

И. Ф. Малыхина, А. И. Неробеев, А. С. Добродеев, Е. В. Вербо, Е. И. Гарелик, К. С. Салихов

ТКАНЕВАЯ ОКСИМЕТРИЯ: ОЦЕНКА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ СВОБОДНЫХ ЛОСКУТОВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ГОЛОВЫ И ШЕИ

I. F. Malykhina, A. I. Nerobeyev, A. S. Dobrodeyev, Ye. V. Verbo, Ye. I. Garelik, K. S. Salikhov

TISSUE OXIMETRY: MONITORING OF MICROSURGICAL FREE-TISSUE TRANSFERS FOR HEAD AND NECK RECONSTRUCTION

ГБОУ ДПО «Российская медицинская академия последипломного образования», г. Москва

ФГБУ «Центральный НИИ стоматологии и челюстно-лицевой хирургии»
Минздрава России, г. Москва

Раннее выявление нарушений перфузии свободных лоскутов увеличивает вероятность удачного исхода. Тканевая оксиметрия на основе околоинфракрасной спектроскопии признана чувствительной, неинвазивной методикой, особенностью которой является сложность в интерпретации данных исследований из-за использования различных длин волн разными фирмами-производителями.

Цель исследования: изучить значения тканевой оксиметрии (rSO_2) на основе модели временной артериальной и венозной окклюзии в группе здоровых добровольцев и особенности использования тканевой оксиметрии с помощью прибора INVOS 5100C (Somanetics Corporation, Troy, MI, США) в группе пациентов с лоскутами, пересаженными в область головы и шеи.

Материал и методы. У 50 взрослых добровольцев моделировали артериальную и венозную окклюзию верхней конечности с помощью нагнетания воздуха в манжете для измерения артериального давления (150 и 60 мм рт. ст.). Одновременно измеряли тканевую оксигенацию в ишемизированной верхней трети предплечья в проекции плечелучевой мышцы. В группе 52 пациентов с 53 свободными лоскутами при реконструкции области головы и шеи один из датчиков фиксировали над лоскутом, второй в контралатеральной области. При наличии обращенной наружу кожной площадки костно-мышечно-кожного лоскута дополнительный датчик фиксировали на ней. Обязательное время исследования – первые 72 ч. Статистическое сравнение данных проводили с помощью тестов Фридмана и Вилкоксона.

Результаты. Средние значения rSO_2 при полной и изолированной венозной окклюзии – $(26,4 \pm 11,8)\%$ и $(43,3 \pm 12,3)\%$ соответственно. Снижение оксигенации было значительным уже через 3 мин после начала окклюзии в сравнении с исходными уровнями $(70,1 \pm 7,8)\%$. При экспертной оценке и статистической обработке в качестве критического маркера, показывающего свершившееся нарушение перфузии, принято снижение показателя rSO_2 на 31 %. Различия в оксигенации между артериальной и венозной окклюзией оказались статистически значимыми ($p < 0,001$). В группе исследованных 53 лоскутов 6 подверглись некрозу в результате артериального и венозного тромбозов (2 и 4 случая соответственно). У 6 пациентов осложнения были предотвращены благодаря раннему выявлению сосудистых нарушений методом тканевой оксиметрии. Нарушения перфузии лоскутов были выявлены до развития клинических проявлений. Проведено 5 ревизий, 4 из которых завершились успешно.

Заключение. Тканевая оксиметрия – чувствительный надежный метод, позволяющий дифференцировать артериальный и венозный характер нарушений перфузии. Возможности методики ограничены при формировании гематом и чрезмерном отеке лоскута. Данные измерений необходимо интерпретировать на основе динамики их изменений, сравнения с контралатеральной стороной и абсолютных значений.

Ключевые слова: тканевая оксиметрия, оценка жизнеспособности лоскутов, венозная и артериальная окклюзия, оксигенация тканей, неинвазивный мониторинг, свободный лоскут, реконструкция головы и шеи, микрохирургия.

Early detection of vascular compromises in free tissue transfers are required to prevent flap failure. Near-infrared spectroscopy looks as a good sensitive noninvasive technique. But any monitors have difference because of variations in the selected wavelengths. The purpose of this study was to investigate regional oxygenation values (rSO_2) by temporary total and venous occlusion model using a noninvasive near-infrared tissue oximeter monitor INVOS 5100C (Somanetics Corporation, Troy, MI, USA) and then to evaluate the detection of vascular complications by oximeter and routine methods in group of patients with free tissue transfer.

Material and methods. In 50 healthy adults, near-infrared spectroscopy was used to measure normal regional oxygenation values and during temporary tourniquet total vascular occlusion and venous outflow restriction (150 and 60 mmHg for 10 min). The probe was placed above the brachioradialis muscle in the upper third of the forearm. In group of 52 patients with 53 free flaps for head and neck reconstruction 1st sensor was placed above the flap and 2nd contralateral. If we have external skin part of the osteomusculocutaneous flap one more sensor was placed above it. Measurements in patients group performed at mean 3–13 days (obligate time for monitoring is 72 h postoperatively). Statistical comparison of the data was performed using the Friedman test and the Wilcoxon test.

Results. Total and venous occlusion showed a mean decrease of the rSO_2 values down to $(26.4 \pm 11.8)\%$ and $(43.3 \pm 12.3)\%$ respectively. The decrease were significant after 3 minutes of occlusion compared with baseline values $(70.1 \pm 7.8)\%$. After statistical analysis we define theoretical critic drop rate – 31 %. The differences between arterial and venous occlusions were statistically significant ($p < 0.001$). 6 flaps being monitored were lost (4 venous and 2 arterial thromboses). Among the 53 flaps monitored, 6 patients exhibited complications which were predicted by the tissue oximeter before clinical signs have become evident. Early detection of vascular complications has been registered before the clinical manifestation. There have been 5 re-exploration and 4 flaps have survived.

Conclusion. Tissue oximetry is sensitive reliable non-invasive instrument with possibility to differentiate arterial and venous occlusion. Limitations are non-working in cases of hematoma or edema and necessity of rSO_2 value interpretation according to drop rate, contralateral side and absolute value.

Key words: tissue oximetry, flap monitoring, venous and arterial occlusion, tissue oxygenation, noninvasive monitoring, near-infrared, monitoring blood microcirculation, free flap, head and neck reconstruction, microvascular surgery.

УДК 617.51/.53-089.844:616.5-089-74:57.02

ВВЕДЕНИЕ

Трансплантация лоскутов признана золотым стандартом при устранении мягкотканых, костных и комбинированных дефектов челюстно-лицевой области [1], а также для реконструкции улыбки при длительно существующих параличах мимической мускулатуры [34]. Разнообразие лоскутов делает возможным одноэтапное решение самых сложных задач в реконструктивной хирургии.

Именно реваскуляризованные ткани нуждаются в особенно тщательном мониторинге кровоснабжения для своевременного выявления нарушений перфузии и предотвращения потери лоскута. По данным разных авторов, выживаемость микрохирургически пересаженных лоскутов в восстановительной хирургии головы и шеи составляет 92–98 % [4, 11, 13, 21]. Процент неудач в целом невелик, но на долю ревизий по причине циркуляторных осложнений лоскутов приходится от 3,7 до 16 % [11, 14, 17, 33]. Наибольшее количество нарушений кровотока трансплантатов описано в течение первых 3 сут после операции [6].

Невозможно полностью предотвратить осложнения в группе пациентов с микрохирургически пересаженными лоскутами, но риск их возникновения можно значительно снизить путём предоперационной оценки, профилактических мер, хорошей хирургической техники и тщательного послеоперационного мониторинга [33]. Отсроченная диагностика нарушения перфузии лоскута уменьшает вероятность успешного восстановления кровотока.

На сегодняшний день существуют различные виды мониторинга. Большинство неинвазивных методов оценки жизнеспособности лоскута, таких как клинический, портативный доплер, поверхностная термометрия, лазерная доплеровская флоуметрия, оптимальны для оценки кровоснабжения поверхностно расположенных кожно-фасциальных лоскутов. Но лоскуты, расположенные на небольшой глубине и (или) покрытые здоровыми тканями, требуют специального мониторинга.

Перспективной методикой, отвечающей современным критериям надежности, непрерывности и неинвазивности [16], позволяющей измерять оксигенацию лоскута на глубине, является тканевая оксиметрия. В ее основе лежит методика околоинфракрасной спектроскопии – измерения концентрации хромофоров (оксигемоглобина, дезоксигемоглобина в микромолярных концентрациях, цитохромоксидазы, воды, липидов) с помощью околоинфракрасного излучения, являющегося одним из компонентов инфракрасного света в диапазоне 0,78–3 мкм [37], а по астрономическим данным – от 0,7–1 до 5 нм [35, 36, 38].

Биологические ткани относительно прозрачны для околоинфракрасного спектра 650–950 нм [31], что делает неинвазивное измерение на глубине до 10 см безопасным для пациента [30]. Траектория прохождения фотонов через ткани напоминает параболу [12], встречается термин «banana-shape» (рис. 1) [29]. Расположение излучающего и воспринимающего датчиков недалеко друг от друга точно определяет зону интереса [23]. Глубина проникновения лучей

равна половине расстояния между диодом и воспринимающим детектором [9]. Следовательно, мониторинг возможно осуществлять на необходимой глубине. С этой позиции представляет интерес оценка локальной оксигенации тканей (rSO_2) на расстоянии 1,5–2 см от поверхности кожи. Такими характеристиками обладает зарегистрированный в России спектрометр INVOS (*In Vivo Optical Spectroscopy*) 5100C (Somanetics Corporation, Troy, MI, США) [3].

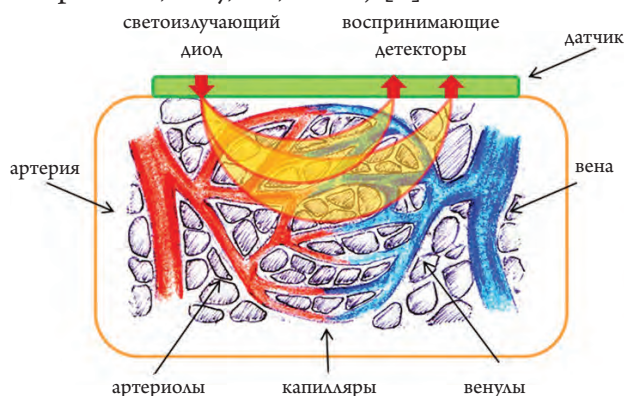


Рис. 1. Схема работы датчика с двумя детекторами: «двойной» сигнал параболической формы

Тканевую оксиметрию на основе околоинфракрасной спектроскопии широко применяют в неонатологии для оценки брыжеечного и почечного кровотока, в кардиохирургии и реаниматологии – для оценки церебральной оксигенации. За короткий период времени метод хорошо зарекомендовал себя и в микрохирургии. Литература последних лет содержит большое количество сообщений об успешных результатах мониторинга поверхностно расположенных кожно-фасциальных лоскутов, используемых при реконструкции груди, с оценкой оксигенации на глубине 5–12 мм [7, 8, 15, 18, 22, 24]. Метод показал высокую чувствительность и специфичность, раннее и своевременное выявление нарушений перфузии.

S. Lin и соавт. [18] в серии последовательных 614 свободных трансплантатов (2004–2010 гг.), пересаженных для реконструкции груди, исследовали эффективность мониторинга лоскутов. Оценку жизнеспособности первых 380 лоскутов осуществляли с помощью клинического метода в комбинации с портативным доплером. Последующие 234 лоскута мониторировали методом тканевой оксиметрии. Выполнено 26 и 16 ревизий соответственно, что составило по 6,8 % в обеих группах. В первой группе потеряно 11 лоскутов, во второй – только один. Применение тканевой оксиметрии позволило увеличить уровень успешности ревизий при сохраняющемся их количестве с 58 до 94 %.

В исследовании, проведенном М. Н. Steele [27], приняли участие 113 пациентов со 128 свободными лоскутами. Пациенты были разделены на две группы: с оценкой жизнеспособности лоскутов с помощью клинического метода и комбинации клинического метода и тканевой оксиметрии на основе околоинфракрасной спектроскопии. В первой группе выживаемость лоскутов составила 90,6 %, во второй – 98,7 %. Общая выживаемость лоскутов с выявленным нарушением перфузии составила 0 % (0/5) в группе рутинного мониторинга и 87,5 % (6/7) в группе оксиметрии. Чувствительность, специфичность, прогностическая ценность для выявления нарушений кровотока в лоскутах составили 100 %.

В серии последовательных 38 случаев пересадки свободных лоскутов R. Lohman и соавт. [19] проанализировали результаты мониторинга, проводимого с помощью комбинации клинического метода, имплантируемого артериального и венозного доплеров, околоинфракрасной спектроскопии (ViOptix, T.Ox Tissue Oximeter) в течение 3 сут после операции. У пяти пациентов развились признаки микроциркуляторных нарушений, успешно устраненные в ходе ревизий. Во всех случаях внешние изменения, предполагающие микроциркуляторные нарушения, отставали на 30–60 мин от результатов дополнительных методов мониторинга. С помощью околоинфракрасной спектроскопии во всех пяти случаях раньше других методов были выявлены нарушения кровотока.

C. Ozturuk и соавт. исследовали зависимость между показателями оксигенации тканей (ViOptix T.Ox) и размером сосудов, количеством и порядком перфорантов, сатурацией крови (SaO_2), артериальным давлением и хирургическими переменными на примере 30 лоскутов [22]. Они выяснили, что артериальное давление не оказывало существенного влияния на тканевую оксигенацию. Не отмечено значимой корреляции между тканевой оксигенацией и размером, порядком и числом перфорантов, а также хирургическими переменными. Выявлена прямая связь с сатурацией крови. Значения оксигенации в лоскутах, имеющих в своем составе мышечный компонент, были выше, чем в кожно-фасциальных [26].

Практические рекомендации по клиническому применению тканевой оксиметрии немногочисленны, и их сложно систематизировать. Это связано с неодинаковыми характеристиками приборов разных фирм-производителей. В пределах околоинфракрасного спектра возможно использование различных длин волн и вариабельной глубины проникновения в зависимости от расстояния между излучающим и принимающим компонентами. Такие существенные различия

исключают возможность обобщения и использования результатов исследований в случае применения разных приборов [8, 24].

На примере временного пережатия сосудистой ножки лоскута Keller [15] отметил, что при полном артериальном и венозном тромбозе диагноз может быть поставлен в течение 1 ч, показатели оксигенации лоскута при этом снижались до абсолютных значений менее 30%, а динамика их падения составила более 20% в час. Оценивая осложненное и благоприятное послеоперационное течение на примере 208 кожно-фасциальных лоскутов (пять пациентов с осложнениями, выявленными с помощью тканевой оксиметрии задолго до появления очевидных клинических признаков), автор рекомендовал считать предвестниками сосудистых осложнений снижение StO_2 на 20% и более, сохраняющееся дольше 30 мин.

С другой стороны, нарушение венозного оттока сопровождается кратковременным увеличением количества оксигенированного гемоглобина, обусловленного общим полнокровием в лоскуте. В эксперименте на свиньях (аппарат Critikon TM, Johnson and Johnson Medical Ltd, Ascot, Windsor and Maidenhead, Великобритания) описано его повышение в тканях лоскута в течение первых 15 с после окклюзии с последующим плато и снижением [28].

В литературе подчеркивается, что при использовании тканевой оксиметрии возможна вариабельность показателей, в том числе между разными лоскутами, поэтому важна оценка динамики, а не абсолютных значений [25]. Очевидно, что переносить абсолютные показатели оксиметрии, определенные с помощью прибора ViOptix T.Ox, обладающего иными по сравнению с INVOS глубиной проникновения (0–10 мм) и длиной волн (690 и 830 нм), в общую практику было бы некорректно, но динамику снижения следует принимать во внимание.

Известно, что сразу после реперфузии тканей развивается временная гиперемия с ожидаемым увеличением показателей оксигенации. Поэтому остается непонятным, как дифференцировать снижение оксигенации, вызванное либо стабилизацией микроциркуляции, либо недостаточностью сосудистых анастомозов.

В своем исследовании А. Rerez и соавт. [24] методом тканевой оксиметрии осуществляли мониторинг 50 лоскутов у 48 пациентов при реконструкции груди (InSpectra, Model 325, США; длины волн – 680, 720, 760 и 800 нм, глубина измерения – 12,5 мм) в течение 72 ч. Описано 13 случаев тромбоза (20%) 10 лоскутов: 2 артериальных и 11 венозных. Посредством тканевой оксиметрии выявлены все случаи нарушения до развития клинических проявлений. При венозном тромбозе снижение оксигенации носило ме-

нее выраженный характер, чем при артериальном. В группе лоскутов с тромбозами средний уровень StO_2 в начале мониторинга составил $(43 \pm 13)\%$. В группе лоскутов без осложнений тканевая оксигенация превышала $(45 \pm 18)\%$. Различия оказались статистически не значимыми.

Интересен опыт китайских коллег по применению тканевой оксиметрии для оценки жизнеспособности скрытых лоскутов при реконструкции нижней челюсти, описанный в статье «Evaluation of near infrared spectroscopy in monitoring postoperative regional tissue oxygen saturation for fibular flaps» [5]. Оценка тканевой оксигенации 41 малоберцового трансплантата проведена на глубине 15–20 мм с помощью оксиметра TSNIR-3 (760 и 850 нм). В качестве контроля, как и в практике церебральной оксиметрии, использовали данные измерений контралатеральной стороны. Через 10 ч после операции выявлен венозный тромбоз сосудов лоскута. Значения оксигенации при этом не достигали 60%, контралатерально – выше 70%. На 7-е сут лоскут подвергся некрозу. Уровень оксигенации лоскута оставался менее 60%. Авторы ограничили допустимые различия между показателями лоскута и контрольной стороны 5% [32].

Показательны работы, посвященные исследованию нормальных значений оксигенации и ее изменению под действием венозной и полной окклюзии.

Доступность и кажущаяся простота в использовании метода тканевой оксиметрии ставит вопрос о правильной трактовке данных. В диссертации А. Shaharin «Photon time-of-flight and continuous-wave near-infrared-spectroscopy of human skeletal muscle tissue; a comparative study» [26] представлено исследование, посвященное оценке оксигенации тканей в покое и под действием провокационных проб на 21 добровольце. Нормальные значения тканевой оксигенации (rSO_2) мышц на уровне предплечья находятся в диапазоне 70–90%.

Автор указанной диссертации – инженер, и работу он проводил с позиции сравнения двух методик и их физических основ, в том числе на аппарате INVOS 5100C (Somanetics Corporation, Troy, MI, США). Поэтому практических рекомендаций по динамике и процентному изменению оксигенации при разных типах окклюзии сформировано не было.

В другой работе авторы демонстрировали уровни оксигенации под действием парциальной и полной окклюзии (INVOS 3100) у 10 добровольцев [20]. В среднем, артериальная окклюзия приводила к снижению показателей тканевой оксигенации до $(28 \pm 9)\%$, в то время как при венозной окклюзии показатели составляли $(51 \pm 12)\%$. Статистически значимое снижение оксигенации по отношению к исходному уровню

(74 ± 6) % наблюдали уже через 3 мин после начала окклюзии.

Очевидно, что малая выборка ограничивает перенос результатов в клиническую практику. Разрозненность как клинических данных, так и результатов исследований на добровольцах не позволяет сформулировать научно обоснованный подход к ведению пациентов с пересаженными лоскутами, используя методику тканевой оксиметрии. Изучение особенностей применения тканевой оксиметрии в группе пациентов с лоскутами, пересаженными в область головы и шеи, дает возможность прогноза жизнеспособности пересаженных тканей и определения тактики коррекции нарушений кровоснабжения на основе неинвазивного и постоянного мониторинга.

Несмотря на широкое использование тканевой оксиметрии в неонатологии для оценки брыжеечного и почечного кровотока, в кардиохирургии и кардиореаниматологии – для оценки церебральной оксигенации, сообщения об оценке жизнеспособности трансплантатов в доступных литературных источниках не содержат исчерпывающей информации.

Исследование модели временной венозной и полной окклюзии на большем количестве испытуемых, более точное научное обоснование динамики критического изменения оксигенации тканей, позволило бы разработать практические рекомендации.

Цель исследования: изучить значения тканевой оксигенации в норме и на основе модели временной артериальной и венозной окклюзии, изучить особенности использования тканевой оксиметрии в группе пациентов с лоскутами, пересаженными в область головы и шеи.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование провели на базе клиники челюстно-лицевой хирургии ФГБУ «ЦНИИС и ЧЛХ» Минздрава России (г. Москва) после утверждения протокола этическим комитетом ГБОУ ДПО РМАПО Минздрава России (г. Москва). Все добровольцы (50 человек) и 52 пациента с пересажен-

ными 53 свободными осевыми лоскутами (табл. 1) в область головы или шеи подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Критериями включения добровольцев в исследование являлись: нормотензия, отсутствие сердечно-сосудистой патологии, хронической лекарственной терапии, аллергии на медикаменты, табакокурения, а также возраст добровольцев от 20 до 45 лет.

Критериями исключения из исследования добровольцев были: недееспособность, психические заболевания, курение, беременность, сахарный диабет, облитерирующие заболевания сосудов, заболевания легочной системы, артериальная гипертензия, гемоглобинопатии, гипербилирубинемия.

Исследование останавливали по желанию добровольца. Участники исследования не должны были выполнять тяжелые физические нагрузки, употреблять кофе и (или) алкогольные напитки в течение 24 ч до начала измерений.

Критерий включения пациентов в исследование – планирование и последующая свободная пересадка лоскута в область головы или шеи.

Для исследования тканевой оксиметрии применяли оксиметр церебральный / соматический INVOS 5100C с принадлежностями (регистрационное удостоверение № ФС № 2006/749 от 23.05.2006). Датчики аппарата INVOS 5100C имеют светодиод с двумя различными длинами волн – 730 и 810 нм (рис. 2). Луч околоинфракрасного света свободно проходит через подлежащие ткани. Для каждой из длин волн датчик имеет детектор. Один расположен на расстоянии 30 мм (для более поверхностно проходящих лучей), другой – 40 мм от светодиода (для более глубоко проходящих лучей). Глубина проникновения лучей составила 15 и 20 мм (рис. 3).



Рис. 2. Общий вид датчика аппарата INVOS 5100C

Таблица 1

Характеристика лоскутов

Вид лоскутов	Количество лоскутов	Кожная площадка в полости рта	Наружная кожная площадка	Двойное расположение
Мышечные	21	–	–	–
Кожно-мышечные	7	–	5	2
Кожно-фасциальные	5	1	2	2
Костно-мышечные	6	–	–	–
Костно-мышечно-кожные	14	7	6	1

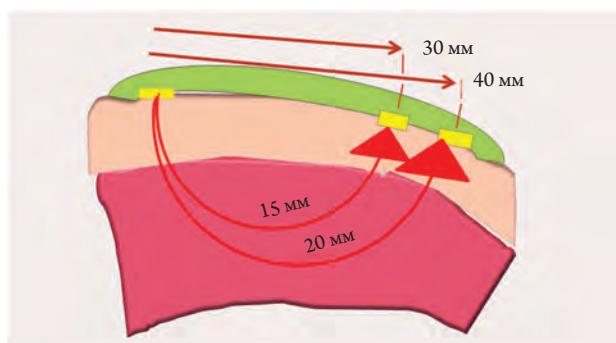


Рис. 3. Глубина проникновения лучей в ткани

Протокол исследования добровольцев

Для определения локального насыщения тканей кислородом у добровольцев выбрана верхняя треть передне-боковой поверхности предплечья в проекции расположения плече-лучевой мышцы. Исследование проводили в положении сидя, откинувшись на спинку кресла, с расслабленными верхними конечностями. Положение кистей – физиологическое. Измерение выполняли одновременно на обеих верхних конечностях. Самоклеящиеся датчики фиксировали в выбранной области (рис. 4).

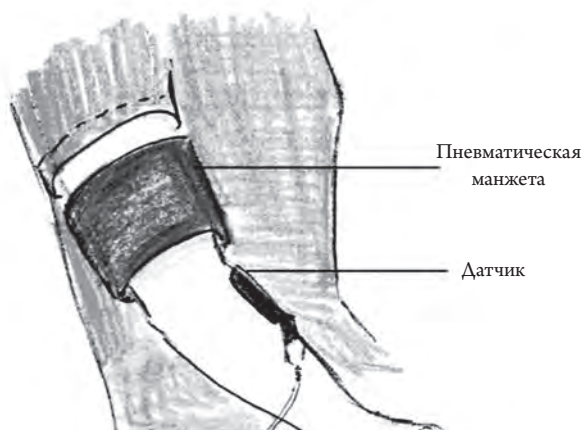


Рис. 4. Схема исследования

Рассматриваемые ситуации (рис. 5):

1 – перед провокационными пробами для определения исходного (базового) уровня производили измерения исходных значений в покое в течение 10 мин. 2 – быстрая венозная окклюзия: после 10-минутного измерения базовых значений rSO_2 производили быструю венозную компрессию путем раздувания манжеты для измерения кровяного давления на плече до 60 мм рт. ст. Продолжительность венозной компрессии составила 10 мин. 3 – быстрая артериальная и венозная окклюзия: после 10-минутного измерения базовых значений rSO_2 производили быструю венозную и артериальную компрессию путем раздувания манжеты для измерения кровяного давления на плече до

150 мм рт. ст. Продолжительность венозной компрессии составила 10 мин. 4 – период восстановления: после устранения компрессии показатели rSO_2 записывали на протяжении 10 мин или до полного возвращения к исходным значениям.

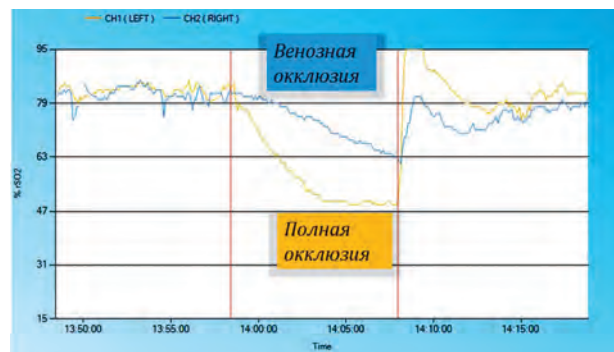


Рис. 5. Пример графика при различных пробах

Протокол исследования для пациентов

Предоперационно проводили исследование тканевой оксигенации донорской и реципиентной зон. Для этого фиксировали самоклеящиеся датчики билатерально в донорской и реципиентной областях. Запись значений производили на протяжении 30 мин. Исследование выполняли в положении пациента лежа с приподнятым головным концом функциональной кровати в общей палате и палате интенсивной терапии. Мониторирование начинали в палате интенсивной терапии и проводили непрерывно на протяжении 72 ч после операции. В начале исследования, когда мониторировали в основном скрытые мышечные лоскуты, его длительность составляла в среднем 7,7 сут (от 2 до 13) [2].

Самоклеящиеся датчики фиксировали различно в зависимости от расположения и типа лоскута (так называемый основной датчик). В случае «скрытых» под покровными тканями мышечных лоскутов, не имеющих кожной площадки, пересаженных в позицию большой скуловой мышцы для реконструкции улыбки – на кожу щечной области в проекции трансплантированной мышцы. При комбинированных лоскутах с включением кости датчик располагали на кожно наружно на здоровых покровных тканях в проекции основной части костного компонента лоскута. При наличии кожной площадки лоскута, обращенной наружно, не в полость рта, еще один датчик фиксировали на ней. В случае кожно-фасциальных лоскутов, кожной площадкой полностью обращенных в полость рта, датчик фиксировали на кожно, с наружной стороны щеки, в проекции трансплантата. В случае создания дубликатуры лоскута датчик располагали на кожной его части, обращенной наружно. При исследовании кожно-фасциально-мышечных лоскутов датчик фиксировали на кожной площадке лоскута.

Дополнительный датчик у всех пациентов фиксировали накожно в неоперированной и неоскомпрометированной иначе области, топографически максимально соответствующей месту пересадки лоскута, т. е. контрлатерально.

Обработка данных

Частота обновления значений rSO_2 в аппарате INVOS 5100C составляет 6 с. Статистическое сравнение данных провели с помощью тестов Фридмана и Вилкоксона, используя программу статистической обработки SPSS Statistics 17.0. Построение графиков rSO_2 (рис. 5, 7, 10) осуществляли с помощью программы INVOS Analytics Tool версии 1.2.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На фоне венозной и полной окклюзии происходило быстрое снижение регионарной оксигенации (см. рис. 5). При артериальной окклюзии rSO_2 в среднем уменьшалась до $(26,4 \pm 11,8)\%$ (95 %-й доверительный интервал (ДИ) для среднего значения равен $22,3-30,5$), что в среднем на 63 % ниже исходного. Следует отметить, что значения ниже 15 % аппарат не регистрирует, приравнивая их к нулю. Это означает, что INVOS 5100C не может измерить экстремально низкие значения.

При венозной окклюзии средние показатели оксигенации составляли $(43,3 \pm 12,3)\%$ (95 %-й ДИ для среднего равен $39,0-47,6$), что ниже исходных значений на 39 %. Данное снижение было значительным уже через 3 мин после начала окклюзии, в сравнении с исходными уровнями $(70,1 \pm 7,8)\%$ (95 %-й ДИ для среднего равен $67,4-72,8$). У 40 % исследуемых добровольцев наблюдали кратковременное повышение rSO_2 в начале венозной окклюзии не дольше 1 мин.

Различия в оксигенации между артериальной и венозной окклюзией оказались статистически значимыми ($p < 0,001$). Регионарная оксигенация, соответствующая постокклюзионной реактивной гиперемии, которая наблюдалась в течение нескольких минут после полной окклюзии,

составила $(89,8 \pm 6,6)\%$ (95 %-й ДИ для среднего равен $87,5-92,1$). В группе здоровых добровольцев выявлен широкий диапазон нормальных значений rSO_2 (минимум – 56 %, максимум – 91 %, медиана – 69 %). Вероятно, абсолютные значения не так важны, как их соответствие контрольным – нормальным в топографически наиболее приближенной области, и динамика показателей оксиметрии. Для точной оценки критического изменения показателя rSO_2 при нарушении перфузии тканей рассчитан процент снижения показателя от исходного уровня при венозной окклюзии. Для усиления прогностической точности проведен экспертный анализ и введена поправка: из минимального процента изменений вычтены три стандартные ошибки среднего. В результате, в качестве критического уровня, показывающего свершившееся нарушение перфузии, принято снижение показателя rSO_2 на 31 %.

Из включенных в исследование 53 лоскутов выжили 47. При этом полных некрозов было 6 (3 скрытых мышечных лоскута, 1 кожно-мышечно-костный, 1 мышечно-костный и 1 кожно-фасциальный), частичных – 3 (табл. 2). Парциальные некрозы наблюдали в группе кожно-мышечно-костных лоскутов. Во всех трех случаях некрозу подверглись кожные площадки, обращенные в полость рта. В четырех случаях причиной полного некроза стал венозный тромбоз, в двух – артериальный.

Проведено пять ревизий (табл. 3). При анализе времени ревизии от окончания операции выявлено, что при ранней ревизии (менее 8 ч) все четыре лоскута спасены (3 гематомы без нарушений кровообращения, 1 венозное нарушение), в то время как ревизия через 38 ч (гематома с нарушением кровообращения) успехом не увенчалась. Из подвергшихся некрозу лоскутов только в одном случае выполнена ревизия. Применение тканевой оксиметрии в рамках клиники – пилотный проект. Хирурги не всегда руководствуются показателями оксигенации и их динамикой, отдавая приоритет клинической оценке в сочетании с использованием портативного звукового и цветного доплера.

Таблица 2

Некрозы лоскутов

Виды лоскутов	Количество некрозов	Полный	Частичный
Мышечные	3 / 21	3	–
Костно-мышечные	1 / 6	1	–
Кожно-мышечно-костные	4 / 14	1	3 (кожные площадки)
Кожно-фасциальные	1 / 5	1	–
Кожно-мышечные	0 / 7	–	–
Всего	9 / 53	6	–

Причины ревизий

Виды лоскутов	Число ревизий	Причины ревизий		
		Венозные нарушения	Гематома с нарушением кровообращения лоскута (венозный тромбоз)	Гематома без нарушения кровообращения лоскута
Мышечные	3	–	–	3
Кожно-мышечные	0	–	–	–
Кожно-фасциальные	1	1	–	–
Костно-мышечные	1	–	1	–
Костно-мышечно-кожные	0	–	–	–
Всего	5 / 53	1	1	3

В данном исследовании ревизии проведены не во всех случаях нарушения перфузии лоскутов, выявленных на основе соматической оксиметрии.

В первом случае причина потери малоберцового лоскута, имеющего обращенную кнаружи кожную площадку (рис. 6, 7), – артериальный тромбоз. Мониторинг осуществляли с помощью клинического метода и портативного доплера. Тканевую оксиметрию в то время успешно адаптировали для использования в группе мышечных лоскутов. Собственный опыт мониторинга лоскутов с включением кости отсутствовал. Через 24 ч после операции было выявлено изменение кожной площадки в виде бледности, пятен, снижения тургора тканей, отсутствия капиллярной реакции (рис. 6). Артериальный сигнал в области сосудистой ножки и вдоль костной части лоскута при обследовании портативным доплером продолжали выслушивать. Показатели оксигенации лоскута – 15 %, контралатерально – 88 %. На фоне инфузионной и антикоагулянтной терапии в течение 60 мин rSO_2 увеличилась до 60 %. Контралатеральные значения составили 88–90 % (рис. 8). Капиллярная реакция – резко замедленная. Разница между показателями оксигенации лоскута и контралатеральной стороны даже после консервативной терапии составила 33 %. Несмотря на низкие показатели тканевой оксиметрии и результаты клинического исследования ревизия не проведена, так как положительный ответ портативного доплера позволял предположить изолированный некроз кожной площадки при сниженном кровотоке основной части лоскута. Через 1 сут при сохраняющейся клинической картине и результатах доплеровского исследования показатели оксигенации лоскута составили 15–30 %, контралатерально – 73 %. На 4-е сут – показатели и клинические проявления прежние (рис. 7), появилось раневое отделяемое. Спустя 3 сут лоскут удален по причине полной нежизнеспособности.

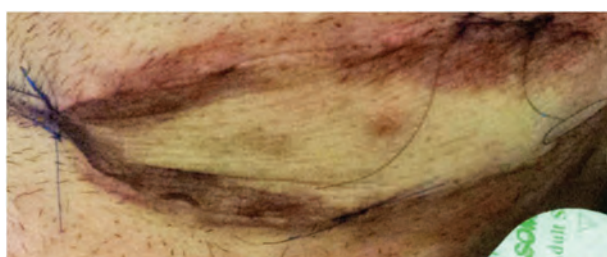


Рис. 6. Площадка малоберцового лоскута через 24 ч после операции

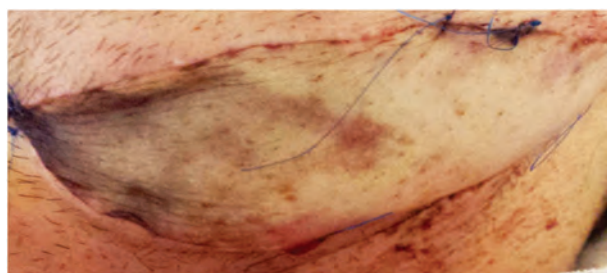


Рис. 7. Площадка малоберцового лоскута через 72 ч после операции

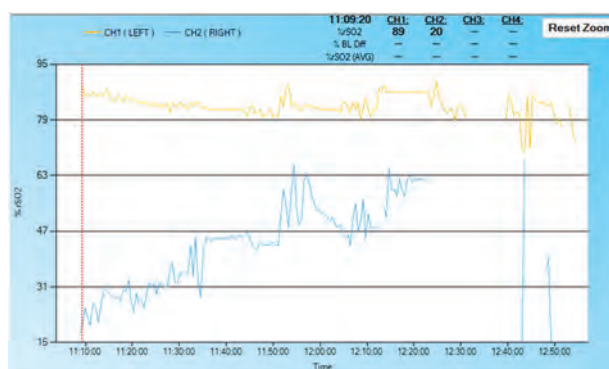


Рис. 8. Изменение показателей оксигенации тканей лоскута на фоне инфузии

Анализируя данный случай, следует отметить, что глубина проникновения околоинфракрасного света, заявленная производителем

прибора, составляет 15 и 20 мм. Согласно форме прохождения лучей (см. рис. 1), часть измерений происходит и более поверхностно, начиная от уровня кожи. В случае изолированного нарушения перфузии площадки теоретически сложно предположить, насколько возможно дифференцировать данное состояние методом тканевой оксиметрии. В последнее время мы разграничиваем показатели, полученные от датчика на кожной площадке, и изолированно от датчика над костной частью лоскута, покрытой интактной кожей. Для этого используем дополнительный датчик.

Второй случай артериальной недостаточности наблюдали на примере кожно-фасциального окологлопопато́чного лоскута (рис. 9). Его подкожно-жировая часть была чрезмерно объемной из-за избыточной массы тела пациента. Размеры лоскута составили $12 \times 6 \times 2,5$ см. При этом артерия лоскута была несоразмерно мала (диаметр 1,5 мм) при реципиентных сосудах диаметром 2 мм. Диаметр вен лоскута был удовлетворительным – 2 мм. После запуска кровотока перфузия лоскута оказалась недостаточной, особенно в дистальной его части. В проксимальной части капиллярная реакция отчетливая при сохраняющейся бледности. Подкожно-жировая клетчатка кровоточила скудно. Кровообращение в артерии останавливалось неоднократно.

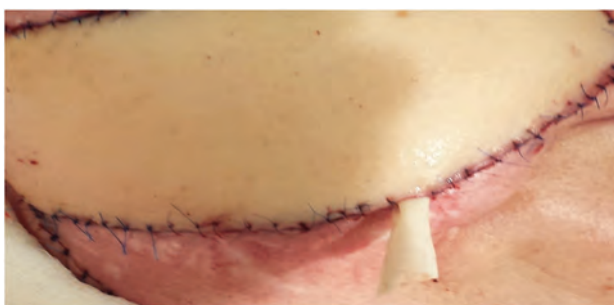


Рис. 9. Окологлопопато́чный лоскут сразу после операции

Сразу после окончания операции начали мониторинг. Показатели оксигенации – 60% над лоскутом и 70% на контрлатеральной стороне (рис. 10). Разница в 14% за несколько часов еще более усугубилась до 25–33% за счет прироста на контрлатеральной стороне (80–90%). Показатели тканевой оксиметрии над лоскутом остались прежними и составляли 59–60% в течение 48 ч. Капиллярная реакция была сомнительной. Через 48 ч после окончания операции на фоне значительного сокращения инфузионной терапии показатели оксигенации лоскута снизились за 8 ч до 49%. Появились участки некроза в дистальной части лоскута и эпидермолиза (рис. 11). Лоскут прохладный. Капиллярная реакция отсутствовала. При проведении цветной УЗ-доплерографии кровотока в тканях лоскута не выявлено. Лоскут удален. На операции обнаружен тромбоз и артерии, и вен.

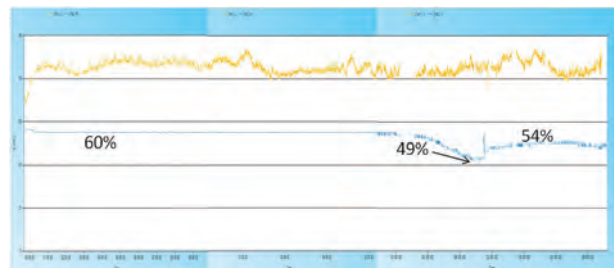


Рис. 10. Динамика rSO_2 в течение 80 ч после операции

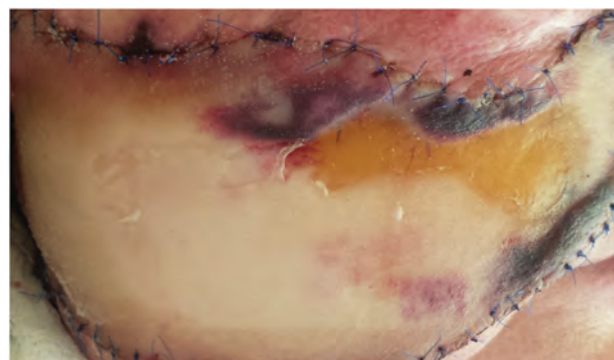


Рис. 11. Некроз окологлопопато́чного лоскута

Следует отметить, что клиническая оценка состояния лоскута не вызывала вопросов. И если визуально сомнений в выраженной артериальной недостаточности не было, и если бы это был скрытый лоскут, то соматическая оксиметрия не дала бы однозначного ответа. Значение 60% – ниже нормы, но по сравнению с контрлатеральной стороной, которая исходно достигала 70%, можно констатировать некротическое нарушение кровоснабжения лоскута. С течением времени контрлатеральные показатели выросли до 80–90%, а над лоскутом остались все те же 60%. Поэтому отсутствие динамики оксигенации лоскута относительно контрольных показателей и разница между сторонами также диагностически значимы.

Третий случай некроза произошел у молодого пациента при замещении частичного дефекта нижней челюсти костно-мышечным малоберцовым лоскутом. Показатели оксигенации составляли 90–95% при максимальном снижении в первые часы до 71 (лоскут) и 78 (контроль), т.е. уменьшение на 21 и 13% соответственно с самостоятельным восстановлением до уровня 85–95%. Через 24 ч от начала мониторинга на обеих сторонах наблюдали исчезновение сигнала вследствие появления выраженного отека и напряжения мягких тканей с обеих сторон (через 27 ч после реваскуляризации). Из-за невозможности применения тканевой оксиметрии использовали портативный доплер. Сосудистая пульсация выслушивалась. Через 10 ч выполнено УЗИ, диагностирована обширная гематома поднижнечелюстной области, сдавливающая сосудистую ножку. При ревизии выявлен тромбоз сосудистой ножки, феномен no-reflow.

Кровообращение лоскута восстановить не удалось. Мягкие ткани лоскута удалены. Костный компонент оставлен аваскулярно. Ближайший послеоперационный период протекал удовлетворительно.

В следующем наблюдении потерян скрытый мышечный лоскут, пересаженный с целью реконструкции улыбки. Интраоперационно было отмечено замедление венозного оттока, восстановление произошло после проведения двухпинцетной пробы. Мониторинг начали в палате интенсивной терапии через 4 ч после реваскуляризации. Показатели оксигенации в области пересаженной мышцы исходно составили 56 % (контралатерально 84 %). На фоне инфузии в течение последующих 3 ч rSO_2 увеличилась до 60–67 % (контралатерально – без изменений). Через 7 ч от момента реваскуляризации (3 ч от начала мониторинга) началось медленно снижение показателей оксигенации на протяжении 5 ч до уровня 48 % (контралатерально 94 %), что на 24 % ниже исходно невысоких уровней оксигенации и на 50 % ниже контралатеральных. При цветном доплеровском исследовании визуализировали кровоток в сосудистой ножке, а также низкоскоростные потоки крови в лоскуте, что позволило предположить сохранность кровотока в мышечном лоскуте. На фоне инфузионной и антикоагулянтной терапии через 48 ч от начала мониторинга значения оксигенации в лоскуте приблизились к контралатеральным показателям (62; 67 %). Оксиметрическая картина сохранялась на протяжении последующих 34 ч мониторинга (общая продолжительность мониторинга составила 82 ч). Дальнейший контроль в течение суток проводили с помощью портативного до-

плера. Через 7 сут после операции у пациента усилилась отечность мягких тканей лица на стороне пересаженной мышцы, появилась флюктуация. При тканевой оксиметрии rSO_2 над лоскутом 39–50 % (контралатерально 95 %). При УЗИ кровообращение в мышечном лоскуте не выявлено, определено скопление жидкости в области сосудистой ножки. При дренировании получен гной. Мышечный лоскут истончен, атрофичен, с признаками дегенерации. Лоскут удален, ложе санировано. Точно идентифицировать время тромбоза сосудов данного лоскута не представляется возможным. Описанное наблюдение позволяет заключить, что в случае осложненного послеоперационного течения непрерывность мониторинга оксигенации пересаженных тканей должна превышать 72 ч.

