ОБЗОРНЫЕ СТАТЬИ

УДК: 543.552:612.262

Щурова Е.Н., Долганова Т.И., Щуров В.А., Тарелкин Е.С.

ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ТРАНСКУТАННОЙ ПОЛЯРОГРАФИИ ПРИ ТРАВМАТИЧЕСКОМ ПОВРЕЖДЕНИИ ТКАНЕЙ

ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» имени академика Г.А. Илизарова», г.Курган

Резюме. *На основе анализа отечественных и иностранных научных публикаций представлен современный взгляд на диагностические возможности чрескожного определения напряжения кислорода и углекислого газа у травматологических больных. Проанализирована информативность данного метода в оценке состояния больных с множественной (сочетанной) травмой, открытых ран.*
Ключевые слова*: чрескожное определение напряжения кислорода, чрескожное определение напряжения углекислого газа, травма костей нижних конечностей, ткани раны.*

Shchurova E. N., Dolganova T. I., Shchurov V. A., Tarelkin E.C.

DIAGNOSTIC SIGNIFICANCE IF THE TRANSCUTANEOUS POLAROGRAPHY IN TRAUMATIC TISSUE DAMAGE

Summary. *A current view of the diagnostic capabilities of the transcutaneous determination of oxygen and carbon dioxide tensions in traumatologic patients has been demonstrated based on the analysis of native and foreign scientific publications. The informative potential of this method has been analyzed for the assessment of condition of patients with multiple (combined) injuries, open wounds.*
Keywords*: transcutaneous determination of oxygen tension, transcutaneous determination of carbon dioxide tension, injuries of lower limb bones, wound tissues.*

Чрескожная полярография является неинвазивным диагностическим методом, с помощью которого регистрируют парциальное давление кислорода [9, 12, 29, 31, 39, 45] и углекислого газа [28, 30, 35] в поверхностных слоях кожи.

В настоящее время в клинической практике при обследовании больных получили широкое применение приборы различных фирм: "Radiometr" (Дания); "Hellige" (Германия); Universal-P02-MeterMO 10.1 (PRACITRONIC, Германия); "Novametrix Medical Systems" (США); «Instrumentation Laboratory» (США) и др. Датчики чрескожного определения напряжения $C0_2$ ($TcpC0_2$) существуют в виде одиночного датчика Pco_2, комбинированного датчика Pco_2/Po_2 (TCM-3 "Radiometr", Дания; "Novametrix Medical Systems", США), а позднее появился комбинированный датчик Pco_2/Spo_2 (TOSCA, Linde Medical Sensor; Basel, Switzerland). Respironics Inc., США.

По мнению одних авторов, измеряемое таким электродом транскутанное напряжение кислорода достоверно коррелирует с напряжением кислорода артериальной крови, как у новорожденных детей, так и у взрослых и количественно характеризует кожный кровоток [9, 13]. Однако другие исследователи утверждают, что даже при нормальном кровоснабжении измеряемая величина $Tcp0_2$ обычно несколько ниже, чем напряжение кислорода в артериальной крови [12] и больше связана с уровнем давления кислорода в смешанной венозной крови, за исключением декомпенсированных и терминальных состояний [13].

Наибольшее применение чрескожный мониторинг нашел при оценке состояния новорожденных детей и при обследовании больных с хронической ишемией нижних конечностей. Однако применение чрескожного мониторинга газов у травматологических больных не имеет столь широкого анализа в научной литературе.

Целью настоящей работы является анализ научной литературы, посвященной использованию чрескожного мониторинга кислорода и углекислого газа у травматологических больных.

В литературе представлены значения чрескожного напряжения кислорода у здоровых взрослых людей на различных сегментах конечности и частях тела: на уровне груди $Tcp0_2$ составляет 64,0±1,3 мм рт. ст., на бедре – 61,0±1,5 - 62,0±1,75 мм рт. ст., на голени – 55,4±1,8 - 59,4±1,5 мм рт. ст., на стопе – 52,0±1,12 - 53,0±1,1 - 54,6±1,3 мм рт. ст. [19, 22], на спине 58,9±2,53 – 67,5±2,11 мм рт. ст. [39].

