

## Дифференцированный подход к хирургическому лечению больных с хронической ишемией нижних конечностей

М.Ю. Речкин, Е.Н. Щурова, Ю.А. Корабельников

### *Differentiated approach to surgical treatment of patients with chronic ischemia of the lower limbs*

M.Iu. Rechkin, E.N. Shchurova, Iu.A. Korabel'nikov

Федеральное государственное бюджетное учреждение

«Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. академика Г. А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган  
(директор — д. м. н. А. В. Губин)

**Цель.** Улучшение результатов хирургического лечения больных с хронической ишемией нижних конечностей, обусловленной дистальным поражением артериального русла, путём дифференцированного применения методик непрямого реvascularization. **Материалы и методы.** Исследование выполнено у 63 больных (89 ишемизированных конечностей). При лечении использовали три вида оперативных вмешательств: реvascularization дистракцией отщеп кости, повторные остеоперфорации, методику пролонгированной туннелизации костей нижней конечности в аппарате Илизарова с одновременным введением спиц в костно-мозговой канал. Всего проведено 155 оперативных вмешательств. Используются методы: клинический, чрескожной полярографии, ультразвуковой доплерографии, лазерной флоуметрии, высокочастотной ультразвуковой доплерографии. **Результаты.** Применение методик непрямого реvascularization приводило к увеличению капиллярного кровотока, развитию коллатерального кровоснабжения с увеличением или стабилизацией ЛПИ, улучшением тканевого дыхания. Дифференцированный подход в использовании методик непрямого реvascularization позволил получить положительные результаты в 76,9-85,5 % наблюдений. **Заключение.** Полученные результаты подтверждают, что для достижения положительного эффекта лечения характер хирургического воздействия должен быть адекватен нозологической форме и выраженности патологического процесса. Дифференцированный подход при оперативном воздействии на кость и мягкие ткани приводит к компенсации ишемии и способствует сохранению нижних конечностей. **Ключевые слова:** облитерирующий атеросклероз, тромбангиит, туннелизация, реvascularizing кортикотомия, ультразвуковая доплерография, лазерная флоуметрия, чрескожная полярография, ангиография, напряжение кислорода, напряжение углекислого газа, лодыжечно-плечевой индекс.

**Purpose.** To improve the results of surgical treatment of patients with chronic ischemia of the lower limbs caused by arterial bed distal involvement due to differentiated using the techniques of indirect revascularization. **Materials and Methods.** The study performed in 63 patients (89 ischemic limbs). Treatment performed using three types of surgical interventions: revascularization of bone split by distraction, repeated osteoperforation, the technique of prolonged tunnelization of lower limb bones with the Ilizarov fixator applied and simultaneous wire insertion into the medullary canal. 155 surgical interventions performed in total. The following methods used: clinical, transcutaneous polarography, ultrasound dopplerography, laser flowmetry, high-frequency ultrasound dopplerography. **Results.** The use of indirect revascularization techniques led to the increase of capillary blood flow, the development of collateral blood supply with the humeromalleolar index increase or stabilization, the improvement of tissue respiration. Differentiated approach to using indirect revascularization techniques allowed to obtain positive results in 76.9-85.5 % of cases. **Conclusion.** As the results have confirmed, the character of surgical impact should be adequate to the nosologic form and pathologic process severity in order to achieve a positive effect of treatment. The differentiated approach to surgical impact on bone and soft tissues results in ischemia compensation and contributes to lower limb saving.

**Keywords:** obliterating atherosclerosis, thrombangiitis, tunnelization, revascularizing corticotomy, ultrasound Dopplerography, laser flowmetry, transcutaneous polarography, arteriography, oxygen tension, carbon dioxide tension, humeromalleolar index.

#### ВВЕДЕНИЕ

По данным ВОЗ, хроническими облитерирующими заболеваниями артерий нижних конечностей страдает 5 % населения. По данным Ю.В. Белова, в 12-86,4 % случаев у этой категории больных регистрируется множественное поражение сосудистого русла [6]. У 60-80 % пациентов с множественными и дистальными формами патологии развивается тяжёлая ишемия, приводящая к ампутациям конечности в 10-20 % случаев [2, 7]. В системе оказания помощи пациентам с ишемическим поражением конечностей предпочтение отдаётся реконструкциям артерий, но эффективность их при дистальной форме сосудистых поражений оставляет желать лучшего [4, 12].

