

УДК 617.577-089.844-005.4

КЛИНИКО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕКОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ТКАНЕЙ ПРИ ПЕРЕМЕЩЕНИИ СЕГМЕНТОВ КИСТИ

Киселев Д.В., Александров Н.М., Воловик М.Г., Петров С.В.

ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России,
Нижний Новгород, e-mail: info@nniito.ru

Проведено обоснование нового способа профилактики ишемических осложнений при перемещении рубцово измененного пальца. Для этого выполнен клинический эксперимент на здоровых испытуемых и пациентах с последствиями травм кисти. Изучалось влияние различных по длительности и частоте ишемических нагрузок на состояние микро- и макроциркуляции донорского пальца, достигаемых бинтованием пальца резиновым жгутом. С помощью матричного тепловизора Thermo Tracer TN-9100 (NEC, Япония) регистрировали динамику температур на тыльной поверхности обеих кистей в 54 экспериментах на 6 добровольцах мужского пола (средний возраст 29 лет) до, во время наложения жгута и после его снятия через различные интервалы времени. Проведено 54 эксперимента на 6 добровольцах-мужчинах (средний возраст 29 лет). Во время наложения жгута и после его снятия регистрировали динамику температур на тыльной поверхности обеих кистей. Использовали матричный тепловизор Thermo Tracer TN-9100 (NEC, Япония). Параметры кровообращения тренируемого пальца изучали с использованием 6-канального реографа-полианализатора РГПА-6/12 «Реан-Поли» (Медиком МТД, Россия) и лазерного доплеровского флоуметра ЛАКК-М (НПП «Лазма», Россия). Компьютерный анализ тепловизионных (ТПВ) данных проводили с помощью программы обработки термоизображений GTS 5.1.1.011. Измерения параметров кровообращения тренируемого к ишемии пальца и рубцово измененных донорских сегментов осуществляли на 6-канальном реографе-полианализаторе РГПА-6/12 «Реан-Поли» (Медиком МТД, Россия). Показатели кожной микроциркуляции определяли с помощью лазерного доплеровского флоуметра ЛАКК-М (НПП «Лазма», Россия). Установлено, что механическая тренировка пальца к ишемии приводит к улучшению его кровенаполнения и показателей кожной микроциркуляции на ногтевой фаланге, в области первого межпальцевого промежутка и расположения медиальной пальцевой артерии. На ногтевой фаланге пальца наибольший прирост температуры составил $6,68 \pm 1,98^\circ\text{C}$ ($p < 0,05$), что сопровождалось улучшением коэффициента микроциркуляции в 3 раза и увеличением индекса венозного оттока и реографического индекса в среднем на 21% ($p = 0,01$). Проведенные исследования реакции тканей пальца на ишемическое прекондиционирование позволили разработать способ тренировки перемещаемого донорского пальца, обеспечивающий профилактику послеоперационных нарушений периферической микроциркуляции его кожных покровов и сформированного первого межпальцевого промежутка [Патент РФ № 2566190]. Способ обеспечил полное приживание сегментов и успешно применен в клинике у 12 больных. Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что в случае перемещения сегментов кисти с тяжелой и крайне тяжелой степенями деформаций, рубцовых изменений тканей, повреждениями сосудов целесообразно проводить предварительную тренировку донорского сегмента к гипоксии.

Ключевые слова: ампутация, полицизация, транспозиция культей пальцев и пястных костей, ишемическое прекондиционирование тканей, феномен отсрочки, преформирование, оперативная техника

CLINICAL PHYSIOLOGICAL REASONING FOR THE APPLICATION OF THE ISCHEMIC PRECONDITIONING OF TISSUES IN THE TRANSPOSITION OF HAND SEGMENTS

Kiselev D.V., Aleksandrov N.M., Volovik M.G., Petrov S.V.

Federal State-Financed Educational Institution of Higher Education Research Medical University
of Volga Region of the Ministry of Health of Russia, Nizhny Novgorod, e-mail: info@nniito.ru

The feasibility of a new method was obtained for the prevention of ischemic complications during the transposition of a cicatricial finger. For this purpose, a clinical experiment was performed on healthy human subjects and patients with after-effects of hand injuries. The influence of duration-and-frequency-various ischemic loads was studied on the condition of the donor finger micro- and macrocirculation achieved by the finger banding with a rubber garrot. The temperature dynamics on the back surface of the both hands was recorded during 54 experiments in 6 male volunteers (aged 29 years on the average) by using the thermal imager TehrmoTracer TN-9100 (NEC, Japan) before applying a garrot, during its application and after the removal thereof at various intervals. The computer analysis of thermal imaging (TI) data was carried out using the program for processing thermal images GTS 5.1.1.011. The blood flow parameters of a finger trained to ischemia and cicatrized donor segments were measured with 6-channel rheograph-analyzer RGPA-6/12 Rean-Poly (Medicom MTD, Russia). The cutaneous microcirculation parameters were determined using the laser Doppler flow meter LAKK-M (RPE Lazma, Russia). It was established that the mechanical finger training for ischemia resulted in the improvement of its blood filling and cutaneous microcirculation on the nail phalanx, in the region of the first interfinger space and the location of the medial finger artery. The greatest increase in temperature on the nail phalanx of the finger was $6.68 \pm 1.98^\circ\text{C}$ ($p < 0.05$); it was followed by the improvement in the microcirculation coefficient by 3 times and the increase in the venous outflow index and rheographic index by 21% on the average ($p = 0.01$). The studies of the finger tissue response to the ischemic preconditioning have enabled us to develop a method for training a movable donor finger, which ensures the prevention of peripheral microcirculation disorders of the finger skin integument and the formed first interfinger space [Patent of the Russian Federation No. 2566190]. This method has provided for the complete engraftment of the segments and was successfully applied in the clinic in 12 patients. The results of the study show that in case of the transposition of the hand segments with severe and extremely severe deformities, cicatricial tissue changes, vascular injuries, it is advisable to pre-train the donor segment for hypoxia.

Keywords: amputation, pollicization, transposition of the stumps of fingers and metacarpal bones, ischemic preconditioning of tissues, delay phenomenon, pre-formation, surgical technique

Перемещение пальца, культи пальца и пястной кости поврежденной одноименной кисти до настоящего времени применяется для реконструкции первого и/или одного из трехфаланговых пальцев кисти довольно редко по разным причинам [1]. Одной из них является возможность возникновения острых сосудистых нарушений (до 36,4%) при перемещении патологически измененных тканей [2] и неразработанность методов профилактики таких расстройств. Сосудистые расстройства вызывают нарушения кровообращения тканей и частичное или даже полное их омертвление. Сосудистые расстройства приводят к частичным или полным некрозам кожных лоскутов, трансплантатов и перемещенного сегмента, что вызывает существенное снижение функционального и косметического результата операции и увеличение изъятия и без того увечной кисти [1, 3].

Перспективным направлением в профилактике ишемических осложнений в тканях, применяемым в различных отраслях медицины, является ишемическое preconditionирование тканей [4]. Известны способы механической ишемической тренировки питающих ножек различных несвободных комплексов тканей перед их переносом в реципиентную область в реконструктивной хирургии [5, 6]. В результате экспериментальных и клинических исследований установлено, что механическая тренировка стебля вызывает развитие целого комплекса компенсаторных реакций в тканях на различных уровнях их системной организации. Данное направление используется также перед выполнением различных реконструктивных операций на кисти [7]. Для оценки эффективности метода применяется какой-либо один метод: полярографическое определение кислорода в тканях, реовазография, а также лазерная доплерометрия. Однако возможности данного направления при выполнении реконструкции пальцев кисти в настоящее время не изучены. В связи с этим возникает необходимость в разработке и физиологическом обосновании новых подходов к улучшению макро- и микроциркуляции в рубцово измененных донорских сегментах и профилактике ишемических осложнений на сформированном пальце с использованием комплексного подхода к функциональным исследованиям.

Цель исследования: разработать и обосновать новый способ профилактики послеоперационных ишемических осложнений перемещаемого пальца кисти.

Материалы и методы исследования

Институт обладает опытом перемещения пальца, культи пальца и пястной кости на травмированной кисти у 184 больных. Всего на 189 кистях методом перемещения подобных сегментов выполнена реконструкция 203 пальцев. В 90,2% случаев перемещаемые сегменты имели рубцовые изменения различной тяжести. Анализ приживляемости сегментов выявил высокую частоту развития ишемических осложнений различной степени тяжести до 34,3%, что обусловило необходимость разработки методов их профилактики. Наряду с хирургическими методами профилактики ишемических осложнений перемещенных рубцово измененных сегментов использовали способы, направленные на улучшение их кожного кровотока за счет создания перед операцией многократной нарастающей ишемической нагрузки на донорские ткани путем внешнего механического сдавления сосудов сегмента.

Предпосылкой для исследования возможностей этого направления послужили фундаментальные работы об эффективности ишемического preconditionирования органов [4] при их сосудистой патологии, в том числе для профилактики и коррекции ишемических повреждений тканей в хирургии. С целью исследования механизмов формирования компенсаторных сосудистых реакций и возможности применения этого подхода при перемещении патологически измененных сегментов кисти использовали клинические, рентгенологические, морфологические, биофизические (тепловидение, лазерная доплеровская флоуметрия, реовазография) методы исследования.

Изучалось влияние различных по длительности и частоте ишемических нагрузок на состояние микро- и макроциркуляции донорского пальца. В исследовании участвовало 6 добровольцев-мужчин (средний возраст 29 лет), которым проведено 54 эксперимента. При этом проводилось бинтование второго пальца эластическим артериальным жгутом, причем ногтевую фалангу оставляли открытой для регистрации параметров кровотока. Частота наложения жгута составляла 4 раза в день, а время его нахождения варьировало от 10 до 30 минут [8]. С помощью матричного тепловизора Thermo Tracer TH-9100 (NEC, Япония) регистрировали динамику температур на тыльной поверхности обеих кистей в 54 экспериментах на 6 добровольцах мужского пола (средний возраст 29 лет) до, во время наложения жгута и после его снятия через различные интервалы времени.

Компьютерный анализ тепловизионных (ТПВ) данных проводили с помощью программы обработки термоизображений GTS 5.1.1.011. Обработка ИК термокарт включала также компенсацию искажений, сегментирование последовательности термоизображений [9]. Исследование параметров микроциркуляции тренируемого пальца проводили на 6-канальном реографе-полианализаторе РГПА-6/12 «Реан-Поли» (Медиком МТД, Россия). Для определения показателей кожной микроциркуляции использовали лазерный доплеровский флоуметр ЛАКК-М (НПП «Лазма», Россия). Проводили изучение активных и пассивных факторов регуляции микрокровоотока с применением аппарата вейвлет-преобразования [10]. Статистические исследования выполняли с использованием программы STATISTICA-10. Достоверность статистических гипотез изучали с использованием параметрических и непараметрических критериев.

Результаты исследования и их обсуждение

Основным критерием оценки результата операции в ранние сроки после ее выполнения служили приживляемость сегмента и характер заживления раны, так как данные показатели зависят от состояния кровообращения тканей. Разработанный подход обеспечил полное приживание патологически измененных тканей и заживление ран первичным натяжением во всех случаях. При использовании оригинальных подходов к перемещению и ишемической тренировке достигнуто приживание всех сегментов и заживление ран первичным натяжением при многообразных дефектах кисти механической, огнестрельной и термической этиологии, в том числе в условиях обширных рубцов и нарушений магистрального кровообращения сегмента тяжелой степени.

Дискриминационная чувствительность на восстановленном пальце после перемещения культи пальца составила $6,28 \pm 0,77$ мм, пястной кости – $7,3 \pm 0,6$ мм, а интактного пальца – $3,1 \pm 0,3$ мм.

Установлено, что механическая тренировка пальца к ишемии приводит к улучшению его кровенаполнения и показателей кожной микроциркуляции на ногтевой фаланге, в области первого межпальцевого промежутка и расположения медиальной пальцевой артерии. На ногтевой фаланге бинтуемого пальца наибольший прирост температуры после снятия жгута составлял при десятиминутной экспозиции в среднем $6,68 \pm 1,98^\circ\text{C}$ ($p < 0,05$) за первые 2 минуты, при этом показатель микроциркуляции возрастал в 3 раза. На пике роста температурных значений происходило увеличение параметров индекса венозного оттока и реографического индекса в среднем на 21 % ($p = 0,01$), что согласуется с данными авторов, проводивших ишемическое прекондиционирование кисти перед операцией [7]. Нами проводились различные по времени (от 4–6 дней до 6 месяцев) тренировки. Установлено, что характер адаптивных реакций в ответ на окклюзию и сроки их достижения не зависят от длительности тренировок. Выявленные закономерности позволили разработать методику тренировки перемещаемого донорского пальца, обеспечивающей профилактику нарушений периферической микроциркуляции его кожных покровов и перемещенных лоскутов в области первой комиссуры после операции по реконструкции большого пальца [Патент РФ № 2566190].

Тренировка проводилась в течение 4–6 дней путем наложения артериального

жгута на палец. Длительность нахождения жгута в первый день составила 10 минут, во второй – 15 минут третий – 20 минут, в четвертый – 25 минут, в пятый – 30 минут. Кратность пережатия во все дни равнялась четырем. Тренировку проводили до достижения прироста температуры на дистальной фаланге не менее $1,7^\circ\text{C}$. Методика с успехом апробирована на 12 больных, имевших высокий риск развития послеоперационных ишемических осложнений.

Приводим клинический пример.

Мужчина, 42 лет, находился в клинике по поводу отсутствия первого пальца с пястной костью, деформаций 2, 3, 4 пальцев, рубцового дефекта мягких тканей и фаланг второго пальца правой кисти (рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид кисти больного до операции (ладонная поверхность)

Через 2 года и 5 месяцев после травмы проведена реконструкция лучевого края кисти за счет перемещения дефектного второго пальца на двух кожных питающих ножках. Предварительно была устранена его деформация, выполнены кожная лоскутная пластика и тренировка его к ишемии с использованием оригинальной методики.

Из приведенных диаграмм температур (рис. 2) и термокарт (рис. 3 и 4) видна положительная динамика нарастания ТПВ показателей в исследуемых областях на этапе постокклюзионного восстановления в результате предоперационной ишемической тренировки. В результате проведенных мероприятий восстановлены первый палец и адекватный первый межпальцевой промежуток. Хорошее кровоснабжение тканей обеспечило приживание тканей и заживление ран первичным натяжением (рис. 5). Перемещение утильного патологически измененного сегмента позволило восстановить хват кисти даже в условиях его деформации и тяжелого нарушения кровообращения в тканях (рис. 6).

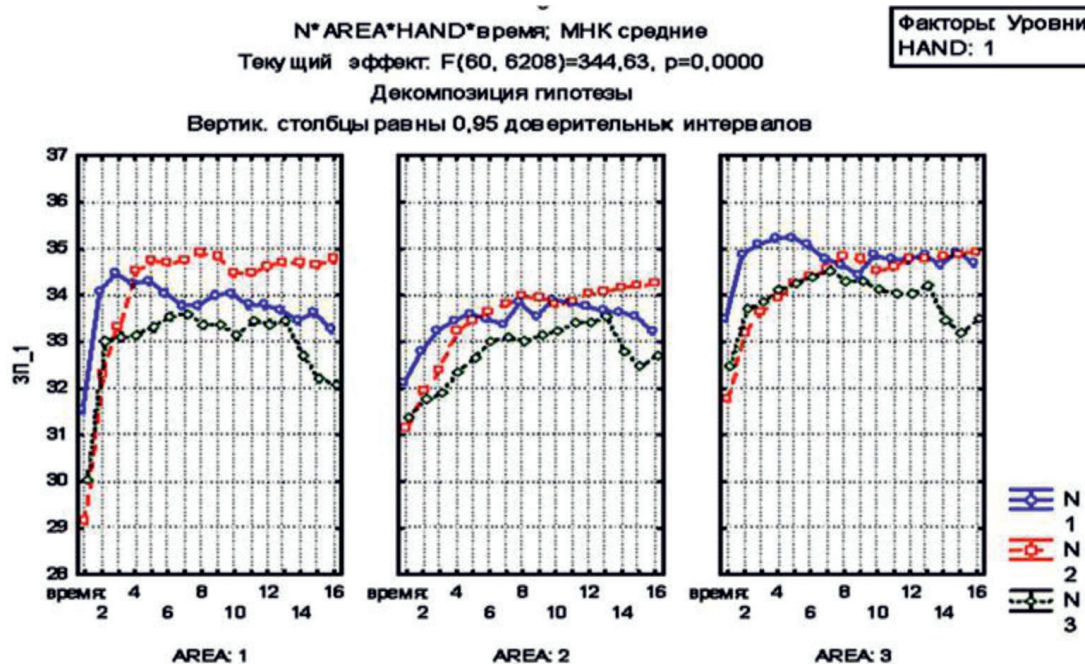


Рис. 2. Диаграмма температур в трех зонах тренируемого пальца у больного Ш.
(зона 1 – ногтевая фаланга, 2 – область латеральной тыльной пальцевой артерии,
3 – область «анатомической табакерки»)

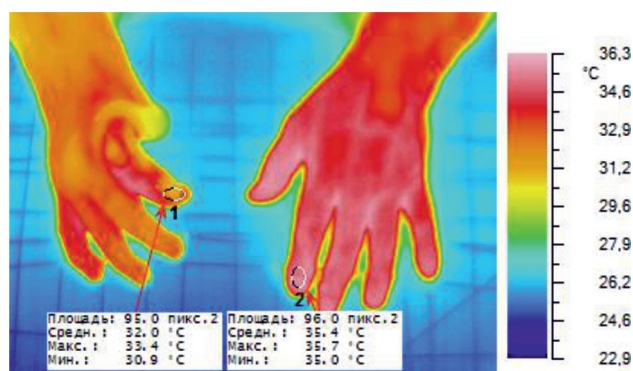


Рис. 3. Термокарта кисти б-го Ш. после первого пережатия (10 минут) сосудов
донорского пальца, вторая минута восстановления кровотока

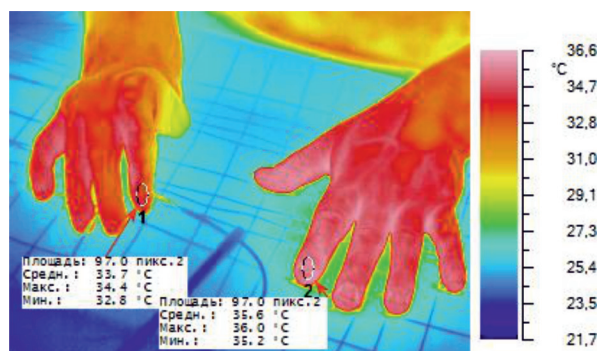


Рис. 4. Термокарта кисти б-го Ш. после 24-ого пережатия (20 минут) сосудов пальца,
вторая минута восстановления кровотока

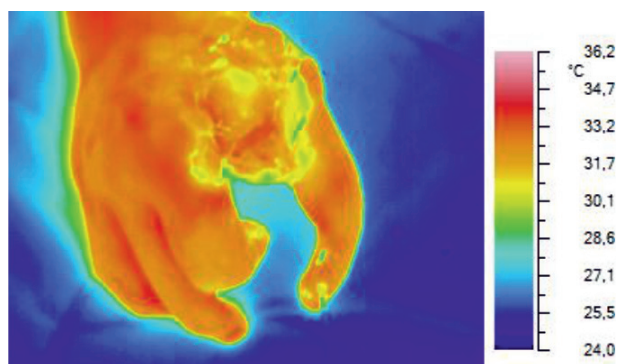


Рис. 5. Термокарта кисти 6-го III. Через 8 дней после реконструкции пальца



Рис. 6. Функция кисти через 1 год после реконструкции лучевого края

Результаты исследования показывают, что ишемическая тренировка тканей, используемые хирургическая и консервативные методики обеспечивают адекватную профилактику ишемических осложнений. При этом достигается метаболическая адаптация тканей, повышается переносимость ими тяжелой гипоксии, отмечаемой при собственно перемещении сегмента кисти и кожных лоскутов. Выполненная нами работа показывает, что разработанный нами подход к ишемическому прекондиционированию пальца обеспечивает надежное приживание донорского пальца кисти.

Как следует из анализа литературных данных, профилактика ишемических осложнений при перемещении пальцев чаще всего осуществляется консервативными методами, включающими применение медикаментов, физических факторов, придание кисти возвышенного положения. Реже применяются хирургические методы, заключающиеся в выполнении первичной артериальной или венозной реваскуляризации сегмента. В ситуации, когда имеются глубокие и обширные рубцы, такие подходы мало пригодны и не всегда эффективны вследствие облитерации, сдавления и/или патологических изменений стенок артерий

и вен. Кроме того, даже восстановление магистрального кровотока не обеспечивает адекватной профилактики ишемических осложнений в рубцовых тканях вследствие нарушения в них микроциркуляции и тканевого метаболизма. В случае транспозиции рубцово измененных и тяжело деформированных сегментов, особенно пальцев и их культей на дистальных уровнях, частота некрозов значительно возрастает [2]. При этом чаще отмечаются некрозы концевых отделов пальца, наиболее важных в функциональном отношении. Анализ наших результатов свидетельствует о том, что тяжесть и частота подобных осложнений нарастают по мере увеличения площади и глубины рубцовых поражений тканей, степени деформации, повреждения кисти, а также расстояния переноса донорского сегмента.

Неповреждающая (субкритическая) избирательная гипоксическая нагрузка на донорские ткани путем периодического механического пережатия сосудов временных питающих ножек пересаживаемых тканевых комплексов с помощью жгута или эластичного жома с большим успехом реализуется при пластике несвободным паховым лоскутом для стимуляции его периферической реваскуляризации [5]. Однако данный подход не применим при использовании постоянных питающих ножек, что имеет место при перемещении сегмента кисти, когда необходимо активировать другие механизмы компенсации ишемии и улучшения микроциркуляции. В случае выполнения разнообразных реконструктивных операций на кисти с использованием ее донорских ресурсов для профилактики сосудистых осложнений проводится также предварительная периодическая ишемизация тканей путем наложения артериального жгута на предплечье или плечо [7]. Однако длительность нахождения жгута на конеч-

ности ограничена из-за болевых ощущений неврогенного и ишемического характера, что снижает эффективность тренировки перемещаемого сегмента и не обеспечивает ее селективности. Наш подход заключается в ишемическом прекондиционировании непосредственно донорского сегмента [8]. При этом обеспечивается избирательная гипоксическая нагрузка на его дистальные отделы, наиболее подверженные некрозам. Тренировка донорского пальца или его культи сопровождается постепенно возрастающей ишемической нагрузкой, что повышает переносимость тканевой гипоксии, приводит к активизации кровообращения в питающих ножках и улучшает приживляемость тканей всего сегмента. Тренировка сопровождается минимальными болевыми ощущениями, что предотвращает сосудистый спазм. В результате увеличивается длительность окклюзии и ее переносимость, а следовательно, и эффективность прекондиционирования (тренировки) тканей донорского сегмента, а также первого межпальцевого промежутка.

Наш опыт свидетельствует о том, что в случае перемещения сегментов кисти с тяжелой и крайне тяжелой степенями деформаций, рубцовых изменений тканей, повреждениями сосудов целесообразно проводить предварительную тренировку донорского сегмента к гипоксии и бескровным, и оперативным путем. Это не исключает выполнения традиционных консервативных приемов улучшения васкуляризации перемещаемого сегмента.

Заключение

Гипоксическое прекондиционирование перемещаемых сегментов кисти обеспечи-

вает адекватную профилактику ишемических осложнений в условиях тяжелых патологических изменений тканей.

Список литературы

1. Goldfarb C.A. Incidence and treatment of complications suboptimal outcomes and functional deficiencies after pollicization / C.A. Goldfarb, E. Monroe, J. Steffen et al. // *J. Hand Surg.* 2009. V. 34A, № 2. P. 1291–1297.
2. Дадалов М.И. Реконструктивно-восстановительные операции при утрате большого пальца кисти: автореф. дис. ... канд. мед. наук: в форме науч. докл. – Ленинград, 1990. – 51 с.
3. Thate M.R. Unfavourable results in pollicisation / M.R. Thate, S. Nehete, K. Garude et al. // *Indian J. Plast. Surg.* 2013. V. 46, № 2. P. 303–311.
4. Vainer B. Systemic vascular response to brachial arteries crossclamping remote ischemic preconditioning / B. Vainer, A. Markel // *Medical Hypotheses.* 2015. V. 84. P. 298–300.
5. Furnas D.W. A pair of fiveday flaps: Early division of distant pedicles after serial cross-clamping and observation with oximetry and fluorometry / D.W. Furnas, R.C. Lamb, B.M. Achauer et al. // *Ann. Plast. Surg.* 1985. V. 15. P. 262–267.
6. Каюмходжаев А.А. Пластическое закрытие обширного рубцового дефекта мягких тканей и костей свода черепа (описание клинического наблюдения) / А.А. Каюмходжаев, Ж.Д. Расулов, А.Б. Гуламов, [и др.] // *Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии.* – 2013. – № 3. – С. 41–43.
7. Козюков В.Г. Способы улучшения результатов реконструктивно-пластических операций после повреждений кисти / В.Г. Козюков, А.Е. Токарев, А.Н. Севостьянов и др. // *Уральский медицинский журнал.* – 2011. – № 10 (88). – С. 136–139.
8. Воловик М.Г. Влияние многократной локальной ишемии на температурный режим и микроциркуляцию кожи кисти у человека / М.Г. Воловик, Д.В. Киселев, С.А. Полевая с соавт. // *Физиология человека.* – 2015. – Т. 41, № 3. – С. 1–10.
9. Wretman D. Finding regions of interest in a decision support system for analysis of infrared images. Stockholm, Sweden: Master of Science Thesis, 2006. 72 p.
10. Крупаткин А.И. Колебания кровотока частотой около 0,1 Гц в микрососудах кожи не отражают симпатическую регуляцию их тонуса / А.И. Крупаткин // *Физиология человека.* – 2009. – Т. 35, № 2. – С. 60.