

УДК 616-13-002.18-031.37/.38-089
ББК 54.102
В19

Издано при финансовой поддержке Федерального агентства по печати и массовым коммуникациям в рамках Федеральной целевой программы «Культура России»

Шевцов В.И., Попков А.В., Щуров В.А. и др.

В19 Вазуляризирующие операции при артериальной недостаточности нижних конечностей. — М.: ОАО «Издательство «Медицина», 2007. — 208 с.: ил. ISBN 5-225-04061-6

Монография посвящена вариантам вазуляризирующих операций при ишемии конечностей различного генеза; особое внимание уделено нарушениям кровообращения на уровне микроциркуляторного русла.

Предложен новый авторский метод стимуляции вазонеогенеза с использованием аппарата Илизарова: дистракция отщипа большеберцовой кости; приведены результаты применения, разработаны показания и противопоказания, проведен анализ ошибок и осложнений.

Книга рассчитана на хирургов, ангиологов, травматологов-ортопедов.

УДК 616-13-002.18-031.37/.38-089
ББК 54.102

Shevtsov V. I., Popkov A.V., Shchurov V.A. et al.

Vascularizing surgery for lower extremity arterial insufficiency.— Moscow: Meditsina Publishers, 2007.— 208 p.: ill. ISBN 5-225-04061-6

The monograph analyzes modes of vascularizing operations for limb ischemia of various genesis. Particular emphasis is placed on microcirculatory disorders. The authors describe their method for stimulating neovasogenesis by means of the Ilizarov apparatus: distraction of a shin-bone chip. They also present the results of its application, indications and contraindications and analyze errors and complications. Readership: surgeons, angiologists, traumatologists, orthopedists.

ISBN 5-225-04061-6

© Коллектив авторов, 2007

Все права авторов защищены. Ни одна часть этого издания не может быть занесена в память компьютера либо воспроизведена любым способом без предварительного письменного разрешения издателя.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	8
Глава 1. Артериальная недостаточность нижних конечностей	13
1.1. Этиология и патогенез артериальной недостаточности нижних конечностей. Распространение, лечение и прогноз	13
1.2. Анатомия сосудистого русла конечностей	19
1.2.1. Общие подвздошные артерии	20
1.2.2. Наружная подвздошная артерия	21
1.2.3. Внутренняя подвздошная артерия	22
1.2.4. Бедренная артерия	23
1.2.5. Подколенная артерия	24
1.2.6. Передняя большеберцовая артерия	25
1.2.7. Задняя большеберцовая артерия	26
1.3. Система микроциркуляции (микроциркуляторное русло)	27
1.3.1. Артериальный отдел МР	27
1.3.2. Капилляры	29
1.3.3. Венозный отдел МР	29
1.3.4. Артериовенозные анастомозы	29
1.3.5. Лимфатическое русло	30
Глава 2. Методы исследования кровоснабжения нижних конечностей	31
2.1. Стандартные клинические методы обследования больных	31
2.2. Рентгеноконтрастные методы исследования периферического сосудистого русла	34
2.2.1. Посмертные и прижизненные рентгенологические исследования сосудистого русла	34
2.2.2. Варианты ангиографической диагностики заболеваний артерий нижних конечностей (показания, методики проведения и осложнения)	36
2.2.3. Применение лекарственных препаратов при ангиографии	38
2.2.4. Качественная оценка ангиограмм таза и нижних конечностей	39
2.2.5. Количественная оценка ангиограмм нижних конечностей	43
2.2.6. Ангиографические признаки основных заболеваний, приводящих к ишемии нижних конечностей	44
2.2.7. Коллатеральное кровообращение (система анастомозов) таза и нижних конечностей	46
2.3. Функциональные методы исследования кровоснабжения нижней конечности	47
2.3.1. Методы прижизненной оценки диаметра артерий	47

2.3.2. Измерение давления в различных отделах сосудистого русла	50
2.3.3. Оценка линейной и объемной скоростей кровотока	56
2.3.4. Оценка капиллярного кровотока	62
2.3.5. Определение напряжения кислорода и углекислого газа в тканях.	65
2.4. Исследование периферического кровообращения у больных с облитерирующими заболеваниями артерий нижних конечностей	68

Глава 3. Теоретические предпосылки и экспериментальное обоснование методик стимулирования микроциркуляции в тканях конечности при оперативных вмешательствах на костях.

3.1. Теоретические предпосылки стимулирования микроциркуляции	73
3.2. Экспериментальное обоснование методик стимулирования микроциркуляции	75
3.2.1. Роль неадекватных соотношений между нагрузкой и кровообращением в формировании тазовой конечности	75
3.2.2. Формирование distractionного регенерата при удлинении конечности.	78
3.2.3. Состояние кровеносного русла при удлинении конечности	91
3.2.4. Влияние туннелизации кости на состояние сосудистой системы нижней конечности.	92
3.2.5. Влияние distraction отщепов большеберцовой кости на состояние сосудистой системы нижней конечности	100
3.2.6. Изменения фасциального аппарата при ДОБК.	103
3.2.7. Особенности ангиогенеза в мышцах и distractionном регенерате при ДОБК.	105

Глава 4. Васкуляризирующие операции и возможность улучшения микроциркуляции нижних конечностей

4.1. Влияние травмы на кровоснабжение конечности	113
4.2. Кровоснабжение конечности при удлинении конечностей аппаратом Илизарова.	119
4.3. Кровоснабжение конечности у больных с последствиями перенесенного ранее полиомиелита	124
4.4. Клинические возможности васкуляризирующих операций у больных с облитерирующими заболеваниями сосудов нижних конечностей	126
4.4.1. Васкуляризирующие операции: остеотрепанация, остеоперфорация, туннелизация	126
4.4.2. Васкуляризация distraction отщепов большеберцовой кости	130
4.5. Лечение больных с облитерирующими заболеваниями артерий нижних конечностей с применением васкуляризирующей туннелизации кости	134
4.5.1. Методика ВТК	134
4.5.2. Реакция периферического кровообращения на ВТК у больных с облитерирующими заболеваниями артерий нижних конечностей.	136

4.6. Лечение больных с облитерирующими заболеваниями артерий нижних конечностей с применением васкуляризирующей distraction отщепов большеберцовой кости	144
4.6.1. Краткая характеристика групп больных	144
4.6.2. Методика ВДОБК	144
4.6.3. Реакция периферического кровообращения при ВДОБК у больных с облитерирующими заболеваниями артерий нижних конечностей.	149
4.6.3.1. Реакция периферического кровообращения при ВДОБК у больных с облитерирующим тромбангиитом сосудов нижних конечностей	149
4.6.3.2. Реакция периферического кровообращения при ВДОБК у больных с облитерирующим атеросклерозом сосудов нижних конечностей	157
4.7. Анализ результатов лечения больных с облитерирующими заболеваниями артерий конечностей	160
4.7.1. Анализ клинической работы	160
4.7.1.1. Анализ отдаленных результатов лечения	166
4.7.1.2. Ошибки и осложнения.	167
4.7.2. Анализ функциональных результатов лечения методом ВДОБК	169
4.7.2.1. Функциональные результаты ВДОБК у больных с облитерирующим тромбангиитом	169
4.7.2.2. Функциональные результаты ВДОБК у больных с облитерирующим атеросклерозом сосудов нижних конечностей	179
Заключение	187
Список литературы.	193

3.2.2. Формирование дистракционного регенерата при удлинении конечности

Регенерация костной ткани при дистракции костных фрагментов (вдоль оси конечности или в поперечном направлении) подчиняется общебиологическим законам существования живой материи и направлена на восстановление целостности кости.

ФГУ РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова располагает огромным опытом восстановления длины верхних и нижних конечностей (более 10 000 пациентов). Многолетние клинические и экспериментальные исследования репаративной регенерации тканей, кровоснабжения, иннервации и обменных процессов в тканях позволяют точно описать не только сам процесс удлинения конечности, вывести закономерности репаративной регенерации при дистракции, выяснить состояние магистральных сосудов и общего кровотока.

Весь сложный механизм регуляции регенеративного процесса до настоящего времени неизвестен, но роль нейрогуморального фактора в этом процессе несомненна.

На рентгенограммах первые признаки репаративной регенерации кости появляются через 2—3 нед дистракции в виде легкой дымки в диастазе между костными фрагментами. По мере удлинения тень костного регенерата приобретает продольную исчерченность и уже через месяц отчетливо видны более плотные участки костного регенерата у концов костных фрагментов и участок просветления в центральной части регенерата, который получил название «зона роста регенерата». Одновременно уже через 2 нед после операции отмечается *снижение плотности* концов костных фрагментов удлиняемого сегмента конечности, а через месяц начинает *исчезать четкость краев костных* фрагментов, тени которых в дальнейшем сливаются с тенью вновь образованного костного регенерата. Наиболее интенсивно деминерализация происходит в зоне метафиза удлиняемой кости.

На *продольных денситограммах* во время дистракции в области диастаза отчетливо выделяются проксимальный и дистальный участки регенерата, прилегающие к костным фрагментам, и центральный участок — так называемая зона роста регенерата. На протяжении всего периода дистракции *оптическая плотность* (ОП) «зоны роста» соответствовала ОП прилежащих мягких тканей. Оптическая плотность проксимального (в большей степени) и дистального участков регенерата постоянно росла и к концу дистракции достигала 50—55 % ОП диафиза. Оптическая плотность «зоны роста» регенерата не превышает 30 % плотности диафиза кости в течение всего периода дистракции. Уже в конце периода дистракции непосредственно у концов костных фрагментов в регене-

рате начинается формирование костномозгового канала. В процессе периода фиксации плотность костного регенерата продолжает нарастать, исчезает «зона роста». К моменту снятия аппарата ОП костного регенерата составляла в среднем $91,2 \pm 2,1$ % от ОП диафиза кости.

Количественное определение минеральных веществ в костной ткани удлиняемого сегмента осуществлялось на костном *денситометре* фирмы «Норленд» (США), работа которого основана на принципе *фотонной абсорбциометрии*.

Содержание минеральных веществ в «зоне роста» костного регенерата во время дистракции на превышало 2,3 % по отношению к интактной кости на соответствующем уровне. В процессе дистракции содержание минералов у концов костных фрагментов уменьшалось на $5 \pm 0,7$ %; к моменту снятия аппарата содержание минералов костного регенерата в «зоне роста» составляло $66,7 \pm 8,7$ % от интактной кости.

Таким образом, во время удлинения конечности одновременно идет как процесс резорбции, так и процесс минерального насыщения регенерирующей кости.

На 5-й день после операции возрастала концентрация всех без исключения *гормонов: соматотропного* (СТГ) в 3—4 раза, *кальцитонина* (КТ) в 2 раза, *паратиреоидина* (ПТГ) в 6 раз, *аденозинмонофосфата* (АМФ) в 11 раз и *циклических гуанинмонофосфатов* (ц-ГМФ) в 6 раз. Данное повышение расценено нами как ответ организма на травму, стрессовую ситуацию. К 7-му дню дистракции концентрация перечисленных выше гормонов снизилась в 1,3—2 раза. Концентрация ПТГ сохранялась в первые 14—30 дней дистракции, следствием чего является деминерализация костных фрагментов: под воздействием ПТГ и продуктов его гидролиза в остеокластах активируются ферменты, разрушающие промежуточное вещество кости, что свою очередь приводит к повышению концентрации Ca^{++} и фосфатов в плазме крови [High W.B. et al., 1981].

Функциональным антагонистом ПТГ является КТ: в остеокластах он ингибирует ферменты, разрушающие костную ткань, и тем самым способствует снижению концентрации Ca^{++} в крови и оказывает активирующее влияние на остеобласты, способствуя минерализации кости [Бабаева А.Г., 1972]. Наиболее заметно повышение концентрации КТ в период фиксации, когда процессы минерализации регенерата наиболее интенсивны.

СТГ, концентрация которого в 2—3 раза превышает норму в течение всего периода дистракции, стимулирует синтез протеогликанов и коллагена, чем способствует росту кости. Интересно, что, по данным литературы, в растущем организме детей концентрация СТГ повышена также в 2—3 раза по сравнению со здоровым взрослым человеком [Балаболкин М.И., 1978].

Гормоны, как правило, действуют на клетки-мишени не непосредственно, а через ферменты, катализируя цепь реакций, в результате которых образуется ц-АМФ. Основными задачами ц-АМФ являются:

- ▲ активизация специфических ферментов клетки;
- ▲ стимуляция притока в клетку кальция и регуляция его количества;
- ▲ регуляция клеточного деления.

Повышенное содержание ц-АМФ наблюдается весь период формирования и перестройки костного регенерата.

Таким образом, при удлинении конечностей протекают сложные процессы, направленные на рост всех тканей, в частности костной; регенерация костной ткани регулируется гормональной системой и представляет сложный процесс, включающий как резорбцию, деминерализацию костей (преимущественное влияние ПТГ), так и формирование нового органического матрикса кости (СТГ) и его минерализацию (КТ).

Обращает на себя внимание, что изменение ритма distraction изменяет и динамику гормонального фона, вследствие чего предложен и широко используется автоматический высокочастотный режим удлинения кости аппаратом Илизарова. По сравнению с классическим методом distraction, когда суточное удлинение (1 мм) осуществляют в дневное время за 4 приема (0,25 мм × 4 раза), автоматический режим distraction является менее травматичным, так как удлинение кости на 1 мм достигается в течение суток (0,017 мм × 60 раз).

Наши клинические наблюдения и экспериментальные исследования доказывают, что регенераторный процесс в тканях удлиняемого сегмента неразрывно связан с процессом кровоснабжения, а distractionный остеосинтез стимулирует развитие мощной капиллярной сети. Нарушение целостности кости и процесс distraction у больных с различными заболеваниями приводили к существенному статистически достоверному увеличению объемной скорости кровотока голени (в 3,1 раза) при $p \leq 0,001$.

Наиболее наглядное представление о состоянии кровотока в удлиняемой конечности и связанных с ним изменениях обменных процессов в костной ткани дают радионуклидные исследования.

Хорошо известны явление постоянного обновления элементов костной ткани и ее высокая чувствительность к действию внешних и внутренних факторов; постоянные специфические метаболические процессы как минеральных, так и органических компонентов кости очень интенсивны и в ряде случаев превышают активность метаболизма в таких органах, как печень, кожа и др. [Касавина Б.С., Тарбенко В.П., 1972, 1975].

Радионуклидный метод исследования основан на способности остеотропных радионуклидных фармацевтических препаратов (РФП) включаться в минеральный обмен и осаждаться на поверхности кристаллов гидроксиапатита. Повышение содержания РФП выявляется в первую очередь в молодых, частично минерализованных костных структурах и в зонах с наиболее выраженными реактивными явлениями; в зонах некроза и малодифференцированных структур препарат не накапливается. Скорость объемного кровотока измерялась по величине циркулирующей диэтилентриаминпентауксусной кислоты; фиксировались проценты изменения содержания меченого фосфона и уровня циркулирующей ДТПА относительно исходных значений (до операции — если оперировали обе конечности) или относительно показателей контрольной конечности (если оперировали одну из них).

До операции у всех обследованных пациентов в большой конечности наблюдалось снижение накопления меченого фосфона, что указывало на ослабление обменных процессов в костной ткани; при изучении капиллярного кровотока голени также было обнаружено его снижение (до 70—94 %); distraction начиналась через 7 дней после наложения компрессионного distractionного аппарата.

Как видно из табл. 3.1, сразу после операции активность обменных процессов резко возросла, к концу 1-го месяца distraction она достигла максимума, а затем постепенно снижалась.

Морфологическое изучение тканей голени (в эксперименте на беспородных собаках) при distractionном остеосинтезе (гистологических и гистотопографических срезов, окрашен-

Таблица 3.1. Накопление РФП и скорость объемного кровотока у больных с укорочением конечности (n=51)

Этап лечебного процесса	Накопление меченого фосфона (%)	Скорость объемного кровотока (%)
Distraction аппаратом Илизарова, период от начала distraction:		
7-й день	425±0,77	250±0,18
1 мес	851±1,51	345±0,03
4 мес	502	311±0,35
Фиксация аппаратом Илизарова:		
1 мес от начала фиксации	475±0,32	241±0,12

Примечания.

1. Все изменения в таблице статистически достоверны (p от $\leq 0,01$ до $\leq 0,05$).

2. Через 21 день после демонтажа аппарата Илизарова уровень накопления меченого фосфона составил $218 \pm 0,01$ %, а через 1 год — $132 \pm 0,05$ %.

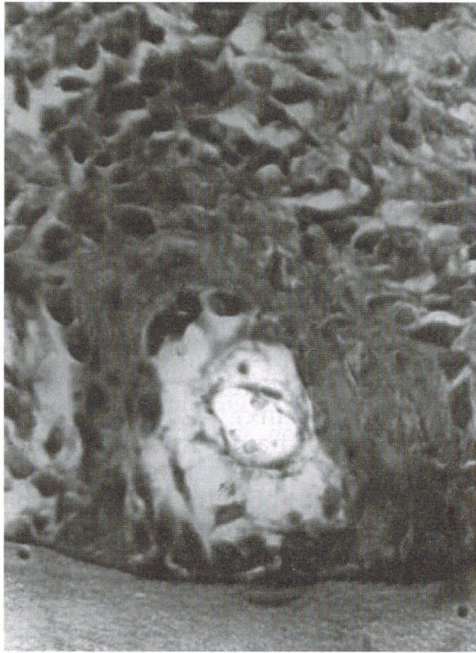
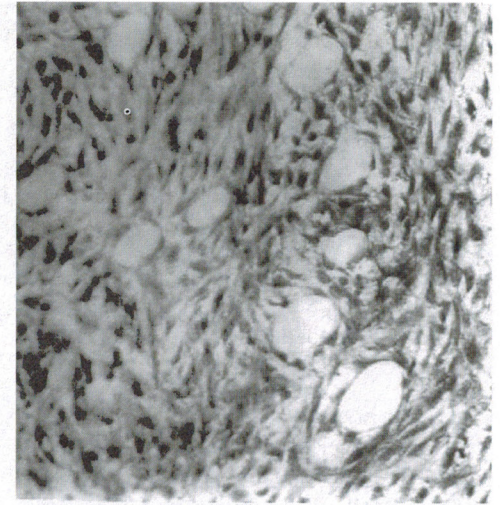


