

Влияние гипербарической оксигенации на состояние микроциркуляции у больных с последствиями ожогов

А.К.Мартусевич, Н.Л.Короткова,
П.В.Перетягин, В.И.Загреков
ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский
медицинский университет» Минздрава
России, Нижний Новгород

Целью исследования явилось изучение динамики показателей микроциркуляции в кожных лоскутах при проведении процедур гипербарической оксигенации. В исследование было включено 15 пациентов (38 кожных лоскутов) с последствиями ожогов, оперированных по поводу рубцовых деформаций с использованием различных способов местной и комбинированной кожной пластики. После выполнения операции с использованием рубцовых лоскутов при наличии клинических признаков ишемии в дистальных отделах лоскутов оценивали состояние микроциркуляции с использованием метода лазерной флуометрии с помощью аппарата «ЛАКК». Всем пациентам с учетом показаний были назначены сеансы гипербарической оксигенации (ГБО) в режиме 1,3 АТА (7 процедур, время изопрессии – 40 мин). Динамику состояния микроциркуляции отслеживали до начала курса, а также после первой, третьей и завершающей (седьмой) процедуры. Установлено, что прирост показателя микроциркуляции в ответ на процедуру ГБО-терапии свидетельствует о наличии достаточных резервов микроциркуляции и может быть использован как прогностический показатель выживания сомнительного участка кожного лоскута. Возрастание показателя микроциркуляции в дистальном отделе лоскута после ГБО указывает на целесообразность его применения в реконструктивной хирургии последствий ожогов для профилактики развития ишемических нарушений в рубцовом кожном лоскуте.

Ключевые слова: гипербарическая оксигенация, микроциркуляция, ожоги.

Influence of Hyperbaric Oxygenation on the State of Microcirculation in Patients Recovering from Burn Injuries

A.K.Martusevich, N.L.Korotkova,
P.V.Peretyagin, V.I.Zagrevkov
Privolzhsky Research Medical University,
Nizhny Novgorod

The aim of the research was to study the dynamics of microcirculation indicators in skin flaps during hyperbaric oxygenation procedures. The study included 15 patients (38 skin flaps) recovering from burn injuries, who underwent surgical treatment due to scar deformities with the use of various methods of local and combined skin grafting. After the surgery with the use of scar flaps, if the presence of clinical signs of ischemia in the distal parts of the flaps was detected, the state of microcirculation was assessed using laser flowmetry device "LAKK". All patients were prescribed hyperbaric oxygenation (HBO) sessions in the 1.3 – ATA mode (7 procedures, isopression time – 40 minutes), taking the indications into account. The dynamics of the microcirculation state was monitored before the start of the course, as well as after the first, third, and final (seventh) procedure. It was found that the increase in the microcirculation index in response to the HBO-therapy procedure indicates the presence of sufficient reserves of microcirculation and can be used as a predictive indicator of the survival of a problematic area of the skin flap. An increase in the microcirculation index in the distal part of the flap after HBO indicates the feasibility of its use in reconstructive burn surgery to prevent the development of ischemic disorders in the scarred skin flap.

Keywords: hyperbaric oxygenation, microcirculation, burns.

Введение

Известно, что медицинская реабилитация пациента после ожоговой травмы не ограничивается только восстановлением целостности кожного покрова [1–3]. Несмотря на совершенствование помощи пострадавшим от ожогов, тяжесть состояния больных при обширных ожогах обуславливает формирование снижающих качество жизни пострадавшего грубых рубцовых деформаций, особенно в областях с подвижными тканями и естественными отверстиями, что требует проведения множества реконструктивных операций [1, 4, 5]. В настоящее время разработан целый ряд алгоритмов реконструктивно-пластического лечения послеожоговых контрактур различных участков тела [1–3].

При обширных ожогах ограничения, связанные с отсутствием донорских мест, обуславливают использование местной кожной пластики в качестве одного из основных методов лечения последствий ожогов [2]. Применение рубцовых лоскутов для пластических операций приводит к повышенному риску развития ишемии в кожных лоскутах [1]. Для профилактики ишемических осложнений в кожных лоскутах используют медикаментозные препараты и физические факторы, среди которых одним из патогенетически обоснованных является гипербарическая оксигенация (ГБО) [6–9].

Одним из основных условий успешного приживления трансплантата являются адекватные оксигенация кожного лоскута и доставка метаболитов, обеспечиваемые его кровоснабжением, прежде всего кровотоком по микрососудам [3, 10, 11]. Исследование состояния микроциркуляции потенциально может рассматриваться как параметр, характеризующий репаративные процессы в кожном лоскуте [1, 12, 13]. Они могут быть успешно стимулированы различными физическими факторами, в том числе проведением курса ГБО [6, 8].

Целью настоящего исследования явилось изучение динамики показателей микроциркуляции в кожных лоскутах при проведении процедур гипербарической оксигенации.

Материалы и методы

В исследование было включено 15 пациентов (38 кожных лоскутов) с последствиями ожогов, оперированных по поводу рубцовых деформаций с использованием различных способов местной и комбинированной кожной пластики. У всех пациентов в схему оперативного лечения были включены рубцовые лоскуты. Лоскуты, которые предполагалось использовать в качестве пластического материала, имели показатели менее 5 баллов по клинической классификации, предложенной П.В.Сарыгиным [3]. После выполнения операции с использованием рубцовых лоскутов при наличии клинических признаков ишемии дистальных отделах лоскута оценивали состояние микроциркуляции с использованием метода лазерной флуометрии [14].

Контрольный осмотр проводили в первый день после операции. Клинически оценивали наличие признаков ишемии: изменение окраски кожных лоскутов, наличие отека, выраженность «игры сосудистого пятна». После осмотра принимали решение о необходимости проведения лечебных мероприятий, в которые включали медикаментозную терапию (реополиглюкин, актовегин, цитофлавин, витамин Е) и гипербарическую оксигенотерапию.

Всем пациентам с учетом показаний были назначены сеансы гипербарической оксигенации в режиме 1,3 АТА (7 процедур, время изопрессии – 40 мин).

Исследование состояния микроциркуляции в проксимальном и дистальном отделах кожного лоскута проводили методом лазерной доплеровской флуометрии с помощью аппарата «ЛАКК-02» (НПО «Лазма», Россия). Точки, в которых проводилось исследование, обозначали специальным маркером. Продолжительность записи составляла 3 мин.

Результирующий параметр для лазерной доплеровской флуометрии (показатель микроциркуляции) определяет динамическую характеристику микроциркуляции крови – изменение потока крови (перфузии ткани кровью) в единицу времени в зондируемом объеме – и рассчитывается программой по формуле [14]:

$$ПМ = K \times Nэр \times Vcp,$$

где: ПМ – показатель микроциркуляции, К – коэффициент пропорциональности (K=1), Nэр – количество эритроцитов, Vcp – средняя скорость эритроцитов в зондируемом объеме.

Амплитуда сигнала (значение ПМ), пропорциональная произведению линейной скорости эритроцитов на их концентрацию, измеряется в относительных или перфузионных единицах (перф.ед.).

Показатель шунтирования (ПШ) вычисляется по формуле:

$$ПШ = Aн / Aм,$$

где: Aн – амплитуда нейрогенных колебаний, а Aм – амплитуда миогенных колебаний.

Динамику состояния микроциркуляции отслеживали до начала курса, а также после первой, третьей и завершающей (седьмой) процедуры.

Результаты обрабатывали с использованием программы Statistica 6.0.

Результаты

На первом этапе работы была изучена интенсивность микроциркуляции в рубцовой ткани по сравнению со здоровой кожей (рис. 1). Проведенные с помощью лазерной доплеровской флуометрии исследования позволили продемонстрировать достаточно высокий уровень показателя микроциркуляции в здоровых тканях пациентов с послед-

Рис. 1. Показатель микроциркуляции у пациентов с последствиями термических ожогов

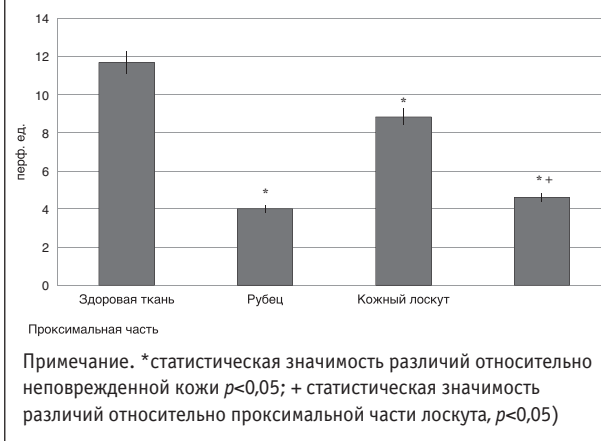
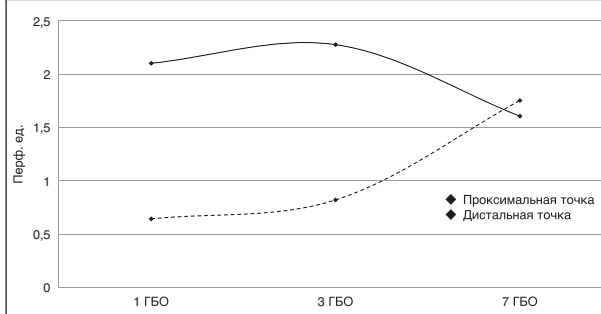


Рис. 2. Градиент показателя микроциркуляции в проксимальной и дистальной частях в динамике курса сеансов гипербарической оксигенации (ГБО)



ствиями ожогов, находящийся в пределах физиологического диапазона [8, 12, 14]. В то же время в рубцовой ткани до выполнения оперативного вмешательства регистрировали значимое снижение рассматриваемого показателя относительно интактной кожи (в 1,3 раза; $p < 0,05$). На основании этого можно использовать полученный результат в качестве дополнительного инструментального критерия пригодности тканей для кожной пластики.

После оперативного вмешательства оценивали уровень показателя микроциркуляции в проксимальной и дистальной частях трансплантата (см. рис. 1). Установлен выраженный градиент значения параметра от основания к краям кожного лоскута, при этом в проксимальной части последнего показатель микроциркуляции был лишь в 1,32 раза ниже, чем в здоровой коже ($p < 0,05$), не отличаясь от значения, полученного для рубцовой ткани до начала пластики ($p > 0,05$). В то же время в дистальной части рубца интенсивность микроциркуляции была существенно ниже, о чем свидетельствует соответствующий уровень оцениваемого параметра (в 2,53 раза меньше, чем на интактном участке; $p < 0,05$). Однако повышение показателя микроциркуляции как в проксимальном, так и в дистальном отделе лоскутов свидетельствует об отсутствии «феномена обкрадывания» [15] и целесообразности включения ГБО в комплекс лечения для коррекции нарушений микроциркуляции в рубцовых кожных лоскутах.

Измерение показателей капиллярного кровотока проводили до и сразу после проведения первой, третьей и седьмой процедуры ГБО. Клинически при осмотре кожного лоскута обнаруживали ишемизированные участки синюшного цвета, как правило, в дистальном отделе лоскута или на его боковом краю в зоне наиболее выраженных рубцов. После

проведения первой процедуры ГБО клинически значимых изменений не отмечали, однако при оценке показателей микроциркуляции наблюдали положительную динамику. Выявлено, что в проксимальной части лоскута проведение курса сеансов ГБО на всем его протяжении способствовало интенсификации микроциркуляции на 1,5–2,5 перф. ед. с тенденцией к умеренному снижению градиента показателя микроциркуляции к седьмой процедуре (рис. 2), но сохранением статистической значимости последнего относительно уровня до начала ГБО ($p < 0,05$).

По завершении третьей процедуры ГБО клинически отмечали разграничение формирующегося краевого некроза и участка в дистальном отделе лоскута с наличием обратимых ишемических нарушений. Наблюдалось уменьшение ишемии, проявлявшееся в снижении выраженности отека и синюшности, более активной «игры сосудистого пятна».

При оценке состояния лоскута после седьмого сеанса ГБО отмечали наличие четкого краевого некроза и дальнейшее улучшение состояния дистального отдела кожного лоскута. Исследование микроциркуляции до и после процедуры гипербарической оксигенации показало более значительный прирост показателя микроциркуляции в дистальном отделе кожного лоскута, чем в проксимальном.

В целом, в наиболее «проблемной» зоне лоскута – его дистальной части – стимулирующее действие ГБО отчетливо нарастает от первой к седьмой процедуре (см. рис. 2), о чем свидетельствует повышение градиента изучаемого параметра (в среднем на 14; 18 и 38% относительно уровня показателя до начала сеанса ГБО для 1-, 3- и 7-й процедуры, соответственно; $p < 0,05$). Это может указывать на отсутствие «феномена обкрадывания» микрососудистого русла дистальной части трансплантата и свидетельствовать о позитивной перестройке кровоснабжения пересаженного кожного лоскута. Положительный градиент микроциркуляции в «сомнительной» части лоскута может служить прогностически благоприятным показателем, свидетельствующим о достаточных резервах микроциркуляции.

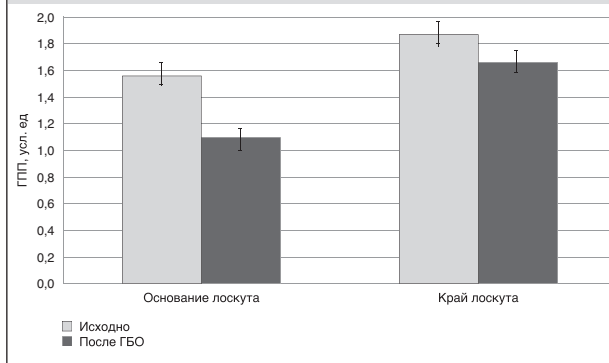
Также нами была проанализирована динамика показателя шунтирования на однократную процедуру ГБО (на примере первого сеанса; рис. 3). Выявлено, что как в дистальной, так и в проксимальной части лоскута после проведения гипербарической оксигенации происходит снижение данного показателя, причем эта тенденция в наибольшей степени выражена в основании лоскута. Эти изменения, по-видимому, носят компенсаторный характер и обусловлены перераспределением кровотока в пользу микроциркуляторного русла под влиянием ГБО.

С учетом того, что во всех изученных областях лоскута уровень показателя шунтирования не опускается ниже 1 усл. ед., данная динамика не носит патологического характера.

Заключение

На основании проведенного исследования было установлено, что прирост показателя микроциркуляции в ответ на процедуру ГБО-терапии свидетельствует о наличии достаточных резервов микроциркуляции и может быть использован как прогностический показатель выживания сомнительного участка кожного лоскута. Возрастание показателя микроциркуляции в дистальном отделе лоскута после ГБО указывает на целесообразность его применения в реконструктивной хирургии последствий

Рис. 3. Показатель шунтирования в дистальной и проксимальной частях лоскута в динамике курса гипербарической оксигенации



ожогов для профилактики развития ишемических нарушений в рубцовом кожном лоскуте. После проведения курса ГБО-терапии послеоперационный период протекал с формированием линейного некроза, что является особенностью заживления в рубцово-измененных тканях, однако образования некрозов, повлиявших на результат оперативного лечения и потребовавших проведения повторной кожной пластики, не наблюдали.

Литература / References

1. Бархударова Н.Р. и др. Новые технологии в лечении детей с последствиями ожоговой травмы. *Детская хирургия*. – 2008. – № 3. – С. 24–27 / Barhudarova N.R. i dr. Novye tekhnologii v lechenii detej s posledstviyami ozhogovoj travmy. *Detskaya hirurgiya* 2008; 3: 24–27. [in Russian]
2. Дмитриев Г.И. Метод местной кожной пластики. *Вестник РАМН*. – 2013. – № 4. – С. 52–56 / Dmitriev G.I. Metod mestnoj kozhnoj plastiki. *Vestnik RAMN*. 2013; 4: 52–56. [in Russian]
3. Сарыгин П.В. Хирургическое лечение последствий ожогов шеи и лица: Автореф. дисс. ... докт. мед. наук. М.: 2005. – 46 с / Sarygin P.V. Hirurgicheskoe lechenie posledstvij ozhogov shei i lica. Thesis. Diss. Doct. Med. Sci. Moscow: 2005; 46. [in Russian]
4. Грищенко С.В. и др. Дифференцированный подход к восстановительному лечению после блефаропластических операций. *Экспериментальная и клиническая дерматокосметология*. – 2011. – № 2. – С. 31–38 / Grishchenko S.V. i dr. Differencirovannyj podhod k vosstanovitel'nomu lecheniyu posle blefaroplasticheskij operacij. *Ekspierimental'naya i klinicheskaya dermatokosmetologiya*. 2011; 2: 31–38 [in Russian]
5. Грищенко С.В. и др. Эффективность лоскутной пластики при врожденных и приобретенных дефектах век. *Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии*. – 2010. – № 2. – С. 10–24 / Grishchenko S.V. i dr. Effektivnost' loskutnoj plastiki pri vrozhdennyh i priobretennyh defektah vek. *Annaly plasticheskoi, rekonstruktivnoj i esteticheskoi hirurgii*. 2010; 2: 10–24 [in Russian]
6. Давыдкин Н.Ф., Куркина О.В. Влияние гипербарической оксигенации магнитотерапии на агрегационную функцию тромбоцитов и микроциркуляцию у больных с ишемической болезнью. *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация*. 2008. – № 2. – С. 13–17 / Davydkin N.F., Kurkina O.V. Vliyanie giperbaricheskoi oksigenacii magnitoterapii na agregacionnyu funkciyu trombocitov i mikrocirkulyaciyu u bol'nyh s ishemicheskoi boleznyu. *Fizioterapiya, bal'neologiya i reabilitaciya* 2008; 2: 13–17 [in Russian]
7. Колесниченко И.В. Влияние гипербарической оксигенации на гемореологию и перекисное окисление липидов у больных стабильной стенокардией. Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. Нижний Новгород: 2006. – 18 с / Kolesnichenko I.V. Vliyanie giperbaricheskoi oksigenacii na gemoreologiyu i perekisnoe okislenie lipidov u bol'nyh stabil'noj stenokardiej. Thesis. Diss. Cand. Med. Sci. Nizhny Novgorod: 2006; 18. [in Russian]
8. Stirban A., Lentrott S., Nandrea S. et al. Functional changes in microcirculation during hyperbaric and normobaric oxygen therapy. *Undersea and Hyperbaric Medicine*. 2009; 36 (5): 381–390.

9. Williams R.L. Hyperbaric oxygen therapy and diabetic foot. *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.* 1997; 87: 279–292.
10. Andreassen A.K. et al. Endothelium-dependent vasodilation of the skin microcirculation in heart transplant recipients. *Clin. Transplant.* 1998; 12 (4): 324–332.
11. Yamazaki F., Takahara K., Sone R., Johnson J.M. Influence of hyperoxia on skin vasomotor control in normothermic and heat-stressed humans. *J. Appl. Physiol.* 2007; 103: 2026–2033.
12. Мартусевич А.К., Ларионова К.Д., Перетягин С.П. и др. Экспериментальная оценка влияния лекарственных композиций на состояние микроциркуляции в раннем послеожоговом периоде. *Фундаментальные исследования.* – 2013. – № 3. – С. 332–336 / Martusevich A.K., Larionova K.D., Peretyagin S.P. s soavt. Eksperimental'naya ocenka vliyaniya lekarstvennykh kompozitsij na sostoyanie mikrocirkulyacii v ranнем послеожоговом periode. *Fundamental'nye issledovaniya.* 2013; 3: 332–336. [in Russian]
13. Михайличенко Л.А., Тихомирова И.А. Показатели микроциркуляции и оценка механизмов регуляции тонуса сосудов кожи крыс в условиях модификации реологических свойств крови. *Регионарное кровообращение и микроциркуляция.* – 2012. – № 1. – С. 73–81 / Mihajlichenko L.A., Tihomirova I.A. Pokazateli mikrocirkulyacii i ocenka mekhanizmov reguljacii tonusa sosudov kozhi kryс v usloviyah modifikacii reologicheskikh svojstv krovi. *Regionarnoe krovoobrashchenie i mikrocirkulyaciya.* 2012; 1: 73–81. [in Russian]
14. Крупаткин А.И., Сидоров В.В. Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови. М.: Медицина, 2005. – 256 с / Krupatkin A.I., Sidorov V.V. Lazernaya dopplerovskaya floumetriya mikrocirkulyacii krovi. M.: Medicina, 2005; 256. [in Russian]
15. Manukhina E.B., Downey H.F., Mallet R.T. Role of nitric oxide in cardiovascular adaptation to intermittent hypoxia. *Exp. Biol. Med.* 2006; 231: 343–365.

Сведения об авторах:

Мартусевич Андрей Кимович – д.б.н., руководитель лаборатории медицинской биофизики Университетской клиники ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, Нижний Новгород

Короткова Надежда Леноктовна – д.м.н., проф. каф. хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии с курсом пластической хирургии ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, Нижний Новгород

Перетягин Петр Владимирович – м.н.с. лаб. экспериментальной медицины Университетской клиники ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, Нижний Новгород

Загреков Валерий Иванович – д.м.н., руководитель отделения анестезиологии и реанимации Университетской клиники ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, Нижний Новгород