Чрескожное напряжение углекислого газа у здоровых взрослых людей в вертельной и ретро-вертельной области составляет 36,3±5,1 мм рт. ст. [37], средней трети голени – 43,0±1,0 мм рт. ст., стопе – 42,0±2,4 - 43,7±3,7 мм рт. ст. [19].

В документах Российского консенсуса 2002 года [3, 15] опубликованы величины нормальных значений $Tcp0_2$, они составляют 50-60 мм рт. ст. В руководстве для врачей «Клиническая ангиология» под. ред. А.В. Покровского, (2004) [8] приводятся значительно более высокие значения чрескожного напряжения кислорода в коже стопы у здоровых людей– 65 мм рт. ст. В «Национальных стандартах оказания помощи больным сахарным диабетом», утвержденных Минздравом РФ в 2002 году [11], устанавливается для чрескожного напряжения кислорода величина 40 мм рт. ст. как нижняя граница нормы.

У детей значения $TcpO_2$ кожи стопы выше – до 68,5 ± 5,16 мм рт.ст. [6], 70,5±8,03 мм рт. ст. [9], в области живота, голени, передней поверхности предплечья в возрасте от 10 мес. до 14 лет составляли 66,0±2,8 мм рт. ст. [1]. Показатели чрескожного напряжения углекислого газа в коже стопы здоровых детей и подростков достоверно не отличаются от значений взрослых людей и находятся в диапазоне от 38 до 48 мм рт. ст. [5, 6].

Не выявлена корреляционная связь между $Tcp0_2$ и индексом массы тела, но отмечено, что статус курения и частота дыхания влияют на показатели $Tcp0_2$ [26].

Данный метод в травматологии применяется для выявления риска развития пролежней и для прогноза их заживления [25, 39]. Острые хирургические раны приводят к обширному и существенному снижению $Tcp0_2$ в условиях нормального кровоснабжения с его восстановлением по мере заживления [16, 43] и критическим уровнем для жизнеспособности тканей является снижение $Tcp0_2$ до 10 мм рт.ст. [18].

Результаты исследований больных с тяжелой травмой и шоком показали, что у выживших больных чрескожное напряжение кислорода было значительно выше [14].

У больных с закрытыми переломами костей нижних конечностей показатели $Tcp0_2$ на поврежденной конечности значительно снижены [27, 33, 35, 36].

Применение лечения с использованием интрамедуллярного остеосинтеза с рассверливанием и без него в послеоперационный период (5 дней) не приводит к значительным изменениям $Tcp0_2$ [33]. В процессе лечения по методу Г.А. Илизарова у больных с закрытыми винтообразными и оскольчатыми переломами костей голени чрескожное напряжение кислорода на стопе соответствует нормативным значениям 61,5±5,4 мм рт. ст. [5, 21].

В процессе лечения по методу Г.А. Илизарова открытых переломов костей голени [23] анализ $Tcp0_2$ и $TcpC0_2$ вблизи раневой поверхности (2-3 см) показал неоднозначность их изменений. В первые сутки после травмы $Tcp0_2$ было снижено на 52 % относительно нормы, вследствие быстрого накопления посттравматических метаболитов в мягких тканях зарегистрированы самые высокие показатели $TcpC0_2$ - 81,8±16,2 мм рт. ст., что превышало уровень нормы на 85%. Через 5-10 суток снижение $Tcp0_2$ составляло 14,3%, $TcpC0_2$ снижался, и тем не менее, превышал показатели контрольной группы на 30 %, через 20 дней - $Tcp0_2$ достоверно не отличалось от нормативных величин при повышенных значениях $TcpC0_2$, через 30-35 дней сохранялись повышенными значения $Tcp0_2$ на 34 % и $TcpC0_2$ на 20%, которые регистрировались весь последующий период фиксации. После снятия аппарата Илизарова значения $Tcp0_2$ соответствовали показателям контрольной группы (55,0±2,3 мм рт. ст.), но отмечалось повышение $TcpC0_2$.