Рис. 3.3. Проллиферативные явления в пристеночных участках костномозгового канала (4 дня после операции). Микрофото; ув. 160; ШИК-реакция.

ных различными методами) выявило следующее: в первые дни после операции пролиферативные явления в костных отломках отсутствовали. В зоне остеотомии, в надкостнице и прилежащих участках костного мозга отмечались кровоизлияния и выраженная гиперемия, отек и имbibция эритроцитами надкостницы, параоссальных тканей и костного мозга. В щели между отломками рас-

полагались форменные элементы крови и костные опилки. На 3-й день после операции на фоне выраженных расстройств кровообращения в костномозговом канале проксимального отломка выявлялись отдельные очаги пролиферации скелетогенных элементов эндоста и малодифференцированных клеток костного мозга. Располагались они в пристеночных (перимедулярных) и центральных участках костномозгового канала и нередко вокруг старых костных балочек. Импрегнация препаратов серебром по Фути позволила выявить в подобных участках пролиферации скелетогенной ткани нежную сеть аргирофильных волокон. На 4-й день после операции (рис. 3.3) явления пролиферации нарастали и наблюдались также в дистальном отломке. К этому сроку в пристеночных отделах костномозгового канала проксимального отломка (в непосредственной близости от линии опилов) отмечалось появление молодых костноостеоидных балочек, располагающихся в виде сети и спаянных с внутренней поверхностью компактного вещества кости. Молодые костные балки отличались выраженной ШИК-позитивной окраской промежуточного вещества (более интенсивно окрашивались волокнистые структуры, приобретающие по мере созревания балок характер коллагеновых). Новообразованная кость отделялась от старой четкими, интенсивно окрашенными линиями склеивания. Промежноточ-

Рис. 3.4. Проллиферативные явления в центральных участках костномозгового канала (4 дня после операции). Микрофото; ув. 80; окраска гематоксилином и эозином.



ное вещество костно-остеоидных балочек интенсивно окрашивалось и алциановым синим при pH 2,6. В центральных отделах костномозгового канала вблизи от линии опилов отмечалось увеличение размеров и слияние островков пролиферации скелетогенной ткани; эндостальная реакция приобретала разлитой, диффузный характер (рис. 3.4). В зоне пролиферации значительно нарастало количество кровеносных сосудов капиллярного типа.

К концу 5-го дня после операции костномозговой канал был заполнен эндостальным регенератом, протяженность которого увеличилась и в проксимальном отломке была несколько больше, чем в дистальном (3,0—1,5 мм). В пристеночных отделах костномозгового канала, непосредственно у линии опилов, и на протяжении 2—3 мм от нее наблюдалось новообразование сети костноостеоидных балок. Центральные участки были представлены скелетогенной тканью, состоящей из отростчатых и вытянутых веретенообразных клеток и нежной сети аргентофильных волокон. При окраске толуидиновым синим (pH 3,6) здесь выявлялись кислые гликозаминогликаны. Сохранялась гиперемия костного мозга.

На 7-й день после операции (непосредственно перед началом distraction) между отломками было сформировано сращение за счет эндостального регенерата, состоящего из скелетогенной ткани и сети костноостеоидных балочек, располагавшихся в пристеночных участках костномозгового канала.

В щель между концами кортикальных пластинок отломков со стороны костномозгового канала проксимального отломка вращала скелетогенная ткань, богатая кровеносными сосудами.

Непосредственно к началу distraction протяженность эндостальной реакции достигла 6 мм. Костные балки располагались в виде густой мелкопетливой сети (рис. 3.5). Новообразование балок наблюдалось не только в пристеночных отделах костномозгового канала, но и в центральных его участ-