Применяя тканевую оксиметрию, ишемические изменения во всех случаях нарушения кровообращения лоскутов с кожной площадкой удалось диагностировать за 0,5–1 ч до клинических проявлений. Приведем клинический пример (рис. 12).

Сразу после оперативного вмешательства состояние локтевого лоскута не вызывало сомнений. По данным тканевой оксиметрии: 77 % над лоскутом и 89 % – на контралатеральной стороне. Примечательно, что так называемая реактивная гиперемия, сопровождающаяся значительным повышением показателей rSO_2 в микрохирургически пересаженных тканях, к началу мониторинга отсутствовала. Показатели оксигенации начали медленно снижаться, через 1 ч они составили 65 %, через 2 ч – 50–48 %, т. е. произошло снижение на 35 % от исходных 77 %. Следует отметить, что на контралатеральной стороне на фоне ингаляции кислорода

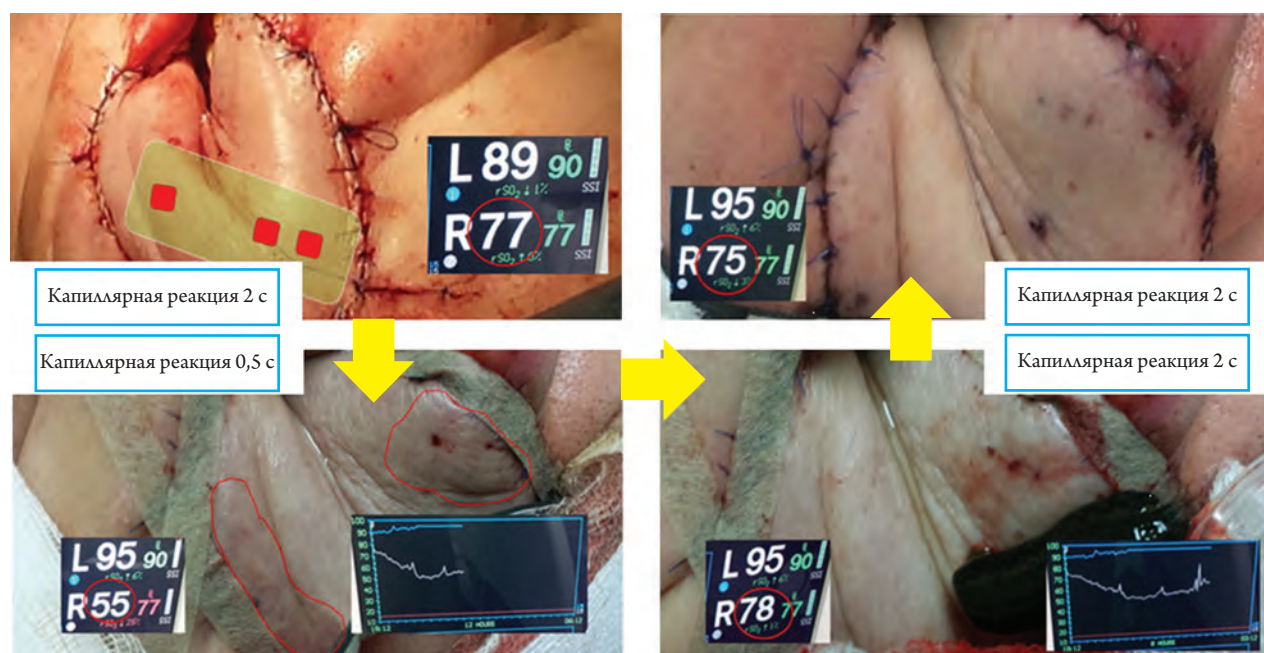


Рис. 12. Локтевой лоскут: снижение rSO_2

и инфузионной терапии показатели увеличились до максимальных, регистрируемых данным устройством – 95%. Клинически отмечали легкую синюшность по периферии лоскута, ускорение капиллярной реакции до 0,5 с. При проколе иглой имело место излитие темной венозной крови под давлением. Исследование цветным доплером определяло снижение скоростных характеристик в сосудистой ножке лоскута. Дополнительное введение трентала дало незначительный эффект – показатели увеличились до 55%. При использовании портативного доплера в проекции сосудистой ножки выслушивали пульсацию артериального кровотока, пульсация вены была сомнительной. На кожную площадку лоскута установлена медицинская пиявка. Через 15 мин от начала гирудотерапии показатели тканевой оксиметрии лоскута начали постепенно увеличиваться до 78% (исходно 77; 90%), лоскут приобрел бледно-розовый цвет. Капиллярная реакция – 2 с. Медицинская пиявка самостоятельно отпала, увеличение ее объема до 5 мл. Из области фиксации пиявки – капельное кровотечение. Учитывая компрометированные реципиентные сосуды (комбинированное лечение в анамнезе), сопутствующий сахарный диабет, оценить эффективность гирудо- и гепаринотерапии не представлялось возможным. С целью оценки зон анастомоза пациенту выполнили ревизию. Анастомозы проходимы. Лоскут рефиксирован в более выгодное для сосудистой ножки положение.

В 6 случаях отмечено снижение оксигенации скрытых лоскутов на 30% от исходных уровней и более 40% от контрольных значений. Во всех случаях наблюдали положительный эффект от проведения консервативной терапии, что выражалось в нормализации показателей и возвращении к исходным уровням в течение нескольких часов.

Таким образом, концентрация оксигенированного гемоглобина в объеме тканей под датчиком и, соответственно, локальная оксигенация

снижаются в ишемизированных тканях. Тканевая оксиметрия – достаточно чувствительный метод оценки перфузии тканей. Методика позволяет выявить не только нарушение кровообращения, но и предположить артериальный или венозный характер окклюзии.

ВЫВОДЫ

1. Неинвазивный характер метода, непрерывность мониторинга и высокая чувствительность к ишемии позволяют рекомендовать тканевую оксиметрию для диагностики перфузии микрохирургически пересаженных, в том числе скрытых лоскутов.

2. Показатели оксигенации микрохирургически пересаженных лоскутов ниже 70% должны быть интерпретированы только в сравнении с показателями в контрольной, не компрометированной области, топографически наиболее схожей с реципиентной зоной.

3. В качестве критического маркера, свидетельствующего о состоявшемся нарушении перфузии лоскута, принято снижение rSO_2 от исходного уровня на 31% и более.

4. Временное повышение показателей оксигенации при венозной окклюзии у части исследуемых не является прогностически значимым феноменом.

5. Во всех случаях нарушений кровообращения лоскутов с кожной площадкой, клинические проявления становятся заметными через 0,5–1 ч после регистрации перфузионных нарушений в лоскуте методом тканевой оксиметрии.

6. Отсутствие динамики относительно контрольных показателей имеет значение в оценке перфузии лоскута.

7. В случае осложненного послеоперационного периода непрерывный мониторинг следует продолжать более 72 ч.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вербо Е.В., Неробеев А.И. Реконструкция лица реваскуляризированными аутоотрансплантатами. – Тверская область: Медицина; 2008. – 208 с.
2. Неробеев А.И., Добродеев А.С., Малыхина ИФ, Сомова ММ, Гарелик ЕИ. Критерии выживаемости мышечных лоскутов на основе тканевой соматической оксиметрии // Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии. – 2014. – Т. 3. – С. 10–18.
3. Регистрационное удостоверение ФС № 2006/749 от 23.05.2006 г. «Оксиметр церебральный /соматический INVOS 5100C с принадлежностями».
4. Brown J., Devine J., Magennis P., Sillifant P., Rogers S., Vaughan E. Factors that influence the outcome of salvage in free tissue transfer // Br J Oral Maxillofac Surg. – 2003. – V. 41, № 1. – P. 16–20.
5. Cai Z. gang, Zhang J., Zhang J. guo, Zhao F. yun, Yu G. yan, Li Y. et al. Evaluation of near infrared spectroscopy in monitoring postoperative regional tissue oxygen saturation for fibular flaps // J Plast Reconstr Aesthetic Surg. – 2008. – V. 61. – P. 289–296.
6. Chen K., Mardini S., Chuang D., Lin C., Cheng M., Lin Y. et al. Timing of presentation of the first signs of vascular compromise dictates the salvage outcome of free flap transfers // Plast Reconstr Surg. – 2007. – V. 120. – P. 187–195.
7. Colwell A.S., Wright L.R.N., Karanas Y. Near infrared spectroscopy measures tissue oxygenation in free flaps for breast reconstruction // Plast Reconstr Surg. – 2008. – V. 121, № 5. – P. 344–345.

8. Colwell A. S., Craft R. O. Near-infrared spectroscopy in autologous breast reconstruction // *Clin Plast Surg.* – 2011. – V. 38. – P. 301–307.
9. Cui W. J., Kumar C., Chance B. Experimental-Study of Migration Depth for the Photons Measured at Sample Surface // *Proc SPIE.* – 1991. – V. 1431. – P. 180–191.
10. De Buysscher P., Veeckman L. BIS and INVOS monitoring: possibilities and limitations in neurosurgery. – N. D. – P. 1–11.
11. Eckardt A., Meyer A., Laas U., Hausamen J.-E. Reconstruction of defects in the head and neck with free flaps: 20 years experience // *Br J Oral Maxillofac Surg.* – 2007. – V. 45. – № 1. – P. 11–15.
12. Edmonds L. H. Detection and Correction of Brain Oxygen Imbalance Surgical and Critical Care Applications of the INVOS TM Cerebral Oximeter. – 2014 – P. 31.
13. Griffin J. R., Thornton J. F. Microsurgery: Free tissue transfer and replantation // *Sel Readings Plast Surg.* – 2005. V. 10, № 5 (2). – P. 39.
14. Ho M. W., Brown J. S., Magennis P., Bekiroglu F., Rogers S. N., Shaw R. J. et al. Salvage outcomes of free tissue transfer in Liverpool: Trends over 18 years (1992–2009) // *Br J Oral Maxillofac Surg.* – 2012. – V. 50. – P. 13–18.
15. Keller A. A New Diagnostic Algorithm for Early Prediction of Vascular Compromise in 208 Microsurgical Flaps Using Tissue Oxygenation // *Ann Plast Surg.* – 2009. – V. 62, № 5. – P. 1–6.
16. Keller A. Non-invasive Tissue Oximetry for Flap Monitoring: An Initial Study // *J Reconstr Microsurg.* – 2007. – V. 23, № 212. – P. 189–197.
17. Knobloch K., Gohritz A., Meyer-Marcotty M., Spies M., Vogt P. M. letter to the editor: On “Noninvasive Tissue Oximetry for Flap Monitoring: An Initial Study (J Reconstr Microsurg 2007;23:189–197) // *J reconstr Microsurg.* – 2008. – V. 24, № 8. – P. 599–600.
18. Lin S., Nguyen M., Chen C., Colakoglu S., Curtis M., Tobias A. M. et al. Tissue Oximetry Monitoring in Microsurgical Breast Reconstruction to Decrease Flap Loss // *Plast Reconstr Surg.* – 2011. – V. 127, № 3. – P. 1080–1085.
19. Lohman R., Langevin C., Bozkurt M., Kundu N., Djohan R. A prospective analysis of free flap monitoring techniques: physical examination, external Doppler, implantable Doppler, and tissue oximetry // *J Reconstr Microsurg.* – 2013. V. 29, № 1. – P. 51–56.
20. Muellner T., Nikolic A., Schramm W., Vecsei V. New instrument that uses near-infrared spectroscopy for the monitoring of human muscle oxygenation // *J Trauma.* – 1999. – V. 46. – P. 1082–1084.
21. Novakovic D., Patel R. S., Goldstein D. P., Gullane P. J. Salvage of failed free flaps used in head and neck reconstruction // *Head Neck Oncol.* – 2009. – V. 1, № 33. – P. 1–5.
22. Ozturk C., Ozturk C., Ledin W., Bozkurt M., Schwarz G., O'Rourke C. et al. Variables affecting postoperative tissue perfusion monitoring in free flap breast reconstruction // *Microsurgery.* – 2014.
23. Patterson M. S., Chance B., Wilson B. C. Time resolved reflectance and transmittance for the non-invasive measurement of tissue optical properties // *Appl Opt.* – 1989. – V. 28, № 12. – P. 2331–2336.
24. Repez A., Oroszy D., Arnez Z. M. Continuous postoperative monitoring of cutaneous free flaps using near infrared spectroscopy // *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* – 2008. – V. 61, № 1. – P. 71–77.
25. Scheufler O., Exner K., Andresen R. Investigation of TRAM flap oxygenation and perfusion by near-infrared reflection spectroscopy and color-coded duplex sonography // *Plast Reconstr Surg.* – 2004. – V. 113. – P. 141–152. – discussion 153–155.
26. Shaharin A. Photon time-of-flight and continuous-wave near-infrared-spectroscopy of human skeletal muscle tissue; a comparative study: Masters's Thesis. – Sweden, 2013. – P. 52.
27. Steele M. H. Three-year experience using near infrared spectroscopy tissue oximetry monitoring of free tissue transfers // *Ann Plast Surg.* – 2011. – V. 66. – P. 540–545.
28. Thorniley M. S., Sinclair J. S., Barnett N. J., Shurey C. B., Green C. J. The use of near-infrared spectroscopy for assessing flap viability during reconstructive surgery // *Br J Plast Surg.* – 1998. – V. 51. – P. 218–226.
29. Troitzsch D., Moosdorf R., Vogt S. Microvascular tissue oxygenation and oxidative metabolism changes in the pedicled latissimus dorsi muscle during graded hypoxia: correlation between near infrared and ³¹P nuclear magnetic resonance spectroscopy // *J Surg Res.* – 2012. – V. 176, № 1. – P. 337–342.
30. Van Assendelft O. W. Spectrophotometry of hemoglobin derivatives. – Assen, Netherlands: R Vangorcum Ltd, 1970.
31. Wolf M., Ferrari M., Quaresima V. Progress of near-infrared spectroscopy and topography for brain and muscle clinical applications // *J Biomed Opt.* – 2007. – V. 12. – № 6. – P. 062104.
32. Wong C., Wei F. Microsurgical free flap in head and neck reconstruction // *Head Neck.* – 2010. – V. 32. – P. 1236–1245.
33. Yu P., Chang D. W., Miller M. J., Reece G., Robb G. L. Analysis of 49 cases of flap compromise in 1310 free flaps for head and neck reconstruction // *Head and Neck.* – 2009. – P. 45–51.
34. Zuker R. M., Gur E., Hussain G., Mantkelow R. T. Section II: Head and Neck Reconstruction. In: Rodriguez ED, Losee JE, editors. *Plastic Surgery: Craniofacial, Head and Neck Surgery and Pediatric Plastic Surgery.* 3rd ed. – London; New York: Elsevier Inc., 2013. – P. 278–307.

35. Infrared. [Электронный ресурс]. – Электронные данные URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Infrared#cite_note-14 (Дата посещения 02.12.2014).
36. Near, Mid and Far Infrared [Электронный ресурс]. – Электронные данные URL: <http://www.ipac.caltech.edu/outreach/Edu/Regions/irregions.html> (Дата посещения 02.12.2014).
37. Standard ISO 20473:2007. Optics and photonics -- Spectral bands. – 2007. – 8 P. [Электронный ресурс]. – Электронные данные URL: <http://www.standards.ru/document/3634100.aspx> (Дата посещения 03.02.2015).
38. The Infrared Region. [Электронный ресурс]. – Электронные данные URL: http://www.nasa.gov/audience/forstudents/9-12/features/F_The_Infrared_Region.html.

REFERENCES

1. Verbo E. V., Nerobeev A. I. Microsurgical free flap in face reconstruction // Tver Region: Medicine Publ., 2008, P. 208.
2. Nerobeev A. I., Dobrodeev A. S., Malykhina I. F., Somova M. M., Garelik E. I. Free muscle flaps survival criteria on the basis of tissue somatic oximetry // Annals of plastic, reconstructive and aesthetic surgery. 2014, vol. 3, pp. 10–18.
3. Registration certificate RF no. 2006, / 749 from 23.05.2006. "Oximeter cerebral / somatic INVOS S100C with accessories".
4. Brown J., Devine J., Magennis P., Sillifant P., Rogers S., Vaughan E. Factors that influence the outcome of salvage in free tissue transfer // Br J Oral Maxillofac Surg. 2003, vol. 41, no. 1, P. 16–20.
5. Cai Z gang, Zhang J, Zhang J guo, Zhao F yun, Yu G yan, Li Y., et al. Evaluation of near infrared spectroscopy in monitoring postoperative regional tissue oxygen saturation for fibular flaps // J Plast Reconstr Aesthetic Surg. 2008, vol. 61, pp. 289–296.
6. Chen K., Mardini S., Chuang D., Lin C., Cheng M., Lin Y., et al. Timing of presentation of the first signs of vascular compromise dictates the salvage outcome of free flap transfers // Plast Reconstr Surg. 2007, vol. 120, pp. 187–195.
7. Colwell A. S., Wright L. R. N., Karanas Y. Near infrared spectroscopy measures tissue oxygenation in free flaps for breast reconstruction // Plast Reconstr Surg. 2008, vol. 121, no. 5, pp. 344–345.
8. Colwell A. S., Craft R. O. Near-infrared spectroscopy in autologous breast reconstruction // Clin Plast Surg. 2011, vol. 38, pp. 301–307.
9. Cui W. J., Kumar C., Chance B. Experimental-Study of Migration Depth for the Photons Measured at Sample Surface // Proc S. P. IE. 1991, vol. 1431, pp. 180–191.
10. De Buysscher P., Veeckman L. BIS and INVOS monitoring: possibilities and limitations in neurosurgery. N. D. pp. 1–11.
11. Eckardt A., Meyer A., Laas U., Hausamen J – E. Reconstruction of defects in the head and neck with free flaps: 20 years experience // Br J Oral Maxillofac Surg. 2007, vol. 45, no. 1, pp. 11–15.
12. Edmonds L. H. Detection and Correction of Brain Oxygen Imbalance Surgical and Critical Care Applications of the INVOS TM Cerebral Oximeter. 2014, P. 31.
13. Griffin J. R., Thornton J. F. Microsurgery: Free tissue transfer and replantation // Sel Readings Plast Surg. 2005, vol. 10, no. 5 (2), pp. 39.
14. Ho M. W., Brown J. S., Magennis P., Bekiroglu F., Rogers S. N., Shaw R. J., et al. Salvage outcomes of free tissue transfer in Liverpool: Trends over 18 years (1992–2009) // Br J Oral Maxillofac Surg. 2012, vol. 50, pp. 13–18.
15. Keller A. A New Diagnostic Algorithm for Early Prediction of Vascular Compromise in 208 Microsurgical Flaps Using Tissue Oxygenation // Ann Plast Surg. 2009, vol. 62, no. 5, pp. 1–6.
16. Keller A. Non-invasive Tissue Oximetry for Flap Monitoring: An Initial Study // J Reconstr Microsurg. 2007, vol. 23, no. 212, pp. 189–197.
17. Knobloch K., Gohritz A., Meyer-Marcotty M., Spies M., Vogt P. M. letter to the editor: On "Noninvasive Tissue Oximetry for Flap Monitoring: An Initial Study (J Reconstr Microsurg 2007;23:189–197) // J reconstr Microsurg. 2008, vol. 24, no. 8, pp. 599–600.
18. Lin S., Nguyen M., Chen C., Colakoglu S., Curtis M., AM T, et al. Tissue Oximetry Monitoring in Microsurgical Breast Reconstruction to Decrease Flap Loss // Plast Reconstr Surg. 2011, vol. 127, no. 3, pp. 1080–1085.
19. Lohman R., Langevin C., Bozkurt M., Kundu N., Djohan R. A prospective analysis of free flap monitoring techniques: physical examination, external Doppler, implantable Doppler, and tissue oximetry // J Reconstr Microsurg. 2013, vol. 29, no. 1, pp. 51–56.
20. Muellner T., Nikolic A., Schramm W., Vécsei V. New instrument that uses near-infrared spectroscopy for the monitoring of human muscle oxygenation // J Trauma. 1999, vol. 46, pp. 1082–1084.
21. Novakovic D., Patel R. S., Goldstein D. P., Gullane P. J. Salvage of failed free flaps used in head and neck reconstruction // Head Neck Oncol. 2009, vol. 1, no. 33, P. 1–5.
22. Ozturk C., Ozturk C., Ledin W., Bozkurt M., Schwarz G., O'Rourke C, et al. Variables affecting postoperative tissue perfusion monitoring in free flap breast reconstruction // Microsurgery, 2014.

23. Patterson M. S., Chance B., Wilson B. C. Time resolved reflectance and transmittance for the non-invasive measurement of tissue optical properties // Appl Opt. 1989. vol. 28, no. 12, P. 2331–2336.
24. Repez A., Oroszy D., Arnez Z. M. Continuous postoperative monitoring of cutaneous free flaps using near infrared spectroscopy // J Plast Reconstr Aesthet Surg. 2008, vol. 61, no. 1, pp. 71–77.
25. Scheufler O., Exner K., Andresen R. Investigation of TRAM flap oxygenation and perfusion by near-infrared reflection spectroscopy and color-coded duplex sonography // Plast Reconstr Surg. 2004, vol. 113, pp. 141–152. discussion 153–155.
26. Shaharin A. Photon time-of-flight and continuous-wave near-infrared-spectroscopy of human skeletal muscle tissue; a comparative study: Masters's Thesis. Sweden, 2013. p. 52.
27. Steele M. H. Three-year experience using near infrared spectroscopy tissue oximetry monitoring of free tissue transfers // Ann Plast Surg. 2011, vol. 66, pp. 540–545.
28. Thorniley M. S., Sinclair J. S., Barnett N. J., Shurey C. B., Green C. J. The use of near-infrared spectroscopy for assessing flap viability during reconstructive surgery // Br J Plast Surg. 1998, vol. 51, pp. 218–226.
29. Troitzsch D., Moosdorf R., Vogt S. Microvascular tissue oxygenation and oxidative metabolism changes in the pedicled latissimus dorsi muscle during graded hypoxia: correlation between near infrared and ³¹P nuclear magnetic resonance spectroscopy // J Surg Res. 2012, vol. 176, no. 1, pp. 337–342.
30. Van Assendelft O. W. Spectrophotometry of hemoglobin derivatives. Assen, Netherlands: R Vangorcum Ltd, 1970.
31. Wolf M., Ferrari M., Quaresima V. Progress of near-infrared spectroscopy and topography for brain and muscle clinical applications // J Biomed Opt. 2007. vol. 12, 6. p. 062104.
32. Wong C., Wei F. Microsurgical free flap in head and neck reconstruction // Head Neck. 2010, vol. 32, pp. 1236–1245.
33. Yu P., Chang D. W., Miller M. J., Reece G., Robb G. L. Analysis of 49 cases of flap compromise in 1310 free flaps for head and neck reconstruction // Head and Neck. 2009, pp. 45–51.
34. Zuker R. M., Gur E., Hussain G., Mantelow R. T. Section I.I.: Head and Neck Reconstruction. In: Rodriguez E. D., Losee J. E., editors. Plastic Surgery: Craniofacial, Head and Neck Surgery and Pediatric Plastic Surgery. 3rd ed. London; New York: Elsevier Inc., 2013. pp. 278–307.
35. Infrared. [Internet data]. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Infrared#cite_note-14 (date of visit 02.12.2014).
36. Near, Mid and Far Infrared [Internet data]. URL: <http://www.ipac.caltech.edu/outreach/Edu/Regions/irregions.html> (date of visit 02.12.2014).
37. Standard I.S.O 20473:2007. Optics and photonics – Spectral bands. 2007, 8 P. [Internet data]. URL: <http://www.standards.ru/document/3634100.aspx> (Дата посещения 03.02.2015).
38. The Infrared Region. [Internet data]. URL: http://www.nasa.gov/audience/forstudents/9-12/features/F_The_Infrared_Region.html.

Поступила в редакцию 26.02.2015

Утверждена к печати 20.03.2015

Авторы:

Малыгина Ирина Фёдоровна – аспирант кафедры пластической и челюстно-лицевой хирургии ГБОУ ДПО РМАПО Минздрава России (г. Москва).

Неробеев Александр Иванович – д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой пластической и челюстно-лицевой хирургии ГБОУ ДПО РМАПО Минздрава России (г. Москва).

Добродеев Антон Сергеевич – канд. мед. наук, зав. отделением анестезиологии-реанимации с палатой реанимации и интенсивной терапии ФГБУ «ЦНИИС и ЧЛХ» Минздрава России (г. Москва).

Вербо Елена Викторовна – д-р мед. наук, зав. отделением реконструктивной хирургии головы и шеи с микрохирургией ФГБУ «ЦНИИС и ЧЛХ» Минздрава России (г. Москва).

Гарелик Евгений Исаевич – канд. мед. наук, доцент, зав. учебной частью кафедры пластической и челюстно-лицевой хирургии ГБОУ ДПО РМАПО Минздрава России (г. Москва).

Салихов Камиль Саламович – челюстно-лицевой хирург отделения челюстно-лицевой хирургии ФГБУ «ЦНИИС и ЧЛХ» Минздрава России (г. Москва).

Контакты:

Малыгина Ирина Фёдоровна

тел.: 8-916-762-62-90

e-mail: irina-malyhina@rambler.ru