A. Seekamp et al. [42] показали, что у больных с открытыми переломами конечностей, сопровождающимися повреждением мягких тканей, в первые 4 дня после травмы на поврежденной конечности $Tcp0_2$ было снижено относительно контралатеральной конечности и составляло 23,5±4,1 мм рт. ст. На травмированном сегменте, в области прилежащей непосредственно к ране, значения $Tcp0_2$ составляли 13,2±2,3 мм рт. ст. Через несколько дней (в среднем

10 дней) значения $Tcp0_2$ возвращались к нормативным величинам во всех областях исследования поврежденной конечности (55,4±5,4 мм рт. ст.).

Аналогичную картину наблюдал И.А. Абушкин с соавт. [1], исследуя чрескожное напряжение кислорода в тканях вблизи раны в процессе ее заживления. При неосложненном течении раневого процесса $Tcp0_2$ восстанавливается в первые трое суток после операции. Сохраняющаяся с первых дней послеоперационного периода или возникшая позднее гипоксия достоверно свидетельствует об осложненном течении раневого процесса.

Выраженность изменений $TcpO_2$ в коже стопы зависит от тяжести открытого перелома костей голени. У больных с IA, Б, В и IIA типами переломов (классификация по Марковой-Каплану) показатели $Tcp0_2$ в тканях поврежденной и контралатеральной конечностей достоверно не отличались от нормы. При переломах IIБ, В и IIIA типа наблюдалась гипероксия (увеличение $Tcp0_2$ на 13%) на обеих конечностях. У пациентов с IV типом была зарегистрирована выраженная гипоксия тканей пораженной конечности в сочетании с умеренной гипероксией в коже контралатеральной конечности [7, 17].

Выраженная гипероксия тканей регистрируется при уменьшении степени выраженности центральных сосудосуживающих механизмов и за счет периферического метаболического расширения сосудов [32].

Исследование влияния гипербарической оксигенации (ГБО) на показатели $Tcp0_2$ больных с открытыми переломами костей конечностей определило [4], что при переломах с ограниченным повреждением мягких тканей и отсутствием клинических проявлений ишемии конечности после курса ГБО динамики показателей $Tcp0_2$ не наблюдалось. При открытых переломах конечностей IIIB, IV типов, при наличии признаков ишемии и нулевых значениях показателей $Tcp0_2$, проводимая сразу после хирургической обработки и фиксации перелома аппаратом Г.А. Илизарова медикаментозная терапия в сочетании с курсом ГБО приводила к положительной динамике состояния больных и увеличению чрескожного напряжения кислорода и снижению повышенного уровня $TcpC0_2$ только через 3-5 сеансов.

При нарушении тканевого дыхания кожных покровов, снижается напряжение кислорода и увеличивается напряжение углекислого газа. По наблюдениям I. Sugimoto et al. [37], у больных, имеющих значения TcpCO2 в коже стопы 100 мм рт. ст. и выше, можно констатировать наличие критической ишемии нижней конечности.

Нулевое значение $Tcp0_2$ у травматологических пациентов не всегда является показателем нежизнеспособности тканей. Существуют различные мнения о причине нулевого значения чрескожного напряжения кислорода при наличии кровообращения в исследуемой ткани. Так, F. Matsen [41] считает, что нулевой уровень $Tcp0_2$, определяемый накожным электродом, при наличии кровотока связан с тем, что локальное поглощение кислорода равно его доставке. Существует также мнение, что причиной нулевого $Tcp0_2$ является посттравматическая симпатическая денервация, ведущая к открытию артерио-венозных шунтов в глубокой артериальной сети. Следовательно, артериальный приток к коже значительно уменьшается и локальная гиперемия, создаваемая электродом, оказывается неэффективной [10].

