

**Возможности метода повторных остеоперфораций  
для улучшения кровообращения в конечностях  
при хронической ишемии**

**А.А. Ларионов, Е.Н. Щурова, М.Ю. Речкин**

**Potentials of the technique of repeated osteoperforations  
for limb circulation improvement in case of chronic ischemia**

**A.A. Larionov, E.N. Shchurova, M.Y. Rechkin**

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)

---

В работе представлены результаты динамического исследования современными методами состояния периферического кровообращения в нижних конечностях у 24 больных с облитерирующим атеросклерозом после применения метода повторных остеоперфораций. Простое и малотравматичное хирургическое вмешательство, направленное на создание множественных очагов репаративной регенерации и реактивной гиперемии, достоверно обеспечивает стойкое улучшение регионарной гемодинамики и метаболизма тканей как при компенсированных, так и при декомпенсированных расстройствах кровоснабжения конечностей.

Ключевые слова: атеросклероз, остеоперфорации, репаративная регенерация, кровообращение.

The results of the dynamic study of peripheral circulation status of lower limbs are presented in the work in 24 patients with obliterating atherosclerosis after use of the technique of repeated osteoperforations. A simple surgery of little damage, directed to formation of multiple foci of reparative regeneration and reactive hyperemia, reliably makes available persistent improvement of regional haemodynamics and metabolism of tissues both for compensated and for decompensated disorders of limb blood supply.

Keywords: atherosclerosis, osteoperforations, reparative regeneration, circulation of the blood.

---

ВВЕДЕНИЕ

Окклюзионные заболевания артерий конечностей, и в первую очередь облитерирующий атеросклероз, относятся к наиболее распространенным заболеваниям человека. По данным В.С. Савельева (1992), ими страдает в России 1,5-2% людей старше 40 лет.

Возможности реконструктивной хирургии ограничены, потому что реконструированные артерии подвергаются тромбозу через 2-5 лет. Кроме того, при окклюзии или стенозе артерий, имеющих небольшой диаметр, даже применение микрохирургической техники часто не позволяет получить положительный результат лечения [4, 5].

Известно, что костная травма сопровождается появлением очагов артериальной гиперемии в кости и приводит к увеличению интенсивности кровообращения на весь последующий период костеобразования [1, 3, 8-10]. Этот биологический феномен послужил основанием для развития методик компенсации хронической ишемии при окклюзионных заболеваниях артерий, основанных на возбуждении остеорепарации, возни-

кающей после нанесения операционной костной травмы. В РНЦ "ВТО" им. акад. Г.А. Илизарова в результате проведенных экспериментально-теоретических исследований был разработан способ лечения хронической ишемии конечности, заключающийся в выполнении повторных остеоперфораций [2]. Эксперименты, выполненные на животных, показали, что при повторяющемся воздействии агрессивного фактора формируется "кооперативный эффект" в ответной сосудистой реакции организма, проявляющийся увеличением выраженности и продолжительности периода артериальной гиперемии [6]. Методика повторных остеоперфораций была применена в клинической практике для стимуляции ангиогенеза и коллатерального кровотока при хронической ишемии конечностей.

Целью данной работы являлось исследование физиологическими методами периферического кровообращения после повторяющихся остеоперфораций нижних конечностей у больных с облитерирующим атеросклерозом.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

С целью выявления реакции кровеносной системы нижней конечности у больных с облитерирующим атеросклерозом на повторные остеоперфорации было проведено исследование регионарного кровообращения до лечения (24 больных), через 7-14 дней (в среднем  $14,8 \pm 0,96$ ) (15 больных), через 4-11 месяцев (в среднем  $7,3 \pm 0,61$ ) (14 больных). Параллельно проводили обследование контрольной группы здоровых добровольцев (14 человек). Возраст больных составлял в среднем  $54,5 \pm 1,5$  лет (от 45 до 66 лет). Давность заболевания колебалась от 1 до 15 лет. Клинически выявляли IIa стадию ишемии у 8 больных, IIб – у 10 больных, III стадию ишемии – у 8 больных, IV – у 6 больных (по классификации А.В. Покровского).

**Методика операции.** После обработки операционного поля под местной или перидуральной анестезией спицей Киришнера диаметром 1,8-2 мм производили с помощью электродрели насверливание метафизов длинных трубчатых костей и костей стопы так, чтобы верхний уровень нанесения сквозных остеоперфораций располагался проксимальнее зоны нарушенного кровоснабжения. В послеоперационном периоде проводили инфузионную терапию вазоактивными препаратами, назначали антикоагулянты, антиагреганты. С целью получения кооперативного эффекта в ответной реакции кровеносной системы на хирургическую костную травму через оптимальный период времени повторяли остеоперфорации в ранее оперированной конечности.

До операции и в процессе лечения контролировали у больных изменения регионарной гемодинамики и состояние метаболизма в тканях конечностей. С помощью ультразвуковой доплерографической установки ("Ангиоплюс", Россия)

оценивали магистральный кровоток в общей бедренной, подколенной, задней большеберцовой и тыльной артериях стопы. Регистрировали прямую фазу максимальной линейной скорости -  $V(+)$  (см/сек), рассчитывали индекс пульсации (Pi) и демпинг-фактор (fd) линейного кровотока.

Системное систолическое и диастолическое артериальное давление измеряли по методу Короткова. Регионарное систолическое давление на нижней конечности определяли методом Рива-Роччи с ультразвуковой регистрацией артериального пульса. Рассчитывали градиенты давления по формуле:

$$\text{ИРСД} = \text{РСД} / \text{ПСД},$$

где ИРСД - индекс регионарного систолического давления, РСД - регионарное систолическое давление, ПСД - систолическое давление на плече.

Напряжение кислорода крови кожных покровов (мм.рт.ст.) нижних конечностей регистрировали с помощью чрескожного мониторинга 840 (VFD)  $\text{PtcO}_2/\text{PtcCO}_2$  фирмы "NOVAMETRIX" (США). Определяли напряжение кислорода ( $\text{PtcO}_2$ ) и углекислого газа ( $\text{PtcCO}_2$ ) крови кожи стопы (мм.рт.ст.).

Микроциркуляцию кожи стопы исследовали с помощью лазерной доплерографической флуометрии ("Ангиоплюс", Россия). Регистрировали такие показатели как капиллярный кровоток (КК, в), частота флуктуаций (уд/мин), регионарное сосудистое сопротивление (РСС, ЕПС 100). Статистическая обработка результатов исследования была проведена с использованием методов вариационной статистики с определением параметрического t-критерия по Стьюденту.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Динамическое клиническое и инструментальное изучение периферического кровообращения у больных с облитерирующим атеросклерозом нижних конечностей показало, что ближайший послеоперационный период характеризовался улучшением их функционального состояния. Некоторые признаки ишемии подвергались обратному развитию. Кожные покровы становились теплее, отмечали ускоренный рост их придатков (ногтей и покровных волос). Симптом перемежающейся хромоты исчез у 5 пациентов с компенсированными расстройствами кровоснабжения. Локомоторная выносливость больных возрастала в несколько раз. При декомпенсации периферического кровообращения у больных удалось купировать боли в состоянии покоя.

Операционная костная травма (osteoperforации) вызывала более выраженную реакцию крове-

носных сосудов дистальных отделов конечности и микроциркуляторного русла (табл. 1).

В стадии компенсированной недостаточности кровообращения (IIa-IIб) при анализе магистрального кровотока в конечности было выявлено, что в подколенной и тыльной артериях увеличивался демпинг-фактор кровотока соответственно на 19% и 80% ( $P < 0,05$ ), индекс пульсации увеличивался только в тыльной артерии стопы (на 36%,  $P < 0,05$ ). Следует отметить, что у 6 больных до лечения отсутствовала пульсация на тыльной артерии стопы. В первую неделю после второй операции остеоперфораций у 4-х из них можно было определить коллатеральный кровоток в зоне локализации этой артерии. Через полгода после остеоперфораций наблюдали увеличение индексов давления на 22% ( $P < 0,05$ ) (табл. 2).