Другим направлением непрямого реvascularization конечностей явились разработанные в РНЦ «ВТО» методики лечения больных, основанные на хирургическом воздействии на ткани поражённых сегментов, вызывающем стимуляцию кровоснабжения [1,5, 8, 9, 10].

Однако эти методики до настоящего времени не имели чётких показаний к использованию. Прежде всего, это относится к обоснованию их дифференцированного применения в зависимости от нозологической формы, стадии заболевания, локализации и распространённости патологического процесса. Отсутствие такого подхода приводит либо к ограниченности достигаемого лечебного эффекта, либо к развитию послеоперационных осложнений, купирование которых увеличивает продолжительность лечения, а в ряде случаев является фактором, ухудшающим состояние больного.

Целью настоящей работы являлось улучшение результатов хирургического лечения больных с хронической ишемией нижних конечностей, обусловленной дистальным поражением артериального русла, путём дифференцированного применения методик непрямого реvascularization.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование выполнено у 63 больных (89 ишемизированных конечностей) в возрасте от 25 до 77 лет (средний возраст мужчин 53,46±1,88, женщин – 59,78±3,36 года). Женщин было 14, мужчин – 49. С облитерирующим атеро-

склерозом – 45 человек, с тромбангиитом – 18. Давность заболевания – от полугода до 17 лет, в среднем, при атеросклерозе – 4,4±0,51 года, при тромбангите – 3,44±0,97 года. 13 больных ранее перенесли безуспешные ангио-

альные реконструкции, 4 – симпатэктомия, остальные получали консервативное лечение без положительного эффекта. Во всех случаях ишемия была вызвана нереконструктабельными окклюзиями и стенозами артерий голени, которые были либо изолированными (19,1 % наблюдений), либо сочетались с окклюзионно-стенотической патологией на уровне бедренно-подколенного (74,14 %) и подвздошно-бедренного сегментов (6,72 %). Язвенно-некротические изменения дистальных отделов конечностей отмечены в 52,9 % случаев при изолированной патологии артерий голени и в 15,1 % случаев – при мультифокальном поражении бедренно-подколенного и берцового сегментов артериального русла. В 37 случаях больные атеросклерозом имели ишемию ИБ степени, 18 – III и 9 – IV степени, а при тромбангии 8 конечностей имели ишемию ИБ степени, 7 – III и 10 – IV степени. Среди больных с III степенью хроническая критическая ишемия констатируется у 3 пациентов с атеросклерозом и у 5 – с тромбангиитом. Все пациенты относились ко II Б, III и IV степеням хронической ишемии и имели показания к реваскуляризации конечностей. Всего при лечении больных с ишемическим поражением нижних конечностей в ходе этапного лечения проведено 155 вмешательств с использованием методик непрямой реваскуляризации: туннелизация (остеоперфорация) конечностей – 106 (41 однократная, 65 повторных); пролонгированная туннелизация – 23; реваскуляризирующая кортикотомия – 26. При этом возможность оперативного лечения ограни-

чивалась окклюзией дистального артериального русла. Это обуславливало невозможность или бесперспективность использования традиционных реконструктивных и эндоваскулярных вмешательств. Проводимая им ранее консервативная терапия была безуспешна. Критериями исключения явились окклюзионно-стенотическая патология подвздошно-бедренно-подколенного сегментов артериального русла, при которой выполняли операции шунтирования, протезирования, ангиопластики и стентирования. Не включены в исследование пациенты с I и IIА степенью ишемии, не подлежащие оперативному лечению и больные, у которых наблюдалось улучшение или стабилизация симптоматики на фоне медикаментозной терапии.

При выполнении исследования использовались методы: клинический, рентгенологический (артериография с использованием цифрового комплекса «Philips Integris Allura»), чрескожной полярографии («NOVAMETRIX» VFD 840, США), ультразвуковой доплерографии («Ангио-Плюс», Россия), лазерной флоуметрии (флоуметр BLF-21 «Transonic Systems», США), высокочастотной ультразвуковой доплерографии («Минимакс-Допплер-К», Россия).

