

Н. Н. Чур¹, М. В. Шкода², Г. Г. Кондратенко¹, Н. В. Черноморец²

ТРАНСКУТАННОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ПАРЦИАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ КИСЛОРОДА ДЛЯ ОЦЕНКИ ИШЕМИИ КОНЕЧНОСТИ ПРИ СИНДРОМЕ ДИАБЕТИЧЕСКОЙ СТОПЫ

УО «Белорусский государственный медицинский университет»¹,
УЗ «10-я городская клиническая больница г. Минска»²

Хирургическая реваскуляризация, рентгенэндоваскулярные вмешательства относятся к стандартным методам лечения КИНК при синдроме диабетической стопы. Отсутствие надежного критерия оценки уровня жизнеспособности тканей нижних конечностей при КИНК не позволяет провести правильный отбор пациентов для выполнения им успешной реваскуляризации. Для объективной оценки тяжести ишемии исключительно важно исследование нарушений микроциркуляции и тканевого метаболизма. Этим требованиям отвечает метод транскутанной оксиметрии. Исследование проводилось в городском центре «Диабетическая стопа» 10-й ГКБ г. Минска. Изучалось парциальное давление кислорода до операции, в раннем и позднем послеоперационном периодах, а также через 6 месяцев после реваскуляризации конечностей. Доказано, что результаты и их достоверность находятся в прямой зависимости от уровня и объема поражения мягких и костных структур стоп, степени поражения артериального дистального русла, выраженности реперфузионного синдрома в послеоперационном периоде.

Ключевые слова: сахарный диабет, диабетическая стопа, реваскуляризация, оксиметрия.

N. N. Chur, M. V. Shcoda, G. G. Kondratenko, N. V. Chernomorets **TRANSCUTANEOUS MEASUREMENT OF PARTIAL OXYGEN** **PRESSURE FOR EVALUATION OF LIMB ISCHEMIA** **THE SYNDROME OF DIABETIC FOOT**

Surgical revascularization, X-ray endovascular invasion refer to standard methods of treatment of critical lower limb ischemia (CLLI) under the diabetic foot syndrome. The lack of a reliable criterion for assessing the level of lower limb tissue viability under CLLI will not be able to conduct a correct selection of patients to perform a successful revascularization. It is extremely important to investigate the violations of microcirculation and tissue metabolism for an objective assessment of the ischemia severity. These requirements are met by the method of transcutaneous oxymetry. The study was conducted in the city center «Diabetic Foot» of the 10th Municipal Hospital in Minsk. The partial pressure of oxygen before the operation, in the early and late postoperative periods, and also 6 months after revascularization of the extremities was studied. It is proved that the results and their reliability are directly related to the level and extent of the soft and osseous structures damage of the feet, the degree of destruction of the arterial distal bed, the severity of the reperfusion syndrome in the post-operative period.

Key words: diabetes mellitus, diabetic foot, revascularization, oxymetry.

Согласно заключению Международной диабетической федерации двадцать лет назад количество людей страдающих сахарным диабетом (СД) во всем мире не превышало 30 млн. Предполагается, что к 2035 году этот рост составит 35 %, а число заболевших возрастет до 592 млн пациентов. Исходя из этого, эксперты комитета по сахарному диабету при Всемирной организации здравоохранения констатируют: «Диабет и его сосудистые осложнения будут постоянно увеличивающимся бременем здравоохранения» [2, 5, 9].

Из всех поздних осложнений СД синдром диабетической стопы (СДС) является одним из основных. Вероятность выполнения высоких ампутаций при глубоких гнойно-некротических поражениях тканей достигает 30–70 %, а вот леталь-

ность колеблется от 28 до 40 %. Выживаемость же пациентов в ближайшие 5 лет составляет только 25–40 % [1, 3, 5].

Согласно Международному консенсусу по диабетической стопе критическая ишемия нижних конечностей (КИНК), характеризуется одним из двух следующих критериев: 1) постоянная боль в покое, требующая регулярного приема анальгетиков в течение двух недель и более и/или 2) трофическая язва или гангрена пальцев или стопы, возникшие на фоне хронической артериальной недостаточности [7, 9].

Хирургическая реваскуляризация, рентгенэндоваскулярные вмешательства относятся к стандартным методам лечения критической ишемии нижних конечностей (КИНК). Однако, они зачастую не могут быть применены у пациен-

Таблица. Виды реваскуляризации конечностей и непосредственные результаты

Вид вмешательства	Количество (n = 21)	Ангиографический успех (%)	Клинический успех	
			на следующий день после операции	через 12 дней
Аутовенозное шунтирование ¹	10	–	90 %	80 %
Гибридные технологии ²	5	73 %	89 %	81 %
Рентгеноэндоваскулярные вмешательства ³	6	86 %	87 %	85 %

Примечание: ¹ – бедренно-берцовое, бедренно-стопное и подколенно-стопное; ² – аутовенозное шунтирование + баллонная ангиопластика со стентированием; ³ – баллонная ангиопластика поверхностной бедренной или подколенной артерий, задней или передней большеберцовой артерий со стентированием.

тов при выраженном поражении дистального артериального русла. Отсутствие надежного критерия оценки уровня жизнеспособности тканей нижних конечностей при КИНК не позволяет провести правильный отбор пациентов для выполнения им успешной реваскуляризации [2, 4, 6].

Для объективной оценки тяжести КИНК исключительно важно исследование нарушений микроциркуляции и тканевого метаболизма. Этим требованиям отвечает метод транскутанной оксиметрии, поскольку он имеет свои преимущества, а именно: отсутствие зависимости от тяжести медиакальциноза периферических артерий, а значит и большей информативности у больных СД; возможность определения уровня ампутации конечности и прогноза заживления язвенного дефекта. Вместе с тем не до конца изучен вопрос об информативности метода при наличии у пациентов гнойно-воспалительных процессов на стопе, периферических отеков и других сопутствующих патологических состояний, которые могут влиять на результаты исследования.

Цель исследования. Оценить значение транскутанной оксиметрии в лечении пациентов с КИНК при СДС и определить критерии, влияющие на достоверность результатов теста.

Материал и методы. Исследование проводилось в городском центре «Диабетическая стопа» на базе гнойно-септического хирургического отделения 10-й городской клинической больницы (главный врач Исачкин В. П.) в 2016 году. Транскутанная оксиметрия выполнялась у 21 пациента (39 конечностей) с КИНК при СДС. 18 пациентам оксиметрия выполнялась на обеих нижних конечностях (85,7 %) и 3 пациентам на единственных конечностях (14,3 %). У всех пациентов по критериям TASC II диагностирована хроническая артериальная недостаточность на стадии КИНК. Клиническая характеристика включенных в исследования пациентов представлена следующим образом: по полу преобладали мужчины – 14 (66,7 %); средний возраст составил 64,3 ± 2,1 лет; наличие СД отмечено в течение 7,9 ± 1,9 лет, а длительность СДС – 2,8 ± 0,9; средние показатели гликемии капиллярной крови 9,4 ± 2,2 ммоль/л, а гликированный гемоглобин (HbA_{1c} %) – 8,3 ± 0,9. Практически у всех пациентов отмечены и другие осложнения СД: ишемическая болезнь сердца – 54,9 %, постинфарктный кардиосклероз – 14,6 %, нефропатия – 38,8 %.

Всем пациентам проводилось ультразвуковое дуплексное сканирование (УЗДС) артерий нижних конечностей для оценки уровня и тяжести артериальных поражений. В свою очередь тяжесть оценивалась на основании классификации Рутерфорда [8]. В структуре тяжести поражений отмечались пациенты с 3–4–5 категориями. Так, из 21 пациентов тяжелая перемежающаяся хромота (3-я категория) отмечена у 5 (23,8 %); ишемическая боль покоя (4-я категория) у 8 (38,1 %) и ограниченное некротическое поражение пациентов также у 8 (38,1 %). Для пациентов 4 и 5 категорий были характерны длительно незаживающие раневые дефекты на стопах, а также гангрена одного или несколь-

ких пальцев. Следует отметить, что только 6 пациентов ранее проходили курсы консервативной терапии и у них же отсутствовали язвы на стопах. Первое обращение за лечебной помощью оставшихся пациентов 15 (71 %) произошло уже на терминальной стадии критической ишемии, когда возникала реальная угроза высокой ампутации конечности.

У всех пациентов с СД и КИНК выявлены гемодинамически значимые стенозы и окклюзии поверхностной бедренной артерии (ПБА), подколенной (ПКА), задней (ЗББА) и передней берцовой артерии голени (ПББА). В 25 % (18 нижних конечностей) случаев имелись многоуровневые поражения бедренно-подколенного и берцово-стопного сегментов при относительно интактных подвздошных артериях.

По результатам обследования сосудистого русла определялась возможность выполнения реваскуляризирующей операции: шунтирование, эндоваскулярная или гибридная операция (таблица). При выборе вида оперативного вмешательства не было определенной зависимости от наличия либо отсутствия трофических нарушений на стопах.

Под ангиографическим успехом операция понималась восстановление непрерывного антеградного кровотока до стопы хотя бы по одной из артерий голени без остаточных стенозов более 50 %. Что же касается клинического успеха, то он являлся сочетанием уменьшения или исчезновения не только субъективных, но и объективных симптомов ишемии.

Оценка проявлений ишемических нарушений осуществлялась на основании следующих показателей: 1) контроль изменений раневых поверхностей нижних конечностей в динамике (до и после операции); 2) наличие пульсации на периферических артериях до и после операции; 3) данные УЗДГ и рентгеноконтрастной ангиографии; 4) транскутанной оксиметрии; 5) результаты компьютерной томографической ангиографии (КТА); 6) показатели лабораторных методов исследования. Помимо терапевтических методов лечения у ряда пациентов при наличии гнойно-некротических поражений проводились многоэтапные хирургические операции на стопах, различные способы местного лечения ран и язв.

С целью объективизации нарушений микроциркуляции и тканевого метаболизма пораженной конечности при КИНК нами использовался метод транскутанной оксиметрии (ТсрО₂) аппаратом «Radiometer» (Дания). Во всех случаях применялась ортостатическая проба с поднятием конечности, позволяющая более точно оценить состояние микроциркуляторного кровотока. Анализируя полученные результаты оксиметрии за основу принимались следующие показатели: ТсрО₂ около 105 мм рт. ст. – абсолютная норма; снижение ТсрО₂ до 60 мм рт. ст. – незначительные нарушения; ТсрО₂ более 40 мм рт. ст. – компенсированный тканевой метаболизм (требуется специальное лечение); ТсрО₂ 30–40 мм рт. ст. – субкомпенсированный тканевой метаболизм (без реваскуляризации высокая вероятность ампутации); ТсрО₂ менее 30 мм рт. ст. – декомпенсированный тканевой метаболизм (необходима реваскуляризация).

Исследование парциального давления кислорода всем пациентам выполняли перед операцией, через сутки после операции, на 7 сутки после операции, через 1 и 6 месяцев после оперативного вмешательства. Измерение $TcPO_2$ проводилось на коже тыльной поверхности стопы с равномерным капиллярным ложе без крупных артерий и вен, язвенных дефектов или волосяного покрова

Результаты и обсуждение. У всех ($n = 21$) пациентов с клиническими признаками и симптомами КИНК регистрировались показатели парциального напряжения кислорода около 10 мм рт. ст., что и отражено на рисунках 1 и 2.

По данным транскутанной оксиметрии в предоперационном периоде цифры парциального давления кислорода находились на критических уровнях со средним значением $8,9 \pm 1,1$ мм рт. ст. Но уже на 1 сутки после оперативного лечения этот показатель значительно вырос. Колебания минимальных и максимальных величин парциального давления составили от 18 до 24 (со средним значением $21,2 \pm 4,1$). В течение последующих 7 дней значение $TcPO_2$ несколько увеличивалось до 24,8 мм рт. ст., а к концу 1 месяца достигло своего максимального значения – 34,6 мм рт. ст. По достижению полугодового срока послеоперационного периода уровень парциального давления кислорода снижался в среднем до $32,8 \pm 3,9$ мм рт. ст. без выраженных колебаний.

По данным транскутанной оксиметрии у пациентов с язвенно-некротическими поражениями стоп в предоперационном периоде цифры парциального давления кислорода находились на критических уровнях со средним значением $9,7 \pm 1,2$ мм рт. ст. (рисунок 2). Но уже на 1 сутки после оперативного лечения этот показатель значительно вырос. Колебания минимальных и максимальных величин парциального давления составили от 19 до 23 (со средним значением $20,1 \pm 3,9$). В течение последующих 7 дней значение $TcPO_2$ несколько увеличивалось до 25,0 мм рт. ст., а к концу 1 месяца достигло своего максимального значения – 35,0 мм рт. ст. По достижению полугодового срока послеоперационного периода уровень парциального давле-

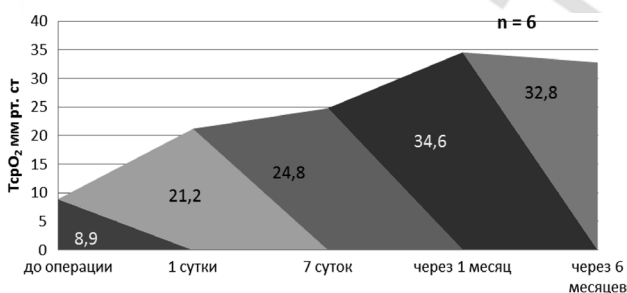


Рисунок 1. Данные измерений $TcPO_2$ у пациентов без язвенно-некротических поражений стоп

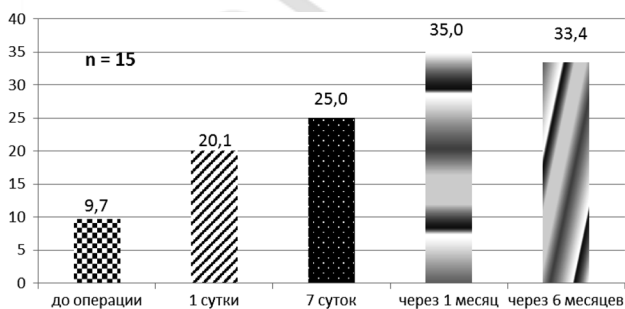


Рисунок 2. Данные измерений $TcPO_2$ у пациентов с язвенно-некротическими поражениями стоп

ния кислорода снижался в среднем до $33,4 \pm 4,1$ мм рт. ст. без выраженных колебаний.

Сравнивая полученные результаты оксиметрии у пациентов с язвенно-некротическими поражениями стоп и без таковых можно констатировать, что они были близкими по значениям.

Обращает на себя внимание тот факт, что наивысшее насыщение тканей кислородом после выполненного оперативного вмешательства происходит по истечению 1 месяца. При этом какой-то определенной закономерности, зависящей от вида реваскуляризирующей конечности операции, замечено не было. Относительно позднее пиковое насыщение кислородом дистальных отделов стоп мы объясняли возникновением отека стопы и голени в ближайшем послеоперационном периоде, как адаптацией микроциркуляторного русла нижних конечностей к восстановленному кровотоку. Локальное воспаление мягких тканей могло быть дополнительной причиной отсроченного роста напряжения кислорода. Развивается так называемый реперфузионный синдром, сопровождающийся временным нарушением метаболизма в тканях пораженной конечности. Произведенная реваскуляризация нижних конечностей, с целью их спасения, приводит к реперфузии ишемизированных тканей. Возникает парадоксальная реакция при которой происходит: увеличение активных форм кислорода и медиаторов воспаления, повышение адгезии форменных элементов крови, возрастание проницаемости капилляров. Все это приводит к реперфузионному повреждению тканей, а это зачастую вызывает изменение и даже их гибель. Конечно, тяжесть этого синдрома напрямую зависит от объема и уровня реваскуляризации ишемизированных тканей.

Ни у одного из пациентов, которым проводилась оксиметрия, не удалось достичь компенсированного тканевого метаболизма ($TcPO_2$ более 40 мм рт. ст.). Мы объясняли это следующими факторами: возникновением реперфузионного синдрома; развитием рестенозов оперированных участков артериального русла; наличием коллатерального кровотока и отсутствием магистрального; преобладание нейропатических проявлений у пациентов с нейроишемической формой СДС. Тем не менее, значения оксигенации удалось восстановить до удовлетворительном уровне.