Таблица 1.

Кровоток в магистральных артериях нижних конечностей у больных с облитерирующим атеросклерозом до и после остеоперфораций

Стадия ишемии	Этап набл.	Кол-во набл.	Наименование артерий										
			a. femor.		a. popl.			a. tibial. post.			a. dorsal. pedis		
			V <sub>(+)</sub>	Pi	V <sub>(+)</sub>	Pi	f <sub>d</sub>	V <sub>(+)</sub>	Pi	f <sub>d</sub>	V <sub>(+)</sub>	Pi	f <sub>d</sub>
Контрольная группа		26	14,0±1,1	6,0±0,3	6,0±0,7	6,7±0,5	1,2±0,1	5,0±0,4	7,0±0,4	1,2±0,1	5,0±0,4	7,6±0,6	1,2±0,1
II	1	17	8,8±0,9	4,7±0,6	3,0±0,5	4,0±0,7	0,8±0,1	2,5±0,5	4,0±0,7	0,9±0,2	2,3±0,3	2,5±0,3	0,5±0,0
	2	8	9,1±1,0	3,5±0,4	3,1±0,7	4,1±0,7	1,1*±0,1	2,4±0,3	2,4±0,1	0,6±0,1	2,1±0,01	2,5±0,1	0,8±0,1
	3	7	7,0±0,9	5,0±1,0	2,8±0,6	4,0±0,4	1,0*±0,2	2,4±0,3	3,6±0,5	0,8±0,1	2,8±0,5	3,4*±0,6	1,1*±0,1
III-IV	1	8	7,5±1,4	3,3±0,4	4,6±0,8	3,1±0,4	0,9±0,1	2,6±0,6	2,0±0,1	0,7±0,1	3,3±0,7	2,4±0,1	0,8±0,1
	2	7	6,5±0,8	4,4±0,6	4,7±0,3	2,9±0,3	0,7±0,1	2,5±0,3	2,2±0,2	0,9±0,03			
	3	7	9,5±0,8	4,1±0,6	3,0±1,2	2,4±0,3	0,6±0,1	1,5±0,3	2,8*±0,2	1,2*±0,1	2,0±0,3	2,7±0,3	0,9±0,1

Примечание: 1 – до лечения, 2 – 7-14 дней после остеоперфорации, 3 – 6 месяцев после лечения.

\* - достоверность отличия показателей от дооперационного уровня, P &lt; 0,05

Таблица 2.

Динамика регионарного систолического давления (мм.рт.ст.) нижних конечностей у больных с облитерирующим атеросклерозом после остеоперфорации

Стадия ишемии	Этап набл.	Кол-во набл.	Систолическое давление			Индексы давления	
			плечо	н/з бедра	лодыжка	н/з бедра	лодыжка
II	1	17	153±7	101±10	84±8	0,69±0,05	0,54±0,05
	2	8	162±10	109±2	87±11	0,67±0,07	0,54±0,08
	3	7	143±11	199±8	94±11	0,84*±0,01	0,67*±0,01
III - IV	1	7	141±10	116±14	65±3	0,82±0,01	0,45±0,02
	2	7	146±10	115±5	68±9	0,80±0,08	0,47±0,03
	3	7	137±17	133±15	81±9	1,06*±0,01	0,71*±0,02

Примечание: 1 – до лечения, 2 – 7-14 дней после остеоперфорации, 3 – 6 месяцев после лечения.

\* - достоверность отличия показателей от дооперационного уровня, P &lt; 0,05

Микроциркуляторное русло кожных покровов конечности реагировало еще более выражено. Капиллярный кровоток увеличивался на 63% (P<0,05), сосудистое сопротивление снижалось на 46% (P<0,05) и достигало уровня здоровых мужчин (табл. 3). Напряжение кислорода возрастало на 72% (P<0,05), а напряжение углекислого газа снижалось на 22% (P<0,05).

При III-IV стадии хронической ишемии характер кровотока в бедренной и подколенной артериях почти не изменялся, что указывало на существование на этом уровне сформировавшихся путей окольного кровотока, поскольку отмечали в задней большеберцовой артерии увеличение индекса пульсации и демпинг-фактора соответственно на 40% и 69% (P<0,05). Так же, как и при II стадии ишемии, увеличивался индекс давления в нижней трети бедра и в нижней трети голени на 29% и 58% (P<0,05). Величина изменения показателей микроцирку-

ляции была несколько выше, чем при II стадии ишемии. Капиллярный кровоток возрастал на 143% (P<0,05), сосудистое сопротивление снижалось на 56% (P<0,05). Напряжение кислорода в коже стопы увеличивалось на 46%, а напряжение углекислого газа снижалось на 41% (P<0,05).

Таким образом, после повторных остеоперфораций нижней конечности у больных с облитерирующим атеросклерозом отмечали устойчивые изменения регионарной гемодинамики и метаболизма тканей, проявляющиеся в виде увеличения индекса пульсации и демпинг-фактора артерий стопы, индексов регионарного систолического давления, капиллярного кровотока, напряжения кислорода крови в коже стопы и снижения регионарного сосудистого сопротивления, напряжения углекислого газа в крови кожных покровов.

Таблица 3.

Изменения микроциркуляции в коже стопы у больных с облитерирующим атеросклерозом после повторных остеоперфораций нижней конечности

Стадия ишемии	Этап набл.	Кол-во набл.	КК (в)	РСС (ЕПС 100)	PtcO <sub>2</sub> (мм.рт.ст.)	PtcCO <sub>2</sub> (мм.рт.ст.)
Контрольная группа		13	5,0±1,0	28±6	53,8±1,6	41,6±2,4
II	1	17	2,4±0,3	48±7	32,1±6,2	60,0±6,8
	2	9	4,0±0,4*	26±1,9*	55,0±3,4*	47,1±1,9*
III - IV	1	10	1,5±0,3	87±18	28,0±0,9	51,0±3,0
	2	10	3,7±0,9*	38±10*	41,1±9,2*	30,1±7,8*

Примечание: 1 - до лечения, 2 - после лечения, \* - достоверность отличия показателей от дооперационного уровня, P ≤ 0,05

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Проведенные исследования показали, что остеорецептивная система кости реагирует как единое целое, участвуя в регуляции общих и системных реакций организма [11]. Установленная нами динамика периферического кровообращения у больных с облитерирующим атеросклерозом после применения повторных остеоперфораций соответствовала общей картине ранее выявленных при чрескостном остеосинтезе особенностей компенсаторно-приспособительных реакций систем организма, обеспечивающих регенеративные процессы, изменений регионарной гемодинамики в связи с увеличением емкости циркуляторного русла и ускорением кровотока в связи с образованием ангиогенных факторов физической и химической природы, стимулирующих новообразование и структурную перестройку уже существовавшего кровеносного русла [7]. Стойкое увеличение кровенаполнения конечности и кровотока подтверждалось в наших исследованиях повышением таких показателей регионарной гемодинамики как демпинг-фактор, индекс пульсации кровотока артерий стопы и индекс регионарного давления. Однако в крупных магистральных артериях практически отсутствовали изменения гемодинамики, что свидетельствовало о более высокой степени их поражения атеросклеротическим процессом и об организации на этом уровне системы коллатерального кровотока.

Следует отметить, что в наших исследованиях процент увеличения показателей микроциркуляции и напряжения кислорода в коже стопы почти вдвое превышал их величину после реконструктивных

операций [8]. После повторных остеоперфораций, наряду с ростом величины напряжения кислорода кожи стопы, мы отмечали снижение показателя напряжения углекислого газа, что может косвенно свидетельствовать об улучшении тканевого дыхания.

Необходимо обратить внимание на тот факт, что после выполнения повторных остеоперфораций мы не наблюдали ухудшения микрогемодинамики в стопе. Простая и малотравматичная методика позволяла создать очаги репаративной регенерации и артериальной гиперемии равномерно с вовлечением в зону воздействия проксимальных отделов конечности, где сохранялись условия достаточного кровоснабжения. Равномерное и контролируемое на каждом этапе распределение хирургического воздействия по силе и анатомическим областям на протяжении всей пораженной конечности, исключало проявление «эффекта обкрадывания» в кровоснабжении стопы, как правило, наблюдаемого после применения способа утолщения кости по Илизарову–Зусмановичу при высоких окклюзиях магистральных артерий, вызванных облитерирующим атеросклерозом. Знание особенностей изменения регионарной гемодинамики, сопутствующих применению способа Илизарова–Зусмановича, должны предостеречь хирургов от выполнения такой операции в проксимальных отделах конечности у больных с высокими окклюзиями артерий, мультифокальным поражением сосудов, а также при недостаточных функциональных резервах периферической кровеносной системы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, повторные остеоперфорации конечностей у больных с облитерирующим атеросклерозом вызывают в сочетании с медикаментозной терапией увеличение кровенаполнения артерий стопы, усиление пульсирующего характера кровото-

ка, увеличение градиента регионарного систолического давления, возрастание капиллярного кровотока и напряжения кислорода в коже стопы, что способствует достижению устойчивой компенсации ишемических расстройств.

## ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. 1061803 СССР, МКИ<sup>3</sup> А 61 В 17/00. Способ лечения хронической ишемии конечности / Г.А. Илизаров, Ф.Н. Зусманович (СССР). - № 3472493/28-13; Заявлено 14.07.82. - Оpubл. 23.12.83. - Бюл. № 47.
2. Заявка № 93045689/14, РФ, МКИ<sup>3</sup> А61 В 17/56 Способ лечения хронической артериальной недостаточности /Шевцов В.И. (РФ), Ларионов А.А.(РФ). РНЦ "ВТО" им. акад. Г. А. Илизарова (РФ) - Заявлено: 09.09.93; - Оpubл. 20.03.96. Бюл. № 8.
3. Зусманович Ф.Н. Новый метод активизации коллатерального кровообращения - реваскуляризирующая остеотрепанация // Вестн. хир. - 1991. - № 5-6. - С. 114-115.
4. Реваскуляризирующие операции при ишемии нижних конечностей: Методические указания / Сост. Ю.И. Казаков. - Тверь, 1991. - 25 с.
5. Козлов В.П. Сравнительная оценка результатов изолированных и комбинированных реконструктивных операций и поясничной симпатэктоми при окклюзированных заболеваниях брюшной аорты и артерий нижних конечностей: Дис... канд. мед. наук. - М., 1990.
6. Ларионов А.А. Дистракционный остеосинтез и эволюция костных трансплантатов: Автореф. дис... д-ра мед. наук. - Пермь, 1995. - 31 с.
7. Основные звенья механизма компенсации хронической ишемии конечностей методом дистракционного остеосинтеза / В.И. Шевцов, А.А. Ларионов, К.С. Десятниченко и др. // Ангиология и сосудистая хирургия. - 1995. - № 2. - С. 132.
8. Прохоров Г.Г., Сазонов А.Б., Скородумов Ю.Ф. Физиологические аспекты эффективности реконструктивных операций при облитерирующем атеросклерозе нижних конечностей // Вестник хирургии. - 1992. - № 4-6. - С. 78-82.
9. Фишкин В.И. и др. Регионарная гемодинамика при переломах костей / В.И. Фишкин С.Е. Львов, В.Е. Удальцов. - М.: Медицина, 1981. - 184 с.
10. Лечение окклюзионных заболеваний нижних конечностей по методу Г.А. Илизарова / А.А. Фокин, А.Н. Кулак, Ал.А. Фокин, Л.П. Вербовецкий // Хирургия. - 1988. - № 8. - С. 82-85.
11. Jankovsky G. Osteoreceptive sensory system // Latv. Zinatnu. Acad. Vestis. - 1992. - №4. - P. 52-54.

Рукопись поступила 14.06.2000.