенно из расчета 0,27 МБк на 1 кг массы животного. Исследования выполняли на планисканере фирмы "Radiax" (Италия) через 20 минут после введения препарата. По окончании сканирования проводили сравнительную радиометрию в стандартных точках оперированной и контралатеральной конечностей. Для получения статистически достоверных величин подсчитывали 2000 - 5000 импульсов над симметричными точками обеих голеней. Статистическую обработку полученных данных проводили по t-критерию Стьюдента.

Прижизненную сравнительную ангиографию тазовых конечностей производили после чрезплечевой катетеризации брюшного отдела аорты. При помощи ангиографического аппарата "Tridoros-5S" делали серию рентгенографий после инъекции 25 мл 76% раствора верографина. У 15 животных была выполнена посмертная вазография путем заполнения артериального русла тазовых конечностей через аорту рентгеноконтрастной массой Гауха с последующей препаровкой тканей. Количественная оценка сосудов на артерио- и вазограммах проводилась при помощи окуляр-микрометра и сетки микроскопа МБС-2.

Морфологически исследовали скелетные мышцы, дистракционный регенерат и прилежащие к нему участки кости (исследования выпол-

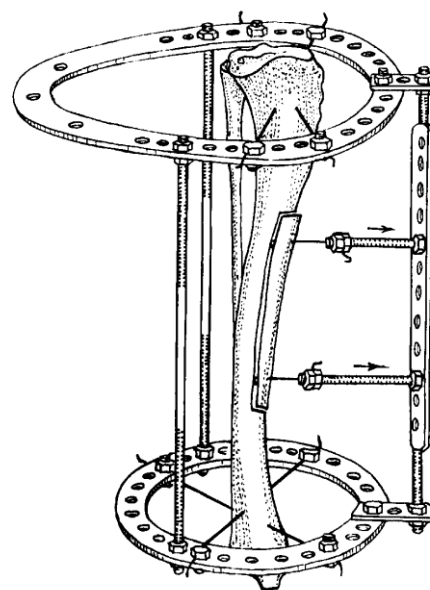


Рис. 1. Схема остеотомии большеберцовой кости и ее фиксация чрескостным аппаратом.

нены Т. С. Беркуцкой). Гистотопографические срезы костей окрашивали гематоксилином-эозином и по ван-Гизону. Гистохимически в срезах мышц, изготовленных в криостате, выявляли активность сукцинатдегидрогеназы [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В послеоперационном периоде до начала перемещения отщепы у животных отмечали умеренный отек оперированной голени. Первые сутки после вмешательства собаки щадили оперированную конечность, затем опорная функция частично восстанавливалась. Отек исчезал в первые дни после начала перемещения отщепы и более не появлялся. Через месяц после операции, к окончанию периода фиксации, опороспособность конечности восстанавливалась. Трофических расстройств в тканях оперированного сегмента во все периоды эксперимента мы не наблюдали.

Через трое суток после операции в 1,9 раза увеличивалась, по сравнению с исходным уровнем, активность радиофармпрепарата в кровеносном бассейне голени (рис. 2). На посмертных вазограммах обнаруживали усиление сосудистого рисунка на стороне операции за счет увели-

чения числа артерий 3, 4-го порядков. В зоне оперативного вмешательства магистральные ветви питательной артерии большеберцовой кости заполнялись массой Гауха. Морфологически к этому сроку наблюдения отмечали умеренную отечность параоссальных тканей в зоне операции, гиперемию надкостницы и пролиферацию клеточных элементов в ее камбиальном слое. Вблизи участков кортикотомий определяли очаги геморрагической инфильтрации костного мозга. На всем протяжении костномозговой полости большеберцовой кости имела обильная сеть полнокровных сосудов капиллярного типа. Среди жирового мозга формировались очаги пролиферации скелетогенной ткани. В субкортикальных отделах материнской кости и отщепы сохранялись многочисленные артериальные сосуды.

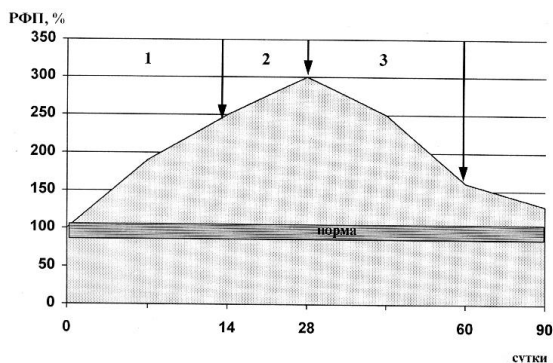


Рис. 2. Динамика распределения активности радиофармпрепарата в сосудистом русле голени при утолщении большеберцовой кости: 1 - период перемещения костного фрагмента и образования дистракционного регенерата; 2, 3 - периоды перестройки дистракционного регенерата.

После окончания дозированного перемещения костного фрагмента (18 суток эксперимента) по данным электрофизиологических исследований регистрировали увеличение кровенаполнения мышц голени и пульсового притока по магистральным артериям оперированного сегмента. Пульсовый приток в мягкие ткани голени снижался до 40% от исходного значения. Величина активности, циркулирующего в голени РФП, возрастала в 2,5 раза. На сканограммах выявляли зону максимального накопления РФП в области утолщения кости. Активность РФП здесь в 3,2 раза превышала значения в симметричных точках контралатеральной конечности. Прижизненные артериоангиографические исследования выявили более быстрое заполнение контрастным раствором сосудистого русла оперированной конечности, расширение магистральных сосудов, увеличение количества артерий 2, 3-го порядков. В зоне межкостного диастаза отчетливо контрастировался бассейн внутрикостной питательной артерии большеберцовой кости (рис. 3).

На посмертных вазограммах отмечалось увеличение в 1,5 раза диаметров подкожной артерии и ее ветвей, тыльной артерии стопы в сравнении с артериями контралатеральной конечности (рис. 4а). Сосудистый рисунок кожи и фасций голени сгущался, особенно по передне-наружной поверхности. Артерии всех групп мышц голени были умеренно расширены и нередко имели извитой ход. В 1,5 раза увеличивалось количество сосудов 3, 4-го порядков. Угол отхождения артерий 1-го порядка от передней большеберцовой артерии увеличивался до 100 - 120° вместо 70 - 80° в норме. Значительной перестройке подвергалась внутрикостная сосудистая сеть большеберцовой кости. Просвет внутрикостного отдела питательной артерии был расширен в 1,3 - 2,3 раза, восходящей и нисходящей ее ветвей — в 1,2 - 2,0 раза в сравнении с контралатеральной конечностью. Диаметр арте-

рий 2, 3-го порядков увеличивался в 2 - 3 раза. Количество сосудов 3, 4, 5-го порядков возрастало в 3 - 4 раза. Межкостный диастаз был заполнен густой сетью сосудов, строение и распределение которых соответствовали морфо - функциональному состоянию дистракционного регенерата (рис. 5).



Рис. 3. Прижизненная ангиограмма тазовых конечностей к окончанию перемещения костного фрагмента. Срок эксперимента — 18 суток.

Морфологически во всех зонах дистракционного регенерата имелись признаки ангиогенеза и перестройки предсуществовавшей сосудистой сети. В передней большеберцовой мышце и в длинном разгибателе пальцев установлено увеличение плотности капиллярной сети, расширение их просвета. Процессы неоваскулогенеза приводили к формированию в мышце густой васкулярной сети. Микрососуды имели извитой ход и, нередко, спиралевидно оплетали мышечные волокна. В контралатеральной конечности микрососуды имели продольную ориентацию и анастомозировали через редкие поперечные мостики. В мышечных волокнах отсутствовали признаки повреждения их структурной и метаболической организации.

К окончанию периода фиксации (33-34-е сутки эксперимента) активность накопления РФП в кровеносном бассейне голени оставалась высокой и превышала в 3 раза исходные показатели. На посмертных рентгеновазограммах сохранялось вышеописанное расширение магист-

ральных артерий голени и их ветвей (рис. 4б). В мышцах передней группы контрастировались сосуды 5-го порядка, которые широко анастомозировали между собой. Сохранялась извилистость артерий 2, 3-го порядков. Внутрикостная сосудистая сеть утолщенной кости оставалась резко расширенной. Морфологически к этому сроку эксперимента отмечали структурную дифференцировку новообразованных сосудов дистракционного регенерата и продолжающийся неоваскулогенез. В межтрабекулярных пространствах наряду с капиллярами формировались мелкие артерии и вены. Микроциркуляторное русло мышц голени сохранялось расширенным. Плотность капиллярной сети несколько уменьшалась по сравнению с предыдущим периодом.



Рис. 4а. Посмертная сравнительная ангиограмма тазовых конечностей при утолщении большеберцовой кости - период перестройки дистракционного регенерата в зрелую костную ткань.

После снятия аппарата, по данным электрофизиологических исследований, в течение месяца кровенаполнение мышц голени приближалось к исходной величине, но одновременно почти в 2 раза увеличился пульсовой приток крови. Пульсовое кровенаполнение мягких тканей оставалось увеличенным в течение 9 меся-

цев. Затем показатели возвращались к исходным величинам. Величина активности циркулирующего в голени РФП была увеличена в 2,5 раза, постепенно снижалась до нормы к третьему месяцу эксперимента. На посмертных вазограммах артериальная сеть голени продолжала оставаться сгущенной. В мягких тканях преобладали сосуды 4, 5-го порядков, которые образовывали многочисленные анастомозы. Морфологически в течение полугода после снятия аппарата плотность капиллярной сети в мышцах оперированной голени мало отличалась от таковой на контралатеральной конечности. Внутрикостная сосудистая сеть большеберцовой кости продолжала подвергаться морфо-функциональной перестройке. На посмертных сравнительных вазограммах голени, сделанных через 6 лет после снятия аппарата, выявляли расширение артерий 2, 3-го порядков в области смежных суставов и увеличенный диаметр ветвей питательной артерии.

Таким образом, прижизненные и посмертные сравнительные исследования кровеносной системы тазовых конечностей собаки при утолщении большеберцовой кости выявили морфо-функциональную перестройку артериальной сети голени. Изменения кровообращения и васкуляризации в конечности отражали компенсаторно-приспособительную реакцию организма на операционную травму, дозированное перемещение костного отщепы, пролонгированное костеобразование и растяжение мягких тканей. Сочетанное воздействие перечисленных факторов вызывало качественные и количественные изменения во всех звеньях артериального русла. Дозированное перемещение костного отщепы сопровождалось увеличением в 2,5 - 3 раза регионарного кровенаполнения тканей и ускорением кровотока. Увеличение емкости циркуляторного бассейна происходило за счет расширения всех звеньев артериальной сети, раскрытия резервного русла и формирования новых кровеносных сосудов с образованием многочисленных анастомозов. Зона гипervasкуляризации тканей определялась в проекции дистракционного регенерата и прилежащих фрагментов кости. Повышенное периферическое кровообращение и васкуляризация тканей конечности сохранялись длительное время после демонтажа аппарата, что указывало на органическую перестройку кровеносной системы голени в новых условиях гемодинамики.



Рис. 5. Артериальная сеть утолщенной и контралатеральной большеберцовых костей.



Рис. 46. Посмертная сравнительная артериограмма тазовых конечностей при утолщении большеберцовой кости - период перестройки дистракционного регенерата в зрелую костную ткань.

ЛИТЕРАТУРА

1. Илизаров Г.А., Хелименский А.М., Шрейнер А.А. Удлинение голени после закрытой флекссионной остеоплазии в эксперименте // Чрескост. компрес. и дистракц. остеосинтез в травматологии и ортопедии: Сб. науч. работ. КНИИЭКОТ. Вып. 3. - Л. 1977. - С. 4 - 6.
2. Зусманович Ф.Н., Мархашов А.М. Кровеносная система голени при ее удлинении // Проблемы чрескост. остеосинтеза в ортопедии и травматологии: Закономерности регенерации и роста тканей под влиянием напряжения растяжения: Сб. науч. трудов. Вып. 8. - Курган, 1982. - С. 84 - 88.
3. Состояние магистральных сосудов конечности при замещении дефектов костей голени по Илизарову в эксперименте / Г.А.Илизаров, А.М. Мархашов, Ф.Н. Зусманович, и др. // Теорет. и практ. аспекты чрескост. компрес. и дистракц. остеосинтеза: Тез. докл. Всесоюз. науч.-практ. конф. - Курган, 1976. - С. 77 - 78.
4. Наумов А.Д., Левитина Л.Х. Состояние кровообращения в оперированной конечности при дистракционном остеосинтезе по Илизарову в эксперименте // Вопросы чрескост. остеосинтеза по Илизарову: Сб. науч. трудов, посвящ. 10-летию ин-та. Вып. 7. - Курган, 1981. - С. 95 - 99.
5. Рефлекторная регуляция кровоснабжения конечности при лечении ортопедических больных по Илизарову / В.А. Щуров, Б.И. Кудрин, В.И.Шевцов, и др. // Центр. регуляции кровообращения: Тез. докл. IV Всесоюз. симпозиума. - Киев, 1981. - С. 144 - 145.
6. А.С. 1061803 СССР, МКИЗ 61 В 17/00. Способ лечения хронической ишемии конечности / Г.А. Илизаров, Ф.Н. Зусманович (СССР). - N 3472493/28-13; Заявлено 14.07.82; Оpubл. 23.12.83. - Бюл. N 3. - С. 22.
7. Сидоренко Г.И., Савченко Н.Е., Полонецкий Л.З. Реография и импедансная плетизмография. - Минск: Беларусь, 1978. - 159 с.
8. Берстон М. Гистохимия ферментов. - М., 1965. - 273 с.

Поступила в редакцию 26.07.96.