В подгруппе ($n = 15$) с язвенными дефектами, и гангренозными изменениями одного или нескольких пальцев на стопах, предполагались изначально низкие цифры парциального давления кислорода по сравнению с пациентами без трофических нарушений. Декомпенсированный тканевой метаболизм при критически низком уровне парциального давления ($TcPO_2$ менее 30 мм рт. ст.) регистрировались у пациентов данной подгруппы вплоть до месячного срока послеоперационного наблюдения, несмотря на выполненные операции. В дальнейшем, отмечалась стабилизация уровня насыщения кислородом мягких тканей нижних конечностей на удовлетворительном уровне в среднем $33,4 \pm 3,5$.

Таким образом, выявляется четкая зависимость насыщения кислородом мягких тканей конечностей от выраженности инфекционного или ишемического поражения, а соответственно, выраженности реактивного отека. А значит, полученные цифры не совсем правильно отражают действительную картину жизнеспособности тканей пораженной конечности. Это необходимо учитывать при оценке результатов выполненной реваскуляризации артериального русла.

Динамика течения раневого процесса в целом была положительная. Из 15 наблюдаемых пациентов оперативные вмешательства на стопах потребовались в 12 случаях (некрэктомии, малые ампутации, пластики местными тка-

□ Оригинальные научные публикации

нями). Заживление раневых дефектов мягких тканей нижних конечностей наступило у 14 (93 %) в среднем через $21,3 \pm 3,5$ дней. Один пациент был выписан на амбулаторное лечение с незажившей раневой поверхностью.

Следует подчеркнуть, что основной целью хирургического лечения у пациентов с нейроишемической формой СДС являлось купирование ишемических явлений, а значит и заживления имеющихся ран, снижение выраженного болевого синдрома, позволяющих значительно снизить риск высоких ампутаций.

Выводы

1. Методика определения транскутанного напряжения кислорода мягких тканей стоп у пациентов с СДС является одной из важнейших составляющих в диагностике критической ишемии и установлении показаний для реваскуляризации конечностей.

2. Полученные результаты и их достоверность находятся в прямой зависимости от уровня и объема поражения мягких и костных структур стоп, степени поражения артериального дистального русла, выраженности реперфузионного синдрома в послеоперационном периоде.

3. Транскутанная оксиметрия является надежным методом оценки эффективности проведенного хирургического лечения различными методами.

Литература

1. Атлас для врачей-эндокринологов: синдром диабетической стопы / Н. Б. Анциферов [и др.]. – М.: Папаша Гризли, 2002. – 80 с.

2. Бондаренко, О. Н. Транскутанная оксиметрия в динамическом наблюдении за пациентами с сахарным диабетом и критической ишемией нижних конечностей / О. Н. Бондаренко, Н. Л. Аюбова, Г. Р. Галстян, И. И. Дедов // Сахарный диабет. – 2013. – №1. – С. 33–42.

3. Гришин, И. Н. Синдром диабетической стопы / И. Н. Гришин, Н. Н. Чур. – Минск: Товарищество Хата, 2000. – 171 с.

4. Периферическая макрогемодинамика при облитерирующем атеросклерозе артерий нижних конечностей и сахарном диабете 2 типа / В. С. Савельев [и др.] // Ангиология и сосудистая хирургия. – 2003. – Т. 9, № 1. – С. 9–2.

5. Рундо, А. И. Современные аспекты этиологии и патогенеза синдрома диабетической стопы / А. И. Рундо // Новости хирургии. – 2015. – Т. 23, № 1. – С. 97–104.

6. Apelqvist, J., Bakker K., van Houtum W. H., Nabuurs-Franssen M. H., Schaper N. C. International consensus and practical guidelines on the management and the prevention of the diabetic foot. International Working Group on the Diabetic Foot. Diabetes Metab Res Rev. 2000 Sep–Oct;16 Suppl 1:S84–92.

7. Norgren, L. et al. Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease (TASC II) // Eur J Vasc Endovasc Surg. 2007;33 Suppl. 1:S1–75.

8. Rutherford, R. B., Baker J. D., Ernst C., Johnston K. W., Porter J. M., Ahn S., Jones D. N. Recommended standards for reports dealing with lower extremity ischemia: revised version / J. Vasc. Surg. 1997 Sep;26(3):517–538.

9. Schaper, N. C. et al. Specific guidelines for the diagnosis and treatment of peripheral arterial disease in a patient with diabetes and ulceration of the foot // The International Working Group of the Diabetic Foot, 2011 (IWGDF). Diabetes Metab Res Rev. 2012 Feb;28 Suppl 1:236–237.