По мнению ряда авторов [2, 32, 41], низкое $TcpO_2$ на несколько часов опережает появление отчетливых клинических симптомов тромбоза. Поэтому длительно определяемые низкие значения $Tcp0_2$ должны настораживать.

Таким образом, у больных с тяжелой травмой и шоком чрескожное напряжение кислорода может служить критерием прогноза выживаемости. При открытых переломах голени с наличием повреждений мягких тканей чрескожный мониторинг газов вблизи раневой поверхности и в других областях исследования может определять динамику заживления ран и вносить коррективы в лечение.

Литература:

1. Абушкин И.А. Напряжение кислорода в тканях раны в процессе ее заживления / И.А. Абушкин, В.Г. Абушкина, В.А. Привалов //Вестник хирургии им. И.И. Грекова, 2002.– Т. 161, № 1. – С.51-54.

2. Артыков К.П. Чрескожное определение напряжения кислорода в свободных лоскутах / К.П. Артыков, В.В. Мычко-Мегрин, Н.И. Антохий // Проблемы микрохирургии. – М, 1985. – С.70-71
3. Беневоленский Д.С. Транскутанная оксиметрия, как метод оценки состояния местного кровоснабжения / Д.С. Беневоленский //Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2007. – Т. 6, № 1 (21). – С.30-31.
4. Гипербарическая оксигенация в системе лечения по методу Илизарова больных с открытыми переломами / И.И. Мартель [и др.] // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. – 2003. – Т. 162, № 6. – С.35-39.
5. Динамика кровоснабжения и костного регенерата в период лечения переломов различных костей и при оперативном удлинении конечности / В.А.Щуров [и др.] // Медицинская наука и образование Урала, 2013. –Т.14, №3(75). – С.69-71.
6. Долганова Т.И. Диагностическая значимость ишемической пробы в оценке газового состава тканей при их травматическом или врожденном повреждении / Т.И. Долганова// Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2005. – Т. 4, № 4(16). – С.32-37.
7. Долганова Т.И. Оценка газового метаболизма тканей у больных с открытыми переломами / Т.И.Долганова //Российский физиологический журнал. – 2004. – Т. 90, № 8. – С.432-433.
8. Клиническая ангиология: руководство для врачей : в 2-х т. / под. ред. А.В. Покровского. – М.: ОАО «Издательство «Медицина», 2004. –Т.1. – С.219-221.
9. Клэйес А. Исследование микроциркуляции у больных с критической ишемией / А. Клэйес, К. Ктенидис, С. Хорш // Ангиология и сосудистая хирургия. – 1995. – № 2. – С.59.
10. Миланов Н.О. Значение полярографии в контроле за жизнеспособностью свободных составных лоскутов / Н.О. Миланов, Н.И. Антохий, З.М. Гайнуллин // Хирургия. – 1989. – №8. – С.51-55.
11. Национальные стандарты оказания помощи больным сахарным диабетом : метод., рекомендации / сост. : И.И. Дедов, М.В. Шестакова, М.А. Максимова. – М, 2002. – 30 с.
12. Определение уровня ампутации конечности у больных окклюзионными заболеваниями периферических артерий методом чрескожного измерения напряжения кислорода / Г.Б. Кабулия [и др.] // Хирургия. – 1990. – №5. – С.72-75.
13. Покровский А.В. Определение степени нарушения региональной микроциркуляции нижних конечностей /А.В. Покровский, А. Чупин // Методология флоуметрии. – 1997. – Вып.1. – С.51-54.
14. Предсказание исхода тяжелой травмы с помощью неинвазивного мониторинга / В. Шумейкер [и др.] // Анестезиология и реаниматология. – 2003. – №6. – С.8-13.
15. Российский консенсус «Диагностика и лечение пациентов с критической ишемией нижних конечностей». – М., 2002. – 40 с.
16. Сапин М.Р. Проблема оценки жизнеспособности мягких тканей в профилактике послеоