

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ РЕКОНСТРУКТИВНОЙ МИКРОХИРУРГИИ ПРИ ЛЕЧЕНИИ БОЛЬНЫХ С ДЕФОРМАЦИЯМИ И ДЕФЕКТАМИ ПЯТОЧНОЙ КОСТИ (обзор литературы)

Е.С. Цыбуль<sup>1</sup>, Л.А. Родоманова<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, ул. Ак. Байкова, д. 8, Санкт-Петербург, Россия, 195427

<sup>2</sup> ГБОУ ВПО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. И.П. Павлова» Минздрава России, ул. Льва Толстого, д. 6-8, Санкт-Петербург, Россия, 197022

<sup>3</sup> ГБОУ ВПО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, ул. Кирочная, д. 41, Санкт-Петербург, Россия, 191015

### Реферат

Проанализированы данные научной литературы по различным аспектам проблемы лечения больных с деформациями и дефектами пяточной кости за период с 1976 по 2015 г. Основной поиск и отбор публикаций проведен в поисковой системе PubMed и отечественной электронной библиотеке научных публикаций eLIBRARY.

Целью исследования стал сравнительный анализ современных подходов к лечению данной патологии с изучением роли, места, возможностей и перспектив применения технологий реконструктивной микрохирургии. Установлено, что ключевыми задачами лечения больных с поражением пяточной кости являются достижение стойкой ремиссии инфекционного процесса, максимально возможное восстановление биомеханических свойств заднего отдела стопы и создание, тем самым, возможностей для достижения нормального стереотипа походки. Для их решения было разработано множество принципиально различных по своей сути хирургических методик. Но возможности практического использования большинства из них ограничиваются неблагоприятным состоянием мягких тканей пяточной области и самой пяточной кости, а нередко – и полным ее отсутствием. Технологии реконструктивно-пластической микрохирургии, несмотря на свою сложность, высокую стоимость и значительную трудоемкость, на сегодняшний день представляются наиболее эффективным средством решения этих задач.

**Ключевые слова:** дефекты пяточной кости, реконструктивная микрохирургия, пересадка комплексов тканей.

Реконструкция пяточной кости и восстановление опорной функции стопы – одна из труднейших задач реконструктивно-восстановительной хирургии. К пяточной области как к одному из важнейших элементов системы опоры предъявляются высокие требования [35]. Обеспечивая восприятие статико-динамической нагрузки, передвижение и амортизацию, пяточная кость играет важную роль в локомоторной функции нижней конечности. Любое нарушение ее целостности неизбежно приводит к патологической трансформации, ограничивает или полностью исключает функцию конечности: вызывает нарушение походки и устойчивости, требует использование специальной обуви и дополнительных средств опоры [36]. На сегодняшний день, обобщая данные научных публикаций, можно выделить следующие аспекты проблемы реконструкции пяточной кости и восстановления опорной функции пораженной стопы. Эти

аспекты довольно разноплановы, и их существование определяется не только этиологическими и клиническими особенностями патологии, но и той ролью, которую играет пяточная кость в биомеханике нижней конечности.

Первый из них включает в себя особые функциональные требования к скелету стопы как части опорно-двигательной системы человека, где пяточная кость выполняет, прежде всего, опорную и балансирующую функции [35, 48]. Кроме того, обеспечивая восприятие статико-динамической нагрузки, передвижение и амортизацию, пяточная кость играет важную роль в локомоторной функции всей нижней конечности. Поэтому любое нарушение ее целостности неизбежно приводит к нарушению нормального функционирования всей кинематической цепи нижней конечности [36].

Второй аспект заключается в довольно значительной тяжести посттравматических де-

Цыбуль Е.С., Родоманова Л.А. Использование технологий реконструктивной микрохирургии при лечении больных с деформациями и дефектами пяточной кости (обзор литературы). *Травматология и ортопедия России*. 2015; (4):144-153.

Цыбуль Евгений Сергеевич. Ул. Ак. Байкова, д. 8, Санкт-Петербург, Россия, 195427; e-mail: na4med@inbox.ru

Рукопись поступила: 10.12.2015; принята в печать: 21.12.2015

формаций, а также высокой частоте развития и значительной тяжести местных инфекционных осложнений после переломов и/или операций остеосинтеза переломов пяточной кости. Среди наиболее часто встречающихся подобных осложнений выделяют некроз краев послеоперационной раны и как результат – длительно незаживающие язвы пяточной области, остеомиелит, а также посттравматические деформации, сопровождающиеся развитием деформирующего артроза подтаранного и пяточно-кубовидного суставов, миотенофасциального синдрома, укорочением, утолщением, снижением высоты пяточной кости, вальгусной или варусной деформацией заднего отдела стопы [15, 29].

Третий момент, определяющий актуальность рассматриваемой проблемы, связан со значительной величиной возможных дефектов пяточной кости, вплоть до полного её отсутствия. С одной стороны, это обусловлено тем, что особенности трабекулярной структуры и относительно большой объем губчатого вещества пяточной кости способствуют быстрому распространению в ней остеомиелитического процесса с формированием в крайних случаях обширных ее дефектов, при которых сохраняются только патологически измененный кортикальный слой [51, 62]. С другой стороны, часто выполнение обширных резекций или полного удаления пораженной опухолевым процессом пяточной кости приводит к формированию субтотальных или тотальных ее дефектов [44, 64, 68].

Таким образом, целью данного литературного обзора стал сравнительный анализ современных подходов к лечению таких пациентов с изучением возможностей и перспектив применения технологий реконструктивной микрохирургии как достаточно эффективного инструмента коррекции сложной патологии конечностей.

Протезно-ортопедическое обеспечение у пациентов с деформациями и дефектами пяточной кости весьма затруднительно и делится на 2 типа: конструкции для разгрузки пяточной части стопы за счет переноса нагрузки на продольный свод и задний отдел голени и стельки-подкладки под пяточную область для компенсации высоты заднего отдела стопы. Практически во всех случаях изделия, применяемые для реабилитации, не способны в полной мере компенсировать отсутствие пяточной кости и восстановить нормальную биомеханику ходьбы, а также доставляют довольно значительные неудобства для пациента в виде болевого синдрома, нестабильности заднего отдела стопы, необходимости постоянного ношения громоздких внешних конструкций или специальной обуви [19, 45, 49].

Сложность и многообразие патологии и связанные с ними трудности лечения переломов пяточной кости обуславливают проблему коррекции ее посттравматических деформаций. При использовании традиционных методов лечения компрессионных переломов пяточной кости неправильно сросшиеся переломы наблюдаются в 90–93% случаев [7]. При этом в настоящее время наиболее распространенным и эффективным вариантом лечения пациентов с неправильно сросшимися переломами пяточной кости и деформирующим артрозом подтаранного сустава признан его артродез [66]. Эта операция принципиально существует в двух основных вариантах: замыкание сустава без изменения ориентации заднего отдела стопы и формирование костного блока с восстановлением высоты заднего отдела стопы, кроме того, вмешательство может быть дополнено остеотомией пяточной кости с целью коррекции дополнительных деформаций [60]. Однако у больных с рубцово измененными окружающими мягкими тканями, когда существует необходимость замещения дефекта покровных тканей, выполнение любой из этих операций с использованием методики внутреннего остеосинтеза исключает восстановление высоты пяточной кости.

Использование методик компрессионно-дистракционного остеосинтеза по Илизарову значительно расширило возможности коррекции различных посттравматических деформаций пяточной кости, обеспечивая восстановление формы, высоты и правильной установки пораженного сегмента даже в условиях неблагоприятного состояния окружающих мягких тканей [6, 36]. Метод Илизарова нашел свое применение и для замещения частичных дефектов пяточной кости, прежде всего, неинфекционной природы. В этих случаях монтаж компрессионно-дистракционного аппарата выполняют с таким расчетом, чтобы имелась возможность формирования достаточного по объему фрагмента пяточной кости для последующей его дистракции и замещения имеющегося дефекта [7, 36]. Однако необходимо заметить, что данный подход выполним только при условии неизменной структуры и полной сохранности таранной кости или части пяточной кости, тогда как при наличии хронического остеомиелита множественная фрагментация костей заднего отдела стопы сопряжена с возможностью развития послеоперационных осложнений в силу снижения регенераторных возможностей костной ткани на участках, непосредственно прилежащих к очагу воспаления. Кроме того, наличие последнего, как правило, вызывает несостоятельность суставов заднего отдела стопы, требующую

выполнения их артрореза, что данная методика не предусматривает.

Хронический остеомиелит пяточной кости по отношению к остеомиелиту всех локализаций костей скелета наблюдается в 3,1–14,8%, а по отношению к костям стопы составляет 51% [8, 17]. После открытых переломов остеомиелит пяточной кости наблюдается в 70% случаев [33]. Традиционный подход к лечению хронического остеомиелита пяточной кости требует длительных многоэтапных реконструктивно-пластических операций и в 68,3% случаях сопровождается неудовлетворительными результатами с рецидивом остеомиелитического процесса и последующей инвалидизацией лиц трудоспособного возраста в 33–72% случаев [24, 37].

Показаниями для использования различных видов костного цемента у больных рассматриваемой категории являются ограниченные дефекты в виде полости при условии сохранения прочностных характеристик пяточной кости, достаточных для выполнения ее опорной функции. Довольно скромное место здесь занимает восполнение дефектов, образовавшихся после удаления доброкачественных опухолей, а также пластика костных кист [58, 61]. Наиболее же часто данный вариант хирургического лечения применяется у пациентов с полостными дефектами остеомиелитической природы, когда после радикальной хирургической обработки очага поражения он заполняется (пломбируется) кристаллизующимся костным цементом или другим твердыми синтетическими материалами, совмещенным с антибактериальными средствами. Однако отличительной особенностью всех подобных пломб является отсутствие биологических связей с организмом, прежде всего сосудистых и нервных. Поэтому, выбирая данный метод лечения, большинство авторов, рассчитывают на то, что вследствие наличия osteoconductive свойств у большинства пломбировочных материалов, на месте резорбирующейся пломбы в конечном итоге разовьется костная или хотя бы рубцовая ткань [17, 50, 63]. Кроме того, успех лечения во многом зависит от размера полости, поскольку чем она больше, тем менее вероятен положительный результат [5, 16].

Другим относительно несложным и имеющим достаточно давнюю историю способом замещения дефектов пяточной кости является пластика костными некроваемыми ауто- и аллотрансплантатами. Здесь, как и в отношении синтетических кость-замещающих материалов, основную часть клинических наблюдений составляют пациенты с ограниченными внутрикостными дефектами, у которых исполь-

зуются измельченные либо цельные небольшие по размеру губчатые или кортикально-губчатые трансплантаты [56, 69]. Однако эффективность рассматриваемого вида пластики у больных с субтотальными и тотальными дефектами пяточной кости специалистами признается невысокой вследствие слабой консолидации трансплантатов с реципиентными костями [59, 64].

Одним из путей решения проблемы лечения остеомиелита стало замещение остеомиелитических полостей полноценной костной тканью, выращенной методом направленного остеогенеза по Илизарову, который нашел свое отражение в работах по формированию костных отщепов из сохранившихся участков кости с последующим восстановлением костной структуры в целом. Он наиболее применим для крупных сегментов конечностей, таких как предплечье, плечо, голень и бедро, где возможности получения костного регенерата в условиях внеочагового компрессионно-дистракционного остеосинтеза общеизвестны. Однако на сегодняшний день в силу технических трудностей, связанных с малыми размерами сохраняющихся интактными фрагментов пяточной кости, получение подобных результатов у таких пациентов остается крайне затруднительным [2, 25, 34].

Еще одним практическим применением внешних компрессионно-дистракционных аппаратов, стали хирургические методики, в основе которых заложена идея замещения пространства, предназначенного для пяточной кости, смежными костными структурами (таранной костью, дистальным метаэпифизом костей голени, сохранившимся дистальным рядом костей предплюсны) [18, 43]. Чтобы избежать общеизвестных осложнений и неудобств при использовании внешних аппаратов, было предложено осуществлять одномоментное смещение смежных костных структур в позицию отсутствующей пяточной кости и стабилизировать их внутренними фиксаторами, а образующиеся при этом дефекты покровных и глубже лежащих мягких тканей замещать путем свободной пересадки кровоснабжаемых кожно-мышечных лоскутов [3]. Однако практическое выполнение данной методики исчисляется единичными случаями, что не оставляет возможности для объективного анализа результатов.

Технологии реконструктивно-пластической микрохирургии в настоящее время заняли значительное место в системе лечения больных с травмами и заболеваниями конечностей [21, 27]. Применительно к патологии стопы в целом и пяточной области в частности решаемые с их применением реконструктивные задачи можно разделить на три типа:

– замещение дефектов покровных мягкотканых структур и поверхностных костных дефектов;

– замещение обширных дефектов, прежде всего, губчатого вещества пяточной кости (полостных дефектов);

– реконструкция пяточной кости при субтотальных и тотальных ее дефектах.

Рассматривая современное состояние проблемы применения микрохирургических методик у больных с поражением стопы в целом, необходимо отметить, что для данного сегмента более сложные операции свободной пересадки комплексов тканей применяются почти в 2,5 раза чаще, чем несвободная пластика [11, 30]. Несвободная пластика дефектов пяточной области островковыми комплексами тканей выполняется значительно реже, чем свободная пересадка. При этом наиболее широко используются кожно-фасциальные (или фасциальные) и мышечные лоскуты. В первом случае, как правило, перемещают лоскуты из неопорного свода стопы, суральные лоскуты, лоскуты на перфорантных сосудистых ветвях или значительно реже – латеральные пяточные лоскуты и тыльные лоскуты стопы, а во втором – лоскуты собственных мышц стопы и длинного разгибателя первого пальца стопы [12, 32, 71].

Замещение дефектов покровных и глуболежащих мягкотканых структур пяточной области является наиболее частым показанием для выполнения реконструктивных микрохирургических операций у больных с патологией данной локализации. При этом немаловажное значение имеет то обстоятельство, что длительно существующие дефекты покровных тканей этой области нередко сочетаются с поверхностным поражением пяточной кости. Поэтому в таких случаях при проведении радикальной хирургической обработки в обязательном порядке требуется удаление патологически измененных участков пяточной кости. Наиболее приемлемым пластическим материалом для замещения подобных дефектов с функциональной и эстетической точки зрения являются кожно-фасциальные лоскуты [13]. При этом в плане купирования поверхностного остеомиелитического процесса их эффективность не отличается от общепризнанной эффективности применения осевых мышечных лоскутов [22, 47].

Стоит отметить, что кожа и подкожная клетчатка опорной поверхности пяточной области обладают уникальными свойствами, обеспечивающими опорную функцию этого участка стопы [20]. По этой причине микрохирургические операции транспозиции и аутотрансплантации «обычных» кожно-фасциальных лоскутов не

всегда обеспечивают получение приемлемого результата, и у 50–85% пациентов возникают изъязвления воссозданной таким образом подошвы [9, 41]. Поэтому наилучшие результаты хирургического лечения в таких случаях достигаются при использовании кожно-фасциальных лоскутов из средне-медиальной (неопорной) поверхности подошвы пораженной стопы [23, 26, 28, 67].

Для больных с обширными и глубокими остеомиелитическими дефектами пяточной кости, затрагивающими значительную часть ее губчатого вещества, одним из важных условий купирования инфекционно-воспалительного процесса является их плотное заполнение хорошо кровоснабжаемой мышечной тканью. Результаты большого количества экспериментальных и клинических исследований свидетельствуют о значительной эффективности применения кровоснабжаемых мышечных лоскутов у таких пациентов [17, 39]. При этом выбор пластического материала и, соответственно, вида микрохирургического пособия, напрямую зависит от размеров остеомиелитической полости. Так, островковые мышечные лоскуты стопы позволяют заполнять полости объемом не более 25–30 см<sup>3</sup> [32]. Полости большего объема требуют пересадки мышечных или кожно-мышечных лоскутов из отдаленных участков тела [10, 70].

Размер полости, сформировавшейся в пяточной кости после радикальной хирургической обработки остеомиелитического очага, напрямую определяет ее механическую прочность. В связи с этим актуальным является вопрос о том, что же происходит с пересаженным кровоснабжаемым мышечным фрагментом в остеомиелитической полости. Мнения специалистов в отношении этой проблемы расходятся. Так, довольно распространенной и устоявшейся является точка зрения, что при пластике костных полостей мышечный лоскут постепенно атрофируется, замещается исключительно рубцовой тканью, и никакого, хотя бы даже частичного, восстановления кости не происходит. По этой причине мышечную ткань считают неполноценным пластическим материалом для пломбирования костных полостей [1, 4]. Это подтверждается результатами экспериментального изучения взаимоотношений между сосудами стенок остеомиелитической полости и пересаженной в нее мышцей, которое не позволило выявить наличие связей между внутрикостными сосудами и сосудами мышечного лоскута на любом сроке наблюдения. Более того, при этом имело место образование замыкательной пластинки на границе контакта костной ткани с мышцей [14].

С другой стороны, также в экспериментальных условиях, дополнительная стимуляция постоянным током силой 18–20 мкА со сменой его полярности способствовала перестройке мышечного лоскута с формированием в его толще костной ткани [31].

Вопросы микрохирургической реконструкции пяточной кости при субтотальных и тотальных ее дефектах в современной научной литературе представлены крайне скудно. Авторы имеющихся сообщений, как правило, рассматривают единичные случаи выполнения подобных операций. По этой причине довольно сложно точно определить общую структуру используемых на сегодняшний день у таких пациентов кровоснабжаемых комплексов тканей по источникам их происхождения, тканевому составу и способу пересадки, а также сделать хотя бы предварительные выводы о преимуществах или недостатках каждого из существующих вариантов данного оперативного лечения.

Среди опубликованных работ на первый план выходят те, что посвящены использованию для реконструкции пяточной кости кровоснабжаемых фрагментов малоберцовой кости. При этом у онкологических больных, подвергшихся тотальной кальканэктомии, с точки зрения восстановления опорной функции и внешнего вида стопы, наиболее удачным вариантом лечения большинство исследователей на протяжении уже многих лет считают несвободную пластику кожно-костным малоберцовым лоскутом на дистальной сосудистой ножке [54, 55]. Однако здесь присутствуют и свои негативные стороны, одна из которых заключается в том, что такой вид пластики практически не оставляет технических возможностей для реконструкции ахиллова сухожилия, которая требуется у некоторых пациентов с опухолевыми поражениями пяточной кости [49]. Кроме того, актуальной остается проблема придания достаточных механических и функциональных характеристик воссоздаваемой подобным образом части скелета заднего отдела стопы. Для ее решения был предложен новый способ применения двухфрагментарного кожно-костного аутотрансплантата малоберцовой кости в виде V-образной распорки с оптимальной величиной угла между ее ветвями в 45° и обязательным анастомозированием в ходе операции латерального кожного нерва с подошвенным нервом или латеральным пяточным нервом для восстановления чувствительности [65].

У больных с остеомиелитическим поражением пяточной кости в виде ее полостного дефекта транспозиция фрагмента малоберцовой кости на дистальной сосудистой ножке может выступать не только как способ его замещения, но и

одновременно как компонент операции артродеза подтаранного сустава [46]. В отношении же субтотальных и тотальных остеомиелитических дефектов пяточной кости некоторые авторы высказываются в пользу свободной пересадки фрагментов малоберцовой кости как с одноименной, так и с контралатеральной конечности [40, 57].

Среди значительно реже используемых способов замещения субтотальных и тотальных дефектов пяточной кости следует отметить пересадку кровоснабжаемых аутотрансплантатов из крыла подвздошной кости [53, 64]. Однако пересадка костного лоскута с кожным фрагментом сопровождается высоким риском возникновения некроза последнего в послеоперационном периоде [38]. Некоторые исследователи описывают клинические примеры успешной реконструкции пяточной кости при последствиях ее тяжелых открытых переломов и опухолевых поражений с использованием реберного аутотрансплантата с участком передней зубчатой мышцы, отмечая при этом его высокие функциональные (небольшая толщина и хорошая пластичность мышечной части) и технологические (большая длина сосудистой ножки) качества [42, 52].

### Заключение

Таким образом, ключевыми задачами хирургического лечения больных с дефектами и деформациями пяточной кости являются достижение стойкой ремиссии инфекционного процесса, максимально возможное восстановление биомеханических свойств заднего отдела стопы и создание таким образом возможностей для достижения нормального стереотипа походки. Для их решения было разработано и предложено к применению множество принципиально различных хирургических методик. Однако возможности использования большинства из них ограничиваются неблагоприятным состоянием мягких тканей пяточной области и самой пяточной кости, а нередко – и полным ее отсутствием.

Технологии реконструктивной микрохирургии, несмотря на свою сложность, на сегодняшний день представляются наиболее эффективным средством решения этих задач. Перспективы и схемы применения микрохирургических технологий при поражении пяточной кости требуют дальнейшего исследования. Прежде всего, это касается вопросов замещения обширных остеомиелитических дефектов, коррекции тяжелых посттравматических деформаций пяточной кости, а также воссоздания полностью или практически полностью утраченной пяточной кости. Однако наиболее пристального

внимания исследователей требует проблема реконструкции сложных дефектов, включающих в себя обширные поражения пяточной кости на фоне различной патологии окружающих мягких тканей пяточной области.

### Литература

- Агафонов И.А. Основные принципы оперативного лечения хронического гематогенного остеомиелита. В кн.: Хронический остеомиелит. Л.; 1982. С. 32-42.
- Барабаш А.А. Свободная костная пластика в дистракционный регенерат при ортопедической патологии (экспериментально-клиническое исследование): автореф. дис. ... канд. мед. наук. Новосибирск; 1998. 19 с.
- Борзых А.В., Труфанов И.М., Погорилык А.И., Варин В.В., Сухин В.П. Комплексное реконструктивно-восстановительное лечение обширных посттравматических дефектов голени и стопы. *Травма*. 2009; 10(3):
- Гринев М.В. Остеомиелит. Л.: Медицина; 1977. 151 с.
- Гонтер В.Э., Дамбаев Г.Ц., Сысолятин П.Г. Медицинские материалы и имплантаты с памятью формы. Томск; 1998. 486 с.
- Зырянов С.Я. Способ компрессионного артродеза подтаранного сустава с одновременной коррекцией деформации. *Гений ортопедии*. 2000; (2):78-80.
- Исмаилов Г.Р., Самусенко Д.В., Дьячкова Г.В. Расчет приемов реконструкции заднего отдела стопы. *Гений ортопедии*. 2001; (4):53-54.
- Кабаненко И.В., Ефремова О.В., Юткин В.М., Зайцев М.В. Клинико-биомеханические аспекты протезирования инвалидов с ампутационными дефектами стоп. *Вестник гильдии протезистов-ортопедов*. 2004; (3):12-13.
- Кичемасов С.Х. Кожная пластика лоскутами с осевым кровоснабжением при устранении раневых дефектов стопы. *Ортопедия, травматология и протезирование*. 1990; (1):19-24.
- Кочиш А.Ю., Родоманова Л.А., Козлов И.В. Анатомо-клиническое обоснование возможностей пластического замещения остеомиелитических дефектов нижних конечностей осевыми поликомplexами тканей. *Травматология и ортопедия России*. 2005; (3):75-76.
- Кочиш А.Ю., Родоманова Л.А. Возможности замещения раневых дефектов стоп лоскутами с осевым типом кровоснабжения. *Травматология и ортопедия России*. 2008; (2):120-121.
- Кутянов Д.И., Родоманова Л.А. Использование технологий реконструктивно-пластической микрохирургии при лечении пациентов с патологией области голеностопного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2013; (2):39-46.
- Кутянов Д.И., Родоманова Л.А. Современные принципы и тенденции использования осевых кровоснабжаемых лоскутов в реконструктивной хирургии конечностей. *Травматология и ортопедия России*. 2015; (1):106-115.
- Лубегина З.П., Штин В.П. Взаимоотношение сосудов остеомиелитической полости и пересаженной мышцы после некрэктомии в эксперименте. *Ортопедия, травматология*. 1976; (6):76-77.
- Мирошников Е.А. Лечение больных с отдаленными последствиями переломов пяточной кости: автореф. дис. ...канд. мед. наук. М.; 2009. 74 с.
- Мусса М. Пластика остеомиелитических полостей некоторыми биологическими и синтетическими материалами: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Л.; 1977. 18 с.
- Никитин Г.Д. Хирургическое лечение остеомиелита. СПб.: Русская графика; 2000. 288 с.
- Пат. 2488360 РФ, МПК А61В 17/56. Способ реконструкции заднего отдела стопы при утрате пяточной кости. Корышков Н.А., Платонов С.М.; заявл. 15.05.2012; опубл. 27.07.2013 Бюл. № 21.
- Пахомов И.А. Реконструктивно-пластическое хирургическое лечение хронического остеомиелита пяточной кости, осложненного коллапсом мягких тканей стопы. *Гений ортопедии*. 2011; (3):112.
- Пшениснов К.П. Принципы реконструкции нижней конечности. *Избранные вопросы пластической хирургии*. 2003; (9):48.
- Родоманова Л.А. Возможности реконструктивной микрохирургии в раннем лечении больных с обширными посттравматическими дефектами конечностей: дис. ... д-ра мед. наук. СПб.; 2010. 375 с.
- Родоманова Л.А., Кочиш А.Ю., Козлов И.В., Полькин А.Г., Валетова С.В. Пластическое замещение поверхностных остеомиелитических дефектов стопы и области голеностопного сустава лоскутами с осевым кровоснабжением. *Травматология и ортопедия России*. 2008; (2):130.
- Родоманова Л.А., Кочиш А.Ю. Реконструктивные микрохирургические операции при травмах конечностей: руководство для врачей. СПб.; 2012. 116 с.
- Синопальников И.В. Санитарные потери Советских войск во время войны в Афганистане. *Военно-медицинский журнал*. 2000; (3):4-9.
- Сорокин В.А. Лечение критической ишемии нижних конечностей методом костной реваскуляризации: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Владивосток; 1999. 24 с.
- Тихилов Р.М., Родоманова Л.А., Кочиш А.Ю., Аксюк Е.Ф. Возможности замещения дефектов тканевой опорной поверхности стопы префабрикованным лоскутом из неопорного ее свода. *Травматология и ортопедия России*. 2007; (3):5-11.
- Тихилов Р.М., Кочиш А.Ю., Родоманова Л.А., Кутянов Д.И., Афанасьев А.О. Возможности современных методов реконструктивно-пластической хирургии в лечении больных с обширными посттравматическими дефектами тканей конечностей. *Травматология и ортопедия России*. 2011; (2):164-170.
- Тихилов Р.М., Кочиш А.Ю., Родоманова Л.А. Микрохирургия в ортопедии. В кн.: Ортопедия: национальное руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2008. с. 718-751.
- Тихилов Р.М., Фомин Н.Ф., Корышков Н.А. Современные аспекты лечения последствий переломов костей заднего отдела стопы. *Травматология и ортопедия России*. 2009; (2):144-149.
- Тихилов Р.М., Кочиш А.Ю., Родоманова Л.А. Современные тенденции пластики лоскутами с осевым типом кровоснабжения на нижней конечности. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2007; (2):71-75.
- Ткаченко С.С., Мусса М., Руцкий В.В. Способ стимуляции остеогенеза при аутогенной мышечной пластике костных полостей. *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. 1978; 85:356-357.
- Филимонова М.Н. Несвободная пластика осевыми мышечными лоскутами при остеомиелите стопы: дис. ... канд. мед. наук. СПб.; 2008. 210 с.
- Черкес-Заде Д.И., Каменев Ю.Ф. Хирургия стопы. М.: Медицина; 2002. 328 с.
- Шаповалов В.М., Овденко А.Г. Огнестрельный остеомиелит. СПб.: Морсар; 2000. 144 с.
- Шведовченко И.В., Фомин Н.Ф., Аристов А.М. Потенциальные возможности подошвенной области

- стопы как донорской зоны в реконструктивно-пластической хирургии нижних конечностей. *Травматология и ортопедия России*. 2007; (3):12-17.
36. Шевцов В.И., Исмаилов Г.Р. Чрескостный остеосинтез в хирургии стопы. М.: Медицина; 2008. 360 с.
  37. Юркевич В.В., Баширов Р.С., Подгорнов В.В. Микрохирургические технологии восстановительного лечения больных с остеомиелитом костей стопы. *Вопросы реконструктивной и пластической хирургии*. 2004; (3):154-158
  38. Abbas K., Umer M., Ur Rashid H. Complex biological reconstruction after wide excision of osteogenic sarcoma in lower extremities. *Plast. Surg. Int.* 2013; Volume 2013, ID 538364, 5 p. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/538364>.
  39. Anthony J.P., Mathes S.J., Alpert B.S. The muscle flap in the treatment of chronic lower extremity osteomyelitis: results in patients over 5 years after treatment. *Plast. Reconstr. Surg.* 1991; 88(2):311-318.
  40. Barbour J., Saunders S., Hartsock L., Schimpf D., O'Neill P. Calcaneal reconstruction with free fibular osteoautogenous flap. *J. Reconstr. Microsurg.* 2011; 27(6):343-348.
  41. Bondurant F.J., Cotler H.B., Buckle R. The medical and economic impact of severely injured lower extremities. *Trauma*. 1998; 28:1270-1273.
  42. Brenner P., Zwipp H., Rammelt S. Vascularized double barrel ribs combined with free serratus anterior muscle transfer for homologous restoration of the hindfoot after calcanectomy. *J. Trauma*. 2000; 49(2):331-335.
  43. Brinker M.R., Loncarich P.P., Melissinos E.G., O'Connor P.P. Calcaneogenesis. *J. Bone Joint Surg.* 2009; 91-B:662-665.
  44. Choong P.F., Qureshi A.A., Sim F.H., Unni K.K. Osteosarcoma of the foot: a review of 52 patients at the Mayo clinic. *Acta Orthop. Scand.* 1999; 70:361-364.
  45. Chou L.B., Malawer M.M. Osteosarcoma of the calcaneus treated with prosthetic replacement with twelve years of follow-up: a case report. *Foot Ankle Int.* 2007; 28:841-844.
  46. Endo J., Kuniyoshi K., Mochizuki M., Shimoyama K., Koyama T., Aiba A., Kadota R., Sasaki Y. Two-staged hindfoot reconstruction with vascularized fibula graft for calcaneal osteomyelitis caused by methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*: a case report. *Microsurgery*. 2013; 33(3):232-235.
  47. Guerra A.B., Gill P.S., Trahan C.G., Ruiz B., Lund K.M., Delaune C.L., Thibodeaux B.A., Metzinger S.E. Comparison of bacterial inoculation and transcutaneous oxygen tension in the rabbit S1 perforator and latissimus dorsi musculocutaneous flaps. *J. Reconstr. Microsurg.* 2005; 21(2):137-143.
  48. Hansen S.N. Jr. Functional reconstruction of the foot and ankle. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2000. 525 p.
  49. Imanishi J., Choong P.F. Three-dimensional printed calcaneal prosthesis following total calcanectomy. *Int. J. Surg. Case Rep.* 2015; 10:83-87.
  50. Iwakura T., Lee S.Y., Niikura T., Miwa M., Sakai Y, Nishida K. et al. Gentamycin-impregnated calcium phosphate cement for calcaneal osteomyelitis: a case report. *J. Orthop. Surg. (Hong Kong)*. 2014; 22(3):437-439.
  51. Karns M., Dailey S.K., Archdeacon M.T. Treatment of calcaneal fracture with severe soft tissue injury and osteomyelitis: a case report. *J. Foot Ankle Surg.* 2015; 54(5):973-977.
  52. Kitsiou C., Perrot P., Duteille F. La reconstruction des pertes de substance complexes du pied par lambeau libre ostéomusculaire de serratus anterior-côte: à propos de quatre cas. *Ann. Chir. Plast. Esth.* 2013; 58(4):321-326.
  53. Kurvin L.A., Volkering C., Kessler S.B. Calcaneus replacement after total calcanectomy via vascularized pelvis bone. *Foot Ankle Surg.* 2008; 14(4):221-224.
  54. Li J., Wang Z. Surgical treatment of malignant tumors of the calcaneus. *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.* 2014; 104(1):71-76.
  55. Li J., Guo Z., Pei G.X., Wang Z., Chen G.J., Wu Z.G. Limb salvage surgery for calcaneal malignancy. *J. Surg. Oncol.* 2010; 102:48-53.
  56. Loder B.G., Dunn K.W. Functional reconstruction of a calcaneal deficit due to osteomyelitis with femoral head allograft and tendon rebalance. *Foot (Edinb)*. 2014; 24(3):149-152.
  57. Lykoudis E.G., Gantsos A., Dimou A.O. Complex calcaneal defect reconstruction with osteotomized free fibula-flexor hallucis longus osteomuscular flap. *Microsurgery*. 2013; 33(1):63-68.
  58. Maurel B., Le Corroller T., Bierry G., Buy X., Host P., Gangi A. Treatment of symptomatic para-articular intraosseous cysts by percutaneous injection of bone cement. *Skeletal Radiol.* 2013; 42(1):43-48.
  59. Muscolo D.L., Ayerza M.A., Aponte-Tinao L.A. Long-term results of allograft replacement after total calcanectomy. A report of two cases. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2000; 82:109-112.
  60. Myerson, M.S. Reconstructive foot and ankle surgery: management of complications. 2nd ed. Philadelphia: Saunders; 2010. 576 p.
  61. Özer D., Er T., Ayçan O.E., Öke R., Coşkun M., Kabukçuoğlu Y.S. May bone cement be used to treat benign aggressive bone tumors of the feet with confidence? *Foot (Edinb)*. 2014; 24(1):1-5.
  62. Sabry F.F., Ebraheim N.A., Mehalik J.N. Internal architecture of the calcaneus: implications for calcaneus fractures. *Foot Ankle Int.* 2000; 21:114-118
  63. Sasaki S., Ishii Y. Apatite cement containing antibiotics: efficacy in treating experimental osteomyelitis. *J. Orthop. Sci.* 1999; 4(5):361-369.
  64. Scoccianti G., Campanacci D.A., Innocenti M., Beltrami G., Capanna R. Total calcanectomy and reconstruction with vascularized iliac bone graft for osteoblastoma: a report of two cases. *Foot Ankle Int.* 2009; 30(7):716-720.
  65. Tang M.L., Lu S.W., Ren J.W., Tang J.L., Zhou X.B., Wu S.T. Applied anatomy of the V-shaped fibular osteomyocutaneous flap in reconstruction of the hindfoot. *Surg. Radiol. Anat.* 2001; 23(4):215-220.
  66. Vulcano E., Ellington J.K., Myerson M.S. The spectrum of indications for subtalar joint arthrodesis. *Foot Ankle Clin.* 2015; 20(2):293-310.
  67. Wan D.C., Gabbay J., Levi B., Boyd J.B., Granzow J.W. Quality of innervation in sensate medial plantar flaps for heel reconstruction. *Plast. Reconstr. Surg.* 2011; 127(2):723-730.
  68. Wozniak W., Raciborska A., Walenta T., Szafranski A., Szyborska A., Bajor M. New technique of surgical treatment of malignant calcaneal tumours. Preliminary report. *Ortop. Traumatol. Rehabil.* 2007; 9(3):273-276.
  69. Yildirim C., Mahiroğullari M., Kuşkuç M., Akmaz I., Keklikci K. Treatment of a unicameral bone cyst of calcaneus with endoscopic curettage and percutaneous filling with corticocancellous allograft. *J. Foot Ankle Surg.* 2010; 49(1):93-97.
  70. Zgonis T., Stapleton J.J., Roukis T.S. Advanced plastic surgery techniques for soft tissue coverage of the diabetic foot. *Clin. Podiatr. Med. Surg.* 2007; 24(3):547-568.
  71. Zygouris P., Michalinos A., Protogerou V., Kotsiomitris E., Mazarakis A., Dimovelis I., Troupis T. Use of lateral calcaneal flap for coverage of hindfoot defects: an anatomical appraisal. *Plast. Surg. Int.* 2015; 5:45-47.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Цыбуль Евгений Сергеевич* – аспирант ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена» Минздрава России

*Родоманова Любовь Анатольевна* – д-р мед. наук профессор заведующая научным отделением хирургии кисти с микрохирургической техникой ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена» Минздрава России; профессор кафедры травматологии и ортопедии ГБОУ ВПО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России; ассистент кафедры травматологии и ортопедии ГБОУ ВПО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России

## MICROSURGICAL RECONSTRUCTION IN PATIENTS WITH CALCANEAL DEFORMITIES AND DEFECTS (review)

E.S. Tsybul' <sup>1</sup>, L.A. Rodomanova <sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> *Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, ul. Ak. Baykova, 8, St. Petersburg, Russia, 195427*

<sup>2</sup> *Pavlov First Saint-Petersburg State Medical University, ul. L. Tolstoy, 6-8, St. Petersburg, Russia, 197022*

<sup>3</sup> *Mechnikov North-Western State Medical University Kirochnaya ul., 41, St. Petersburg, Russia, 191015*


### Abstract

The data of scientific literature on various aspects of the treatment of patients with deformities and defects of the calcaneus for the period from 1976 to 2015. Basic search and selection of publications conducted using PubMed search engine and eLIBRARY. The aim of the study was a comparative analysis of current approaches to the treatment of these patients with the study of the role, place, opportunities and prospects of application technologies of reconstructive microsurgery. It was established that the key challenges for the treatment of patients with lesions of the calcaneus is to achieve stable remission of the infectious process, the maximum possible recovery of the biomechanical properties of the hindfoot and creation, thus, opportunities for achieving a normal gait stereotype. Their solution was developed and proposed to use the set of fundamentally different in its essence surgical techniques. But the possibility of the practical use of most of them are limited to the unfavorable state of the soft tissues of the heel and the heel bone, and often - and its complete absence. Technology reconstructive microsurgery, despite its complexity, high cost and large labor intensity, today represents the most effective means of solving these problems.

**Key words:** calcaneal defects, reconstructive microsurgery, transplant tissue complexes.

### References

1. Agafonov IA. Osnovnye principy operativnogo lecheniya chronicheskogo gematogenno osteomielita [The basic principles of surgical treatment of chronic osteomyelitis]. In: Chronicheskiiy osteomielit [Chronic osteomyelitis]. L.; 1982. p. 32-42. [in Rus.]
2. Barabash AA. Svobodnaya kostnaya plastika v distrakcionnyy regenerat pri ortopedicheskoy patologii (eksperimentalno-klinicheskoe issledovanie) [Free bone grafting in distraction regenerate in the orthopedic pathology (experimentally-clinical research)] [avtoref. dis. ... kand. med. nauk]. Novosibirsk; 1998. 19 p. [in Rus.]
3. Borzykh AV, Trufanov IM, Pogorilyak AI, Varin VV, Sukhin VP. [Complex reconstructive treatment of extensive post-traumatic defects of leg and foot]. *Trauma* [Trauma]. 2009; 10(3). <http://www.mif-ua.com/archive/article/20203> [in Rus.]
4. Grinev MV. Osteomielit [Osteomyelitis]. L.: Medicina; 1977. 151 p. [in Rus.]
5. Gyunter VE, Dambaev GC, Sysolyatin PG. Medicinskie materialy' i implantaty' s pamyat'yu formy [Medical materials and implants with shape memory]. Tomsk; 1998. 486 p. [in Rus.]
6. Zy'ryanov S Ya. [A method of compression subtalar joint arthrodesis with simultaneous correction of the deformity]. *Geniy ortopedii* [Genius of Orthopedics]. 2000; (2):78-80.
7. Ismailov GR, Samusenko DV, D'yachkova GV. [Calculation methods of reconstruction of hindfoot]. *Geniy ortopedii* [Genius of Orthopedics]. 2001; (4):53-54. [in Rus.]
8. Kabanenko IV, Efremova OV, Yutkin VM, Zaitscev MV. [Clinical and biomechanical aspects of prosthetics of invalids with amputated feet defects]. *Vestnik gil'dii protezistov-ortopedov* [Bulletin of the Guild of prosthetists and orthopedists]. 2004; (3):12-13. [in Rus.]

 **Cite as:** Tsybul' ES, Rodomanova LA. [Microsurgical reconstruction in patients with calcaneal deformities and defects (review)]. *Traumatologiya i ortopediya Rossii*. 2015; (4): 144-153. [in Russian]

 *Tsybul' Evgeny S.* Ul. Ak. Baykova, 8, St. Petersburg, Russia, 195427; e-mail: na4med@inbox.ru

 Received; Accepted for publication:



9. Kichemasov SX. [Skin grafting by flaps with axial blood supply for treatment of wound foot defects]. *Ortopediya, travmatologiya i protezirovanie* [Orthopedics, Traumatology and Prosthetics]. 1990; (1):19-24. [in Rus.]
10. Kochish AYu., Rodomanova LA, Kozlov IV. [Anatomical and clinical substantiation of the plastic covering the osteomyelitic defects of lower limbs with axial polycomplexes of tissues]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2005; (3):75-76. [in Rus.]
11. Kochish AYu., Rodomanova LA. [Treatment of wound defects of feet by flaps with axial blood supply]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2008; (2):120-121. [in Rus.]
12. Kutyanov DI, Rodomanova LA. [Using the technology of plastic reconstructive microsurgery in treatment of patients with ankle]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and orthopedics Russia]. 2013; (2):39-46. [in Rus.]
13. Kutyanov DI, Rodomanova LA. [Modern principles and trends in the use of flaps with axial blood supply in reconstructive surgery of extremities]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2015; (1):106-115. [in Rus.]
14. Lubegina ZP, Shtin VP. [Relationship of vessels of osteomyelitic cavity and transplanted muscle after necrectomy in experimental study]. *Ortopediya, travmatologiya* [Orthopaedics and Traumatology]. 1976; (6):76-77. [in Rus.]
15. Miroshnikova EA. Lechenie bol'nykh s otdalennyimi posledstviyami perelomov pyatochnoi kosti [Treatment of patients with long-term consequences of calcaneal fractures] [avtoref. dis. ... kand. med. nauk]. M.; 2009. 24 p. [in Rus.]
16. Mussa M. Plastika osteomieliticheskikh polostei nekotorymi biologicheskimi i sinteticheskimi materialami [Plasty of osteomyelitic cavities with some biological and synthetic materials] [avtoref. dis. ... kand. med. nauk]. L.; 1977. 18 p. [in Rus.]
17. Nikitin GD. Khirurgicheskoe lechenie osteomielita [Surgical treatment of osteomyelitis]. SPb.: Russkaya grafika; 2000. 288 p. [in Rus.]
18. Pat. 2488360 RF, MPK A61B 17/56. Sposob rekonstrukcii zadnego otdela stopy' pri utrate pyatochnoy kosti [The method of hindfoot reconstruction at calcaneus loss]. Koryshkov NA, Platonov SM.; 15.05.2012 ; 27.07.2013 Byul. 21. [in Rus.]
19. Pakhomov IA. [Reconstructive and plastic surgical treatment of calcaneal chronic osteomyelitis complicated by collapse of foot soft tissues]. *Geniy ortopedii* [Genius of Orthopedics]. 2011; (3):112. [in Rus.]
20. Pshenishov KP. [Principles of reconstruction of the lower limb]. *Izbranny'e voprosy' plasticheskoi khirurgii* [Selected Issues of Plastic Surgery]. 2003; (9):48. [in Rus.]
21. Rodomanova LA. Vozmozhnosti rekonstruktivnoi mikrokhirurgii v rannem lechenii bol'nykh s obshirnyimi posttravmaticheskimi defektami konechnostei [Possibilities of reconstructive microsurgery in the early treatment of patients with extensive post-traumatic limb defects] [Dr. med. sci. diss.]. SPb.; 2010. 375 p. [in Rus.]
22. Rodomanova LA, Kochish AYu., Kozlov IV, Pol'kin AG, Valetova SV. [Plastic surgery for osteomyelitic surface defects of lower leg by flaps with axial blood supply]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and orthopedics of Russia]. 2008; (2):130. [in Rus.]
23. Rodomanova L.A, Kochish AYu. Rekonstruktivnye mikrokhirurgicheskie operatsii pri travmakh konechnostei [Reconstructive microsurgery at injuries of extremities. *Rukovodstvo dlya vrachei. Guidelines for doctors*]. SPb.: RNIITO im. R.R.Vredena. 2012. 116 p. [in Rus.]
24. Sinopal'nikov IV. Sanitarnye poteri Sovetskikh voisk vo vremya viny' v Afganistane [Sanitary loss of Soviet troops during the war in Afghanistan]. *Voenno-meditsinskiy zhurnal* [Military Medical Journal]. 2000; (3):4-9. [in Rus.]
25. Sorokin VA. Lechenie kriticheskoy ishemii nizhnikh konechnostei metodom kostnoi revaskulyarizatsii [Treatment of critical ischemia of legs by bone revascularization] [avtoref. dis. ... kand. med. nauk]. Vladivostok; 1999. 24 p. [in Rus.]
26. Tikhilov RM, Rodomanova LA, Kochish AYu, Aksyuk EF. [The ability to replace tissue defects of the foot by flap from non-bearing foot arch]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2007; (3):5-11. [in Rus.]
27. Tikhilov RM, Kochish AYu, Rodomanova LA, Kutyanov DI, Afanas'ev AO. [The possibilities of modern methods of reconstructive and plastic surgery in treatment of patients with extensive post-traumatic tissue defects of the extremities]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and orthopedics Russia]. 2011; (2):164-170. [in Rus.]
28. Tikhilov RM, Kochish AYu, Rodomanova LA. Mikrokhirurgiya v ortopedii [Microsurgery in orthopedics]. V kn.: Ortopediya: natsional'noe rukovodstvo [Orthopedics: national handbook]. M., GE'OTAR-Media, 2008. p. 718-751. [in Rus.]
29. Tikhilov RM, Fomin NE, Koryshkov NA. [Modern issues of treatment of consequences of hindfoot fractures]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2009; (2):144-149. [in Rus.]
30. Tikhilov RM, Kochish AYu, Rodomanova LA. [Modern trends in plasty by flaps with axial blood supply in lower extremity]. *Vestnik travmatologii i ortopedii imeni N.N. Priorova* [Priorov Bulletin of Traumatology and Orthopedics]. 2007; (2):71-75. [in Rus.]
31. Tkachenko SS, Mussa M, Rutskiy VV. [Method of osteogenesis stimulation in autologous muscle plasty of bone cavities] *Byulleten' eksperimental'noy biologii i mediciny* [Bulletin of Experimental Biology and Medicine]. 1978; 85:356-357. [in Rus.]
32. Filimonova MN. Nesvobodnaya plastika osevyimi myshechnymi loskutami pri osteomielite stopy [Unfree plasty by axial muscle flap in foot osteomyelitis] [dis. ... kand. med. nauk]. SPb.; 2008. 210 p. [in Rus.]
33. Cherkes-Zade DI, Kamenev YuF. Khirurgiya stopy. [Foot Surgery]. M.: Meditsina; 2002. 328 p. [in Rus.]
34. Shapovalov VM, Ovdenko AG. Ognestrel'nyi osteomielit [Gunshot osteomyelitis]. SPb.: Morsar; 2000. 144 p.
35. Shvedovchenko IV, Fomin NE, Aristov AM. [Potential of the Foot sole skin as a donor area in reconstructive plastic surgery of lower extremities]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2007; (3):12-17. [in Rus.]
36. Shevtsov VI, Ismailov GR. Chreskostnyi osteosintez v khirurgii stopy [Transosseous fixation in foot surgery]. M.: Medicina; 2008. 360 p. [in Rus.]
37. Yurkevich VV, Bashirov RS, Podgornov VV. [Microsurgical techniques in reconstructive treatment of patients with foot osteomyelitis]. *Voprosy rekonstruktivnoy i plasticheskoy khirurgii* [Issues of Reconstructive and Plastic Surgery]. 2004; (3):154-158. [in Rus.]
38. Abbas K, Umer M, Ur Rashid H. Complex biological reconstruction after wide excision of osteogenic sarcoma in lower extremities. *Plast Surg Int*. 2013; 5:43-46.
39. Anthony JP, Mathes SJ, Alpert BS. The muscle flap in the treatment of chronic lower extremity osteomyelitis: results

- in patients over 5 years after treatment. *Plast Reconstr Surg*. 1991; 88(2):311-318.
40. Barbour J, Saunders S, Hartsock L, Schimpf D, O'Neill P. Calcaneal reconstruction with free fibular osteocutaneous flap. *J Reconstr Microsurg*. 2011; 27(6):343-348.
  41. Bondurant FJ, Cotler HB, Buckle R. The medical and economic impact of severely injured lower extremities. *Trauma*. 1998; 28:1270-1273.
  42. Brenner P, Zwipp H, Rammelt S. Vascularized double barrel ribs combined with free serratus anterior muscle transfer for homologous restoration of the hindfoot after calcanectomy. *J Trauma*. 2000; 49(2):331-335.
  43. Brinker MR, Loncarich PP, Melissinos EG, O'Connor PP. Calcaneogenesis. *J Bone Joint Surg*. 2009; 91-B:662-665.
  44. Choong PF, Qureshi AA, Sim FH, Unni KK. Osteosarcoma of the foot: a review of 52 patients at the Mayo clinic. *Acta Orthop Scand*. 1999; 70:361-364.
  45. Chou LB, Malawer MM. Osteosarcoma of the calcaneus treated with prosthetic replacement with twelve years of followup: a case report. *Foot Ankle Int*. 2007; 28:841-844.
  46. Endo J, Kuniyoshi K, Mochizuki M, Shimoyama K, Koyama T, Aiba A et al. Two-staged hindfoot reconstruction with vascularized fibula graft for calcaneal osteomyelitis caused by methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*: a case report. *Microsurgery*. 2013; 33(3):232-235.
  47. Guerra AB, Gill PS, Trahan CG, Ruiz B, Lund KM, Delaune CL, Thibodeaux BA, Metzinger SE. Comparison of bacterial inoculation and transcutaneous oxygen tension in the rabbit S1 perforator and latissimus dorsi musculocutaneous flaps. *J Reconstr Microsurg*. 2005; 21(2):137-143.
  48. Hansen SN Jr. Functional reconstruction of the foot and ankle. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2000. 525 p.
  49. Imanishi J, Choong PF. Three-dimensional printed calcaneal prosthesis following total calcanectomy. *Int J Surg Case Rep*. 2015; 10:83-87.
  50. Iwakura T, Lee SY, Niikura T, Miwa M, Sakai Y, Nishida K, Kuroda R, Kurosaka M. Gentamycin-impregnated calcium phosphate cement for calcaneal osteomyelitis: a case report. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2014; 22(3):437-439.
  51. Karns M, Dailey SK, Archdeacon MT. Treatment of calcaneal fracture with severe soft tissue injury and osteomyelitis: a case report. *J Foot Ankle Surg*. 2015; 54(5):973-977.
  52. Kitsiou C, Perrot P, Duteille F. La reconstruction des pertes de substance complexes du pied par lambeau libre ostéomusculaire de serratus anterior-côte: à propos de quatre cas. *Ann Chir Plast Esth*. 2013; 58(4):321-326.
  53. Kurvin LA, Volkening C, Kessler SB. Calcaneus replacement after total calcanectomy via vascularized pelvis bone. *Foot Ankle Surg*. 2008; 14(4):221-224.
  54. Li J, Wang Z. Surgical treatment of malignant tumors of the calcaneus. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2014; 104(1):71-76.
  55. Li J, Guo Z, Pei GX, Wang Z, Chen GJ, Wu ZG. Limb salvage surgery for calcaneal malignancy. *J Surg Oncol*. 2010; 102:48-53.
  56. Loder BG, Dunn KW. Functional reconstruction of a calcaneal deficit due to osteomyelitis with femoral head allograft and tendon rebalance. *Foot (Edinb)*. 2014; 24(3):149-52.
  57. Lykoudis EG, Gantsos A, Dimou AO. Complex calcaneal defect reconstruction with osteotomized free fibula-flexor hallucis longus osteomuscular flap. *Microsurgery*. 2013; 33(1):63-68.
  58. Maurel B, Le Corroller T, Bierry G, Buy X, Host P, Gangi A. Treatment of symptomatic para-articular intraosseous cysts by percutaneous injection of bone cement. *Skeletal Radiol*. 2013; 42(1):43-48.
  59. Muscolo DL, Ayerza MA, Aponte-Tinao LA. Long-term results of allograft replacement after total calcanectomy. A report of two cases. *J Bone Joint Surg. Am*. 2000; 82:109-112.
  60. Myerson MS. Reconstructive foot and ankle surgery: management of complications. 2nd ed. Philadelphia: Saunders; 2010. 576 p.
  61. Özer D, Er T, Aycan OE, Öke R, Coşkun M, Kabukçuoğlu YS. May bone cement be used to treat benign aggressive bone tumors of the feet with confidence? *Foot (Edinb)*. 2014; 24(1):1-5.
  62. Sabry FF, Ebraheim NA, Mehalik JN. Internal architecture of the calcaneus: implications for calcaneus fractures. *Foot Ankle Int*. 2000; 21:114-118.
  63. Sasaki S, Ishii Y. Apatite cement containing antibiotics: efficacy in treating experimental osteomyelitis. *J Orthop Sci*. 1999; 4:361-369.
  64. Scoccianti G, Campanacci DA, Innocenti M, Beltrami G, Capanna R. Total calcanectomy and reconstruction with vascularized iliac bone graft for osteoblastoma: a report of two cases. *Foot Ankle Int*. 2009; 30(7):716-720.
  65. Tang ML, Lu SW, Ren JW, Tang JL, Zhou XB, Wu ST. Applied anatomy of the V-shaped fibular osteomyocutaneous flap in reconstruction of the hindfoot. *Surg Radiol Anat*. 2001; 23(4):215-220.
  66. Vulcano E, Ellington JK, Myerson MS. The spectrum of indications for subtalar joint arthrodesis. *Foot Ankle Clin*. 2015; 20(2):293-310.
  67. Wan DC, Gabbay J, Levi B, Boyd JB, Granzow JW. Quality of innervation in sensate medial plantar flaps for heel reconstruction. *Plast Reconstr Surg*. 2011; 127(2):723-730.
  68. Wozniak W, Raciborska A, Walenta T, Szafranski A, Szyborska A, Bajor M. New technique of surgical treatment of malignant calcaneal tumours. Preliminary report. *Ortop Traumatol Rehabil*. 2007; 9:273-276.
  69. Yildirim C, Mahiroğullari M, Kuşkucu M, Akmaz I, Keklikci K. Treatment of a unicameral bone cyst of calcaneus with endoscopic curettage and percutaneous filling with corticocancellous allograft. *J Foot Ankle Surg*. 2010; 49(1):93-97.
  70. Zgonis T, Stapleton JJ, Roukis TS. Advanced plastic surgery techniques for soft tissue coverage of the diabetic foot. *Clin Podiatr Med Surg*. 2007; 24(3):547-568.
  71. Zygouris P, Michalinos A, Protogerou V, Kotsiomitris E, Mazarakis A, Dimovelis I, Troupis T. Use of lateral calcaneal flap for coverage of hindfoot defects: an anatomical appraisal. *Plast Surg Int*. 2015; 5:45-47.

---

#### INFORMATION ABOUT AUTHORS:

*Tsybul' Evgeny S.* – postgraduate, hand surgery and microsurgery scientific department, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics

*Rodomanova Lyubov' A.* – professor, head of hand surgery and microsurgery scientific department, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics; professor of department of traumatology and orthopedics of Pavlov First Saint Petersburg State Medical University; assistant of department of traumatology and orthopedics of Mechnikov State Medical University