

Динамика парциального давления газов и микроциркуляции в коже несвободных кожно-фасциальных лоскутов с осевым кровоснабжением после их транспозиции

РНЦ «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г. А. Илизарова, г. Курган
e-mail: office@ilizarov.ru

Реферат

У 19 пациентов проведена оценка динамики парциального давления газов (чрескожный полярограф Model 840 VFD, США) и микроциркуляции (УЗДГ «Минимакс-Допплер К», Санкт-Петербург, ФПГ реограф полианализатор РГПА-6/12, Таганрог) лоскутов с осевым типом кровоснабжения в течение 1,5 месяца после их транспозиции. Выделены три типа динамики парциального давления газов васкуляризированного кожного лоскута: I тип — нормоксия или незначительная гипоксия и нормокапния с 1-го дня после операции; II тип — в первые 1–2 дня гипоксия тканей в сочетании с гиперкапнией до $t_{\text{cp}} \text{CO}_2$ 70–90 мм рт. ст., стабилизация к 5–7-му дню на значениях нормоксия, нормокапния; III тип — нестабильная система газообеспечения тканей: в первые 1–2 дня гипоксия в сочетании с гиперкапнией до $t_{\text{cp}} \text{CO}_2$ 100–120 мм рт. ст., в дальнейшем (до 25 дней) резко выраженные колебания $t_{\text{cp}} \text{O}_2$ от 0 до 140 мм рт. ст. и $t_{\text{cp}} \text{CO}_2$ от 0 до 70 мм рт. ст. с интервалом 1–3 дня. При выраженной гипоксии $t_{\text{cp}} \text{O}_2$ от 0–2 мм рт. ст. и гиперкапнии $t_{\text{cp}} \text{CO}_2$ 100–115 мм рт. ст. сигнал капиллярного кровотока по данным УЗДГ и ФПГ не регистрируется. При гипоксии в сочетании с гиперкапнией $t_{\text{cp}} \text{CO}_2$ от 60–80 мм рт. ст. регистрируется сигнал капиллярного кровотока с преобладанием венозной компоненты непостоянного характера.

Ключевые слова: микроциркуляция, парциальное давление газов, кожный лоскут.

Dolganova T. I., Shikhaleva N. G., Chtchoudlo N. A.

The dynamics of gases partial pressure and microcirculation in the axial flaps skin after transposition

The Federal State-Financed Institution Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics
e-mail: office@ilizarov.ru

Abstract

The dynamics of gas partial pressure (Model 840 VFD percutaneous polarograph, USA) and microcirculation (USDG – Minimax-Doppler K, St. Petersburg, photoplethysmography [PPG] – RGPA-6/12 rheograph polyanalyzer, Taganrog) in flaps of axial type blood supply for 1,5 months after their transposition has been evaluated in 19 patients. Three types of the dynamics of the partial pressure of gases in the vascularized skin flap have been singled out: type I — normoxia or mild hypoxia, normocapnia from day 1 after surgery; type II — tissue hypoxia combined with hypercapnia with $p\text{CO}_2$ up to 70–90 mm Hg in the first 1–2 days, stabilization of normoxia and normocapnia values by Day 5–7; type III — an instable system of tissue gas supply: hypoxia subsequently (for up to 25 days) – $p\text{O}_2$ pronounced variations from 0 to 140 mm Hg and $p\text{CO}_2$ — from 0 to 70 mm Hg with 1–3-day interval. By USDG and PPG data the signal of capillary blood flow is not registered for marked hypoxia ($p\text{O}_2$ from 0–2 mm Hg) and hypercapnia ($p\text{CO}_2$ — 100–115 mm Hg). In case of hypoxia combined with hypercapnia ($p\text{CO}_2$ — 60–80 mm Hg) the signal of capillary blood flow is registered with non-constant venous component domination.

Keywords: microcirculation, partial pressure of gases, skin flap.