Статистическая обработка данных проводилась с помощью программ «Microsoft EXCEL-2007», программ непараметрической статистики и оценки нормальности распределения выборок с использованием критериев Манна-Уитни и Стьюдента.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для выбора оптимальной методики лечения нами разработан способ интраоперационной оценки резервов микроциркуляторного русла, основанный на анализе показателей объёмной скорости капиллярного кровотока кожи стопы, голени и микроциркуляторного кровотока надкостницы большеберцовой кости, полученных до и после проведения туннелизации ко-нечности [11]. Его использование, в сочетании с оценкой данных отсроченных изменений лодыжечно-плечевого индекса, напряжения кислорода и углекислого газа в коже конечностей после выполнения туннелизации, а также с учётом возраста, нозологической формы заболевания и степени ишемии, позволило дифференцировать показания к применению разработанных в РНЦ «ВТО» методик непрямой реваскуляризации нижних конечностей.

Туннелизация конечности использовалась как тест

для определения возможности выполнения более расширенных реваскуляризирующих вмешательств. При её выполнении проводилось исследование реакций микроциркуляции тканей конечности.

Показано, что выраженную реакцию имеет микроциркуляторное русло кожных покровов и надкостницы большеберцовой кости (табл. 1 и 2).

У 72 % больных увеличивалась объёмная скорость кровотока в коже (табл.1). В наибольшей степени возрастал кровоток на стопе: в области ногтевого валика I пальца и тыльной поверхности стопы – на 131 % ( $p < 0,05$ ), меньше – в коже средней трети голени – на 78 % ( $p < 0,05$ ).

В 74 % случаев выявлено его увеличение в надкостнице большеберцовой кости (табл. 2). Максимальная систолическая скорость возрастала на 49 % ( $p < 0,05$ ), объёмная скорость – на 41 % ( $p < 0,05$ ), средняя скорость – на 38 % ( $p < 0,05$ ).

Таблица 1

Показатели объёмного капиллярного кровотока (мл/мин×100 г) кожи нижней конечности в процессе туннелизации костей у больных с облитерирующим атеросклерозом, имеющих положительную динамику

Этапы наблюдения	Область исследования кожных покровов		
	Ногтевой валик	Стопа	Голень
До туннелизации	11,6±3,2	6,1±2,1	8,6±2,5
Выполнения 50 % объема туннелизаций	26,8±4,5*	10,6±3,0	15,9±3,1
Выполнение всего объема туннелизаций	25±2,4*	14,1±3,2*	15,3±2,2*
Прирост (%)	131 %	131 %	78 %

Примечание: \* – достоверность отличия показателей от исходного уровня ( $p \leq 0,05$ ).

Таблица 2

Показатели кровотока надкостницы большеберцовой кости в процессе туннелизации костей конечности у больных с облитерирующим атеросклерозом нижних конечностей, имеющих положительную динамику

Этапы наблюдения	Показатели кровотока				
	V <sub>s</sub> (см/сек)	Q <sub>s</sub> (мл/мин)	V <sub>m</sub> (см/сек)	PI	RI
До туннелизации	16,4±2,4	7,8±1,0	6,3±1,4	1,4±0,3	0,70±0,07
Выполнения 50 % объема туннелизаций	24,5±3,9	11,5±1,3	7,3±0,9	2,7±0,8	0,86±0,03
Выполнение всего объема туннелизаций	24,0±1,6*	11,1±1,1*	11,8±1,3*	1,6±0,3	0,80±0,02
Прирост (%)	49%	41%	38%	–	–

Примечание: \* – достоверность отличия показателей от исходного уровня ( $p \leq 0,05$ ). V<sub>s</sub> – максимальная систолическая скорость (см/сек), Q<sub>s</sub> – объёмная скорость (мл/мин), V<sub>m</sub> – средняя скорость (см/сек), PI – индекс пульсации (Гослинга), RI – индекс сопротивления (Пурсело).

У больных после туннелизации (через 9-11 дней) в 61,5 % случаев отмечался выраженный прирост чрескожного напряжения кислорода в коже стопы – на 89,8 % ( $p < 0,05$ ) – с тенденцией к снижению чрескожного напряжения углекислого газа. В 15,4 % случаев увеличение напряжения кислорода и снижение напряжения углекислого газа регистрировали лишь в виде тенденции. В 23,1 % случаев зарегистрировано снижение напряжения кислорода (на 40,4 %,  $p < 0,05$ ) и тенденция к увеличению напряжения углекислого газа.

При сопоставлении полученных данных с показателями лодыжечно-плечевого индекса (ЛПИ) установлено, что в 72 % случаев их динамика однонаправлена: увеличение ЛПИ после лечения сопровождалось повышением чрескожного напряжения кислорода. В 74 % случаев происходило его увеличение на 32,2 % ( $p < 0,05$ ). В 18 % случаев его динамика отсутствовала, а в 7,6 % – наблюдалась тенденция к снижению лодыжечно-плечевого индекса.

Установленные соответствия данных показателей позволили рассматривать степень выраженности реакций микроциркуляторного русла тканей конечностей как объективные критерии возможности использования после выполнения первичной туннелизации более расширенного оперативного вмешательства и, соответственно, получать более значимые результаты не прямой реваскуляризации конечности. В случаях отрицательной динамики рассматриваемых показателей повторное оперативное лечение с использованием более объёмных вмешательств мы считали противопоказанным, что позволяло избежать риска развития ослож-

нений и ухудшения ишемического статуса конечности.

После лечения динамика ЛПИ у больных атеросклерозом характеризовалась стабилизацией на всех этапах наблюдения, с увеличением только после туннелизации, через 6 месяцев: при II Б степени ишемии на 24 %, при III-IV – на 57,8 % ( $p < 0,05$ ). У больных тромбангиитом после туннелизации через 3 месяца и более происходило увеличение ЛПИ на 13 % при II Б степени, и на 16 % ( $p < 0,05$ ) – при III, IV степенях; после пролонгированной туннелизации – в отдалённые сроки (более 1 года) при II Б степени – на 12 %, а при III, IV – на 21 % ( $p < 0,05$ ). После кортикотомии ЛПИ увеличивался уже через 2 недели после лечения: при IV степени ишемии на 48 %, а при II и III – на 23 % ( $p < 0,05$ ). Через 1 год и более показатели ЛПИ сохранялись повышенными: при II Б и III степени – на 29 %, а при IV – на 32 % ( $p < 0,05$ ).

В целом, при положительной динамике показателей напряжения кислорода и углекислого газа после проведённого лечения (в частности, с использованием пролонгированной туннелизации) содержание кислорода в тканях достоверно увеличивалось в среднем в 2,5 раза ( $p < 0,05$ ) и в сроки более 1 года приближалось к норме. В то же время, содержание углекислого газа стабилизировалось.

На основании полученных результатов инструментальных методов исследования и клинического эффекта лечения, нами разработан алгоритм дифференцированного подхода к применению методик не прямой реваскуляризации с целью компенсации хронической ишемии нижних конечностей (рис. 1).

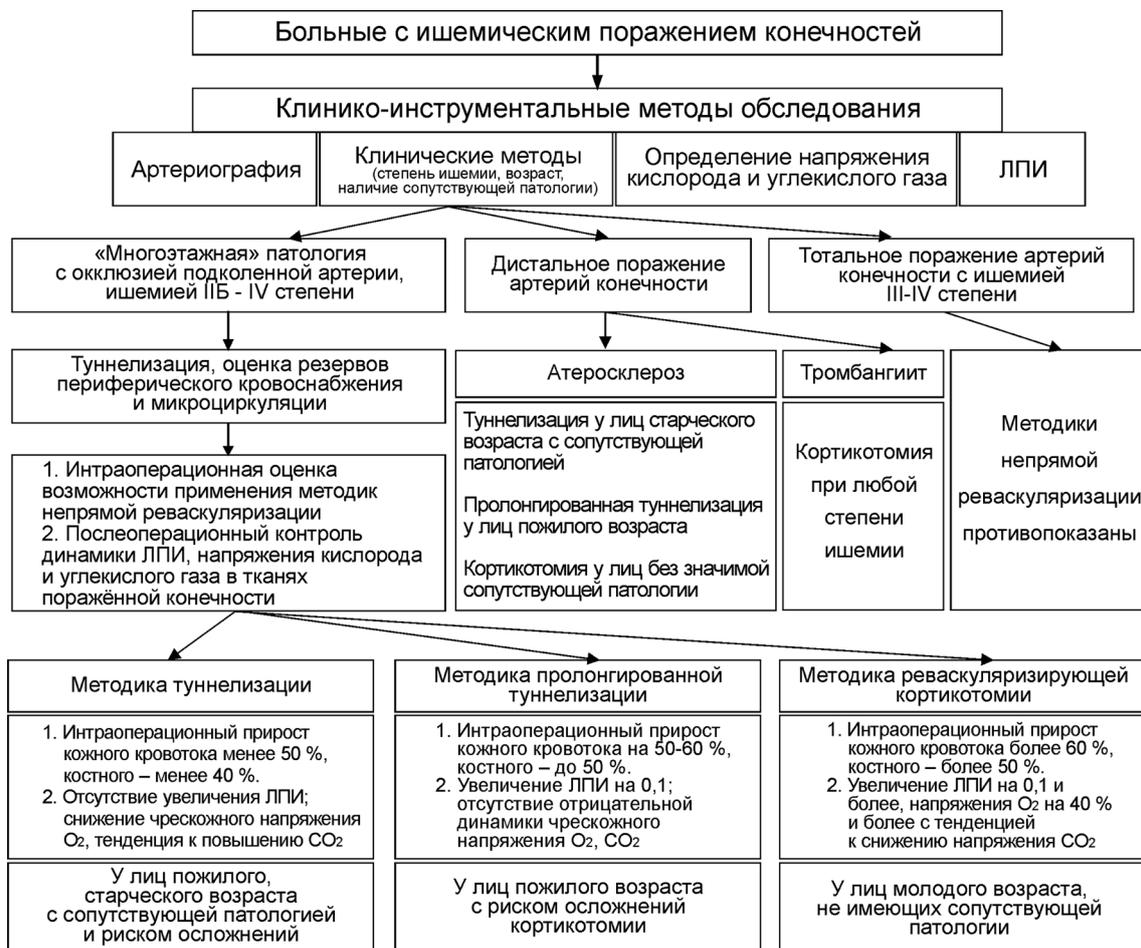


Рис. 1. Алгоритм дифференцированного применения различных методик не прямой реваскуляризации у больных с хронической ишемией нижних конечностей

После применения различных методик непрямо́й реваскуляризации результаты лечения анализировались отдельно. Доля наблюдений с положительными результатами лечения больных с атеросклерозом была от 76,9 до 85,5 %.

При использовании методики туннелизации положительный результат лечения достигнут после 77 операций (85,5 %). Наибольшая продолжительность сохранения положительного эффекта отмечена после использования кортикотомии (3,4±0,9 года) и пролонгированной туннелизации (3,4±0,8 года). После туннелизации улучшение состояния конечностей наблюдалось в течение 1,6±0,18 года. В целом положительный эффект непрямо́й реваскуляризации в данной группе больных сохранялся на протяжении 2,15±0,24 года.

В группе больных тромбангиитом доля больных с положительными результатами лечения была от 71,4

до 80 %. Наибольшая продолжительность сохранения положительного эффекта отмечена после использования реваскуляризирующей кортикотомии и составила от 1 года до 11 лет (в среднем 4,6±0,8 года). Эффект применения методики туннелизации сохранялся на протяжении 1,06±0,32 года, а методики пролонгированной туннелизации – от 1 года до 2 лет (в среднем 1,56±0,15 года). В целом лечебный эффект непрямо́й реваскуляризации в данной группе больных сохранялся на протяжении 2,85±0,5 года.

Для оценки результатов лечения нами использовались критерии, рекомендованные Российским Консенсусом (2002) [2], которые включают в себя клинические признаки ишемического поражения и показатель ЛПИ. Мы отказались от оценки «значительное улучшение», поскольку считаем, что данный результат достигим только при использовании технологий реконструкции артерий.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение методик непрямо́й реваскуляризации приводит к артериальной гиперемии конечностей за счёт увеличения интенсивности капиллярного кровотока, развития коллатерального кровоснабжения с увеличением или стабилизацией ЛПИ, улучшением тканевого дыхания. Данные процессы способствуют компенсации ишемии. Полученные результаты физиологических и клинических исследований, на наш взгляд, убедительно подтверждают, что для достиже-

ния положительного результата лечения характер хирургического воздействия на ткани ишемизированных конечностей должен быть адекватен нозологической форме и степени выраженности патологического процесса. Дифференцированный подход в использовании методик непрямо́й реваскуляризации при лечении больных с ишемическим поражением конечностей позволил получить положительные результаты в 76,9-85,5 % наблюдений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Васкуляризирующие операции при артериальной недостаточности нижних конечностей : рук. для врачей / В.И. Шевцов, А. В. Попков, В. А. Щуров, В. С. Бунов, Е. Н. Щурова. М.: Медицина, 2007. 208 с.  
*Shevtsov VI, Popkov AV, Shchurov VA, Bunov VS, Shchurova EN. Vaskuliariziruiushchie operatsii pri arterial'noi nedostatochnosti nizhnikh konechnostei : ruk. dlia vrachei [Vascularizing surgeries for arterial incompetence of the lower limbs]. M: Meditsina, 2007. 208 s.*
2. Диагностика и лечение пациентов с критической ишемией нижних конечностей : Рос. консенсус / под пред. А. В. Покровского. М., 2002. 40 с.  
*Diagnostika i lechenie patsientov s kriticheskoj ishemiei nizhnikh konechnostei : Ros. konsensus [Diagnostics and treatment of patients with critical ischemia of the lower limbs: Russian Consensus. Ed. AV. Pokrovskij]. M, 2002. 40 s.*
3. Корабельников Ю.А., Щурова Е.Н., Речкин М.Ю. Исследование динамики чрескожного напряжения кислорода и углекислого газа при применении повторных туннелизаций у больных с облитерирующим атеросклерозом нижних конечностей // Гений ортопедии. 2011. № 3. С. 112-116.  
*Korabel'nikov JuA, Shchurova EN, Rechkin MJu. Issledovanie dinamiki chreskozhnogo napriazheniia kisloroda i uglekislogo gaza pri primenenii povtornykh tunnelizatsii u bol'nykh s obliteriruiushchim aterosklerozom nizhnikh konechnostei [The study of the dynamics of oxygen and carbon dioxide transcutaneous tension for re-tunnelization procedures in patients with obliterating atherosclerosis of the lower limbs]. Genij Ortop. 2011;(3):112-116.*
4. Кохан Е. П., Пинчук О. В., Савченко С. В. Ранние тромботические осложнения после бедренно-подколенного шунтирования // Ангиология и сосудистая хирургия. 2001. Т. 7, № 2. С. 83-87.  
*Kokhan EP, Pinchuk OV, Savchenko SV. Rannie tromboticheskie oslozheniia posle bedrenno-podkolenogo shuntirovaniia [Early thrombotic complications after femoropopliteal shunting]. Angiologiya i sosudistaia khirurgiia. 2001;7(2):83-87.*
5. Ларионов А.А., Щурова Е.Н., Речкин М.Ю. Возможности метода повторных остеоперфораций для улучшения кровообращения в конечностях при хронической ишемии // Гений ортопедии 2000. № 4. С. 32-35.  
*Larionov AA, Shchurova EN, Rechkin MJu. Vozmozhnosti metoda povtornykh osteoperforatsii dlia uluchsheniia krovoobrashcheniia v konechnostiakh pri khronicheskoi ishemii [Potentials of the technique of repeated osteoperforations for limb circulation improvement in case of chronic ischemia]. Genij Ortop. 2000;(4):32-35.*
6. Оценка результатов хирургического лечения больных с множественными поражениями артерий нижних конечностей / Ю.В. Белов, А.Б. Степаненко, А.П. Генс, И.Г. Халилов // Хирургия. 2001. № 10. С. 33-36.  
*Belov JuV, Stepanenko AB, Gens AP, Khalilov IG. Otsenka rezul'tatov khirurgicheskogo lecheniia bol'nykh s mnozhestvennymi porazheniiami arterii nizhnikh konechnostei [Evaluation of the results of surgical treatment of patients with multiple damages of lower limb arteries]. Khirurgiia. 2001;(10):33-36.*
7. Покровский А. В. Ангиология и ангиохирургия : возможности и проблемы // Мед. вестн. 1997. № 18. С. 10.  
*Pokrovskii AV. Angiologiya i angiokhirurgiia: vozmozhnosti i problemy [Angiology and angiosurgery: potential and challenges]. Med Vestn. 1997;(18):10.*
8. Стимуляция периферического кровообращения в нижних конечностях у больных с облитерирующим атеросклерозом методом введения спица в костно-мозговой канал / Иванов Г.П., Речкин М.Ю., Бунов В.С., Щурова Е.Н. // Вестн. хирургии - 2005. Т. 164, № 5. С.64-67.  
*Ivanov GP, Rechkin MJu, Bunov VS, Shchurova EN. Stimuliatсия perifericheskogo krovoobrashcheniia v nizhnikh konechnostiakh u bol'nykh s obliteriruiushchim aterosklerozom metodom vvedeniia spits v kostno-mozgovoii kanal [Stimulation of peripheral circulation in the lower limbs of patients with obliterating atherosclerosis by the method of wire insertion into the medullary canal]. Vestn Khirurgii. 2005;164(5):64-67.*
9. Шевцов В.И., Бунов В. С., Щурова Е.Н. Сочетанное влияние туннелизации костей и медикаментозной терапии на кровообращение у больных облитерирующим атеросклерозом нижних конечностей // Гений ортопедии. 1997. № 2. С. 54-57.

- Shevtsov VI, Bunov VS, Shchurova EN. Sochetannoe vlianie tunnelizatsii kostei i medikamentoznoi terapii na krovoobrashchenie u bol'nykh obliteriruiushchim aterosklerozom nizhnikh konechnostei [Combined effect of bone tunnelization and medicamentous therapy on circulation in patients with obliterating atherosclerosis of lower limbs]. Genij Ortop. 1997;(2):54-57.*
10. Способ лечения хронической ишемии конечности : а.с. 1061803 СССР. N 34724931 /28-13 ; заявл. 14.07.82 ; опубл. 23.12.83, Бюл. N 47. AC 1061803 USSR. *Sposob lecheniia khronicheskoi ishemii konechnosti [A technique for treatment of limb chronic ischemia]. N 34724931/28-13; zaiavl. 14.07.82; opubl. 23.12.83. Biul. N 47.*
11. Способ интраоперационного прогнозирования эффекта опосредованной реваскуляризации у больных с хронической ишемией нижних конечностей : пат. 2449732 Рос. Федерация, №2010147578/14; заявл.22.11.2010.; опубл. 10.05.2012, Бюл. № 13. Pat. 2449732 RF. *Sposob intraoperatsionnogo prognozirovaniia efekta oposredovannoi revaskuliarizatsii u bol'nykh s khronicheskoi ishemiei nizhnikh konechnostei [A technique for intraoperative prediction of the effect of mediated revascularization in patients with chronic ischemia of the lower limbs]. N 2010147578/14; zaiavl. 22.11.10; opubl. 10.05.2012; Biul. N 13.*
12. De Vos B., Vandueren E., Dubois E., Raynal P., Verhelst G. Do surgical distal bypasses still play a role in the treatment of critical limb ischemia? // Acta Chir. Belg. 2009. Vol. 109, No 4. P. 465-476.  
*De Vos B., Vandueren E., Dubois E., Raynal P., Verhelst G. Do surgical distal bypasses still play a role in the treatment of critical limb ischemia? // Acta Chir. Belg. 2009. Vol. 109, No 4. P. 465-476.*

Рукопись поступила 29.11.2013.

**Сведения об авторах:**

1. Речкин Михаил Юрьевич – ФГБУ "Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова" Минздрава России, научный сотрудник лаборатории новых технологий в ортопедии, сердечно-сосудистый хирург травматолого-ортопедического отделения № 4, к. м. н.
2. Щурова Елена Николаевна – ФГБУ "Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова" Минздрава России, заведующая лабораторией функциональных исследований, д. б. н.
3. Корабельников Юрий Алексеевич – ФГБУ "Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова" Минздрава России, ординатор, сердечно-сосудистый хирург травматолого-ортопедического отделения № 4, к. м. н.