Введение

Актуальность изучения показателей микроциркуляции у пациентов с обширными ранами и дефектами покровных тканей, перенесших пластические операции, определяется тем, что общепринятые в клинической практике методы (визуальный контроль, термометрия, лабораторные показатели) хотя и отражают ишемические изменения пересаженных или перемещенных лоскутов, но могут свидетельствовать лишь о далеко зашедшей тканевой гипоксии, «когда легко диагностировать, но уже поздно лечить»; необходи-

мость применения физиологических исследований определяется еще и тем, что «методы объективизации состояния больного важны и с профессиональной, и с экономической, и с административно-юридической точки зрения» [4].

В обзорах, посвященных мониторингу кровоснабжения свободных лоскутов, отмечено, что ни одна известная на сегодняшний день методика исследования микроциркуляции не является идеальной [9], однако одновременное выполнение оксиметрии и

доплерографии служит высокочувствительной комбинацией, которая не дает ни ложноположительных, ни ложноотрицательных результатов [3]. Результаты внедрения неинвазивной методики транскутанной оксиметрии в клиническую практику свидетельствуют о необходимости ее широкого применения в диагностике состояния ран, язв и лоскутов покровных тканей, а также в определении эффективности ревазуляризирующих операций и консервативной терапии: критическим для жизнеспособности кожных лоскутов считается значение транскутанного напряжения менее 10 мм рт. ст. [4]; по данным независимых исследовательских групп, напряжение кислорода менее 40 мм рт. ст. у пациентов, не имеющих сосудистых заболеваний, интерпретируется как гипоксия; повышение напряжения кислорода более 40 мм рт. ст. после ревазуляризирующей операции ассоциируется с последующим заживлением, хотя прирост показателя может быть значительно отсрочен на 28 дней и более [7]. Сопоставление данных экспериментальных исследований на животных с клиническими наблюдениями показывает, что применение только оксиметрии не позволяет достоверно выявить венозную недостаточность трансплантированных лоскутов, напряжение углекислого газа более 90 мм рт. ст. авторы рассматривают как показание для консервативного лечения венозной недостаточности [8].

Сведения о результатах комплексных исследований показателей кровотока и транскутанного напряжения газов в несвободных лоскутах в доступной литературе отсутствуют.

Цель исследования

Оценка динамики парциального давления газов и микроциркуляции в коже несвободных кожно-фасциальных лоскутов с осевым типом кровоснабжения в течение 1,5 месяца после их транспозиции.

Материал и методы исследования

Объектом исследования являлись 19 больных с обширными ранами и приобретенными дефектами мягких тканей конечностей, которым произведена транспозиция лоскутов с осевым типом кровоснабжения. Пациенты оперированы в отделении хирургии кисти клиники ФГБУ РНЦ «ВТО» им. акад. Г. А. Илизарова (зав. отд. — канд. мед. наук Шихалева Н. Г.). Средний возраст обследованных составил $27,7 \pm 11,6$ года, величина глубокого дефекта покровных тканей — от $12,0 \text{ см}^2$ на пальцах кисти, до 50 см^2 на верхних конечностях и до 100 см^2 на голени. У 7 пациентов дефект мягких тканей сочетался с переломами костей кисти.

С целью замещения дефекта покровных тканей на кисти и предплечье были использованы несвободный васкуляризированный лучевой лоскут на дистальной ножке (8 человек), несвободный задний межкостный лоскут предплечья (1 человек), лоскуты кисти (3 человека). У больных с имеющимися ранами на нижних конечностях были применены несвободный задний лоскут бедра с ротацией его на торец культы голени, несвободный медиальный подошвенный

лоскут, суральный лоскут на дистальной ножке при посттравматическом дефекте мягких тканей пятки (5 человек). У всех пациентов для фиксации конечности в положении, благоприятном для заживления ран, был использован аппарат Илизарова. У пациентов с переломами костей кисти аппарат Илизарова выполнял две функции: консолидация перелома и фиксация сегмента. Для уменьшения натяжения сосудистой ножки васкуляризированного лоскута с помощью аппарата было возможно изменение положения конечности в суставах и дальнейшая стабильная фиксация ее на протяжении заживления раны. После заживления раны — постепенное устранение вынужденного положения путем изменения длины стержней, фиксирующих базовую опору. Для определения газового режима кожи лоскутов использовали полярограф Model 840 (VFD, США), согревающий датчик ($t=44^\circ$) с модифицированным электродом типа «Clark». Накожный согревающий датчик прикреплялся к кожной поверхности лоскута с помощью адгезивных колец. Частота исследований — ежедневно в течение первых 7 дней и в последующем через 2–3 дня до полного его приживления (снятия швов) с контрольным обследованием через 2–3 месяца. Для уменьшения вариативности показателей пользовались рекомендациями, известными из литературы [7]. Полученные результаты сравнивались со значениями на интактной конечности, которые соответствовали ранее полученным значениям нормы здоровых обследованных: транскутанное напряжение кислорода $t_{\text{cp}} \text{O}_2$ — 50–65 мм рт. ст.; транскутанное напряжение углекислого газа $t_{\text{cp}} \text{CO}_2$ — 40–50 мм рт. ст. [3].

Для оценки капиллярного кровотока в лоскутах использован поверхностный датчик фотоплетизмографии («РЕАН-ПОЛИ» РГПА–6/12, версия «элитная» с полиграфическим каналом объемной фотоплетизмографии чувствительностью от 0,1 до 10,0 %/см, г. Таганрог) и ультразвуковая доплерография с датчиком 20 МГц («Минимакс-Допплер К», Санкт-Петербург).

Результаты исследований и их обсуждение

Осложнения, наступившие в ближайший послеоперационный период, включали в себя два случая развития венозной недостаточности при использовании одного несвободного лучевого лоскута и одного сурального лоскута. Несмотря на проведение курсов гирудотерапии и медикаментозного лечения, у этих пациентов возникли краевые поверхностные некрозы на площади до 6 см^2 , что составило 9,3 % от всей площади перемещенных тканей. Купирование осложнений потребовало проведения некрэктомий и дополнительных операций в виде закрытия ран полнослойными кожными трансплантатами.

В процессе лечения у всех пациентов выполняли полярографию перемещенных комплексов мягких тканей. На основании динамики парциального давления кислорода и углекислого газа выделено три типа динамики парциального давления газов в исследуемых лоскутах.

I тип (рис. 1) регистрировался у 4 человек из 19 (21,1 %), средний возраст — $36 \pm 1,9$ года. С первого

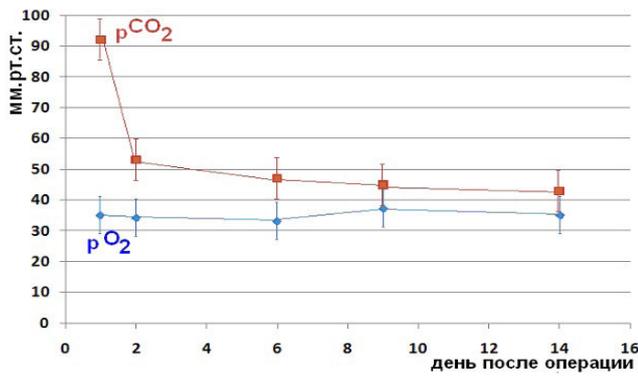


Рис. 1. Динамика парциального давления кислорода и углекислого газов в тканях кожного лоскута (тип 1). Отсутствует гипоксия тканей с первого дня после операции

дня после операции парциальное давление кислорода (pO_2) не опускалось ниже 30 мм рт. ст. и весь период наблюдения (до полного приживления) регистрировалось в интервале 30–45 мм. В первые сутки после операции имела место гиперкапния (до значений $t_{cp} CO_2 = 100$ мм рт. ст.), но уже на вторые сутки $t_{cp} CO_2$ снижалось до $53 \pm 6,7$ мм рт. ст. Период мониторинга парциального давления газов для данной группы пациентов не превышал 14 дней, регистрировались стабильные значения $t_{cp} O_2$ и $t_{cp} CO_2$. По данным фотоплетизмографии, уже с первых суток после операции регистрировался четкий сигнал амплитудой более 0,10 петаметра (pm), по данным УЗДГ — капиллярный кровоток с артериальной компонентой (рис. 2). В этой группе пациентов осложнений не было.

II тип (рис. 3) регистрировался у 10 человек из 19 (52,6 %), средний возраст — $33 \pm 2,8$ года. В первые сутки после операции выявлены очень низкие показатели напряжения кислорода ($t_{cp} O_2$ от 0 до 5 мм рт. ст.) в сочетании с высокими показателями напряжения углекислого газа ($t_{cp} CO_2$ $90 \pm 5,7$ мм рт. ст.). Ежедневное измерение парциального давления газов выявило четкую положительную динамику в течение 5–7 суток: $t_{cp} O_2$ увеличивалось до $55 \pm 4,2$ мм рт. ст., $t_{cp} CO_2$ снижалось до $57 \pm 5,3$ мм рт. ст. Период мониторинга парциального давления газов для данной группы пациентов составил 30 дней, и в дальнейшем регистрировались стабильные значения $t_{cp} O_2$ $54 \pm 5,8$ мм рт. ст. и $t_{cp} CO_2$ $56 \pm 7,5$ мм рт. ст. По данным фотоплетизмографии у этой группы пациентов в первые 3–5 суток после операции сигнал не регистрировался. По данным УЗДГ, в первые дни после операции при значениях $t_{cp} CO_2$ 70–80 мм рт. ст. регистрировался сигнал капиллярного кровотока с преобладанием венозной компоненты непостоянного характера (рис. 4).

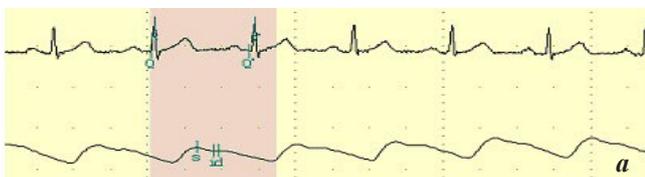


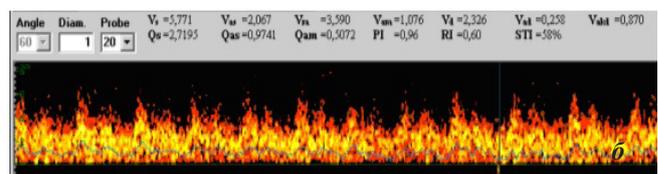
Рис. 2. Оценка микроциркуляции кожного лоскута по данным фотоплетизмограммы — а; и ультразвуковой доплерографии — б

В последующие дни наблюдений при снижении $t_{cp} CO_2$ до значений 50–60 мм рт. ст. и увеличения $t_{cp} O_2$ до 30–40 мм рт. ст. становилась четкой доплерограмма венозного и артериального кровотока. Фотоплетизмограмма с четкой амплитудой более 0,10 pm регистрировалась, когда значения $t_{cp} O_2$ превышали 20 мм рт. ст.

III тип (рис. 5) регистрировался у 5 человек из 19 (26,3 %), средний возраст — $34 \pm 2,8$ года. Через 1–3 дня после операции регистрировались очень низкие значения $t_{cp} O_2$ (0–5 мм рт. ст.) в сочетании с гиперкапнией ($t_{cp} CO_2$ $110 \pm 12,6$ мм рт. ст.). Период мониторинга парциального давления газов для данной группы пациентов составил 40 дней. В течение 20–25 дней после операции регистрировались резко выраженные колебания $t_{cp} O_2$ от 0 до 140 мм рт. ст. и $t_{cp} CO_2$ от 0 до 70 мм рт. ст. По данным УЗДГ и ФПГ, в первые 1–3 дня после операции сигнал капиллярного кровотока не регистрировался. В последующие дни по данным УЗДГ регистрировался капиллярный кровоток с преобладанием артериальной или венозной компоненты непостоянного характера. Величина и четкость сигнала стабилизировались только при нормализации показателя парциального давления кислорода на значениях $t_{cp} O_2$ $48 \pm 7,9$ мм рт. ст. газов и стабилизации $t_{cp} CO_2$ на уровне $52 \pm 6,9$ мм рт. ст., что происходило лишь к 20–25 дню после операции. Четкий сигнал ФПГ регистрировался только после стабилизации значений pO_2 на уровне 20–30 мм рт. ст. (рис. 6).

При II и III типе динамики парциального давления газов наблюдались осложнения в виде венозной недостаточности (по одному пациенту в каждой группе).

Выполненное исследование позволило выявить три типа динамики транскутанного напряжения кислорода и углекислого газа в несвободных лоскутах с осевым кровоснабжением после их транспозиции, однако при имеющемся количестве наблюдений не удалось выявить взаимосвязь типов динамики с результатом операции, в частности с частотой и выраженностью частичных некрозов лоскутов. Следует учесть, что процесс приживления в конкретном участке лоскута может компрометироваться не только гипоксией или гипоксемией, но и другими факторами: инфекцией, сопутствующими заболеваниями (в том числе недиагностированными), низкой активностью ангиогенеза, возрастными изменениями сосудов. Следует отметить, что патоморфологическое исследование артерий кисти, выполненное нами ранее на другой группе пациентов, свидетельствует о наличии выраженных признаков их возрастных изменений и преартериосклеротического состояния у некоторых пациентов старше 30 лет [5].



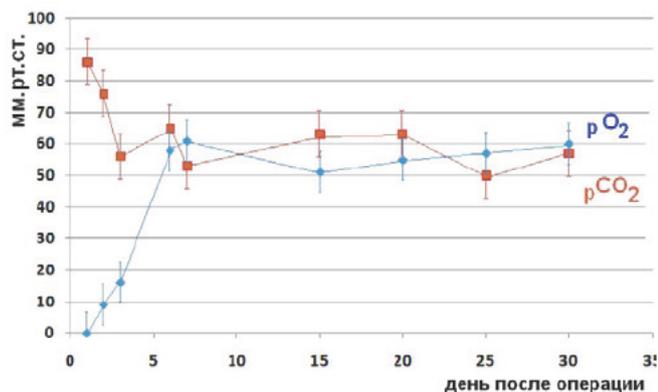


Рис. 3. Динамика парциального давления кислорода и углекислого газов в тканях кожного лоскута (тип II). В 1–3-й день после операции выражена гипоксия в сочетании с гиперкапнией. Стабилизация к 7–10-му дню после операции

Вместе с тем результаты выполненного исследования в совокупности с известными из литературы данными позволяют выработать определенные тактические рекомендации. Близкие к интактным значения транскутанного напряжения углекислого газа и незначительно сниженное значение напряжения кислорода на 2-е сутки после операции, свидетельствующее о первом типе, требует контрольного исследования на 3–5-е сутки после операции. Если гипоксия и гиперкапния не усугубляются, дальше полярография не нужна. Однако если транскутанное напряжение кислорода приближается к 30 мм рт. ст., показана антигипоксическая терапия и контроль ее эффективности.

Низкие значения транскутанного напряжения кислорода и высокие углекислого газа в 1–3-и сутки после операции заставляют заподозрить либо второй, либо третий тип газообеспечения. При нормализации напряжения кислорода к 5-у дню после операции диагностируется второй тип, сниженное напряжение кислорода при гиперкапнии на 5–7-й день представляет собой «замедленный второй тип». В этом случае необходимы профилактика и лечение венозной недостаточности с контролем их эффективности.

Уточнение этиологии третьего типа газообеспечения (а именно — причин гипероксии) требует дополнительных исследований на большем количестве клинических наблюдений. С одной стороны, значения $t_{\text{р}} \text{O}_2$ более 90 мм рт. ст., превышающие нормальный уровень кислорода артериальной крови, рассматриваются артефактом измерения данной методики [6]. С другой стороны, $t_{\text{р}} \text{O}_2$ 100–115 мм рт. ст. регистрируются в неповрежденной коже у детей с острым гематогенным остеомиелитом [1].

Если к 5–7-у дню после операции выявляется гипероксия на фоне выраженных колебаний транскутанного напряжения углекислого газа, это заставляет, как минимум, заподозрить значимую воспалительную реакцию, в том числе как компонент синдрома ишемии-реперфузии, внести соответствующие коррективы в послеоперационное ведение пациента и проводить контрольные полярографические исследования до 25 дня после операции.

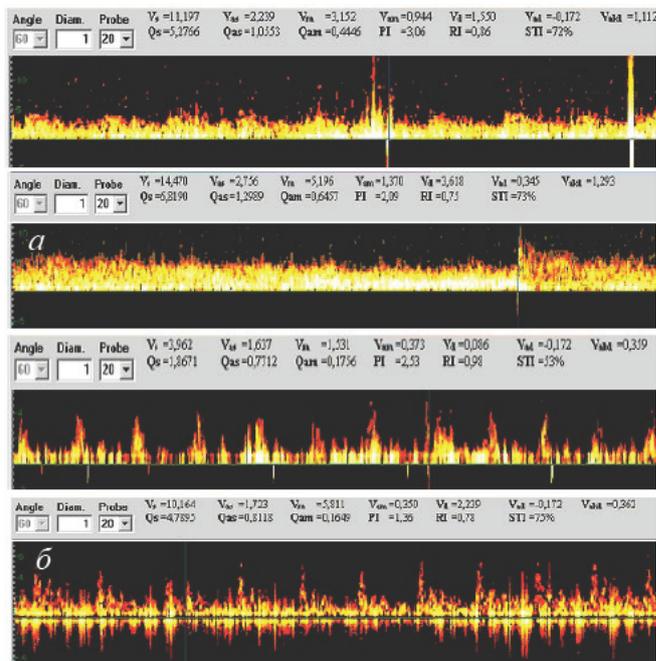


Рис. 4. Оценка микроциркуляции кожного лоскута по данным УЗДГ: а — капиллярный кровоток с преобладанием венозной компоненты; б — капиллярный кровоток с преобладанием артериальной компоненты

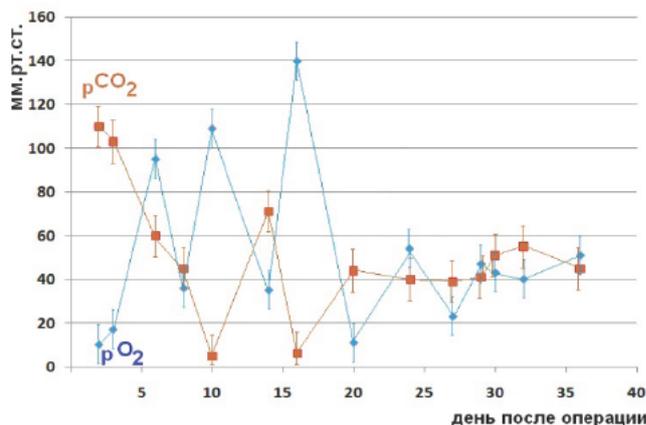


Рис. 5. Динамика парциального давления кислорода и углекислого газа в тканях кожного лоскута (тип III). Выражены колебания $p\text{O}_2$ и $p\text{CO}_2$. Стабилизация показателей к 20–25-му дню



Рис. 6. Оценка микроциркуляции кожного лоскута по данным фотоплетизмограммы: а — регистрация ФПГ сомнительная, непостоянного характера; б — четкая регистрация ФПГ

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Дальнейшее изучение закономерностей изменений транскутанного напряжения кислорода и углекислого газа в комплексе с параметрами микрогемодинамики на большем клиническом материале представляется перспективным и необходимым для разработки патогенетически обоснованных индивидуализированных протоколов ведения пациентов, перенесших операции пластического закрытия дефектов покровных тканей.

Выводы

1. При транспозиции несвободных лоскутов с осевым типом кровоснабжения выявлено три типа динамики транскутанного напряжения кислорода и углекислого газа.

I тип — нормоксия либо незначительная гипоксия и нормакапния со 2-го дня после операции;

II тип — в первые 1–2 дня гипоксия тканей в сочетании с гиперкапнией до $t_{cp}CO_2$ 70–90 мм рт. ст., стабилизация к 5–7 дню на значениях нормоксии и нормакапнии;

III тип — нестабильный тип газообеспечения тканей: в первые 1–2 дня гипоксия в сочетании с выраженной гиперкапнией до $t_{cp}CO_2$ 100–120 мм рт. ст., с 7-го по 20-й дни — резко выраженные колебания $t_{cp}O_2$ от 0 до 140 мм рт. ст. и $t_{cp}CO_2$ от 0 до 70 мм рт. ст.

2. Сигнал ФПГ более 10 рт и регистрация капиллярного кровотока с четкой артериальной компонентой является критерием стабилизации $tcpO_2$ на значениях более 30 мм рт. ст.

3. При выраженной гипоксии $t_{cp}O_2$ от 0–2 мм рт. ст. и гиперкапнии $t_{cp}CO_2$ 100–115 мм рт. ст. сигнал капиллярного кровотока, по данным УЗДГ и ФПГ, не регистрируется. При гипоксии в сочетании с гиперкапнией $t_{cp}CO_2$ 60–80 мм рт. ст. регистрируется сигнал капиллярного кровотока с преобладанием венозной компоненты непостоянного характера.

Литература

1. Абушкин, И. А. Ранняя неинвазивная диагностика остро го гематогенного остеомиелита у детей / И. А. Абушкин, В. А. Привалов, И. В. Крочек // *Дет. Хирургия*. — 2001. — № 1. — С. 31–34.
2. Долганова, Т. И. Диагностическая значимость ишемической пробы в оценке газового состава тканей при их травматическом или врожденном поражении / Т. И. Долганова // *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. — 2005. — № 4. — С. 32–37.
3. Питенин, Ю. И. Местный кровоток и способы его оценки после травм и последующих реконструктивно-восстановительных операций на кисти / Ю. И. Питенин, А. И. Целищев, Д. В. Овчинников // *Амбулаторная хирургия*. — 2008. — № 1. — С. 27–32.
4. Ступин, В. А. Транскутанная оксиметрия в клинической практике (методические рекомендации) / В. А. Ступин, А. И. Аникин, С. Р. Алиев; *Рос. гос. мед. ун-т*. — М., 2010. — 57 с.
5. Шихалева, Н. Г. Гистологические изменения сосудов и предпосылки феномена «по-reflow» при повреждениях кисти и предплечья циркулярной пилой / Н. Г. Шихалева [и др.] // *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН*. — 2011. — № 80 (4). — Ч. 1. — С. 206–209.
6. Caspary, L. Variability of Tc po2 – measurement at 370 and 440C in patients with claudication in consideration of provocation tests / L. Caspary, A. Creutzig, K. Alexander // *Vasa*. — 1993. — № 22 (2). — P. 129–136.
7. Fife, C. E. Transcutaneous oximetry in clinical practice: consensus statements from an expert panel based on evidence / C. E. Fife [et al] // *Undersea Hyperb. Med.* — 2009. — № 36 (1). — P. 43–53.
8. Hashimoto, I. Flap monitoring by transcutaneous P02 and PC02: importance of transcutaneous PC02 in determining follow-up treatment for compromised free flaps / I. Hashimoto [et al] // *J. Reconstr. Microsurg.* — 2007. — № 23 (5). — P. 269–274.
9. Luu, Q. Advances in free flap monitoring: have we gone too far? *Curr. Opin. Otolaryngol / Q. Luu, D. G. Farwell // Head Neck Surg.* — 2009. — № 17 (4). — P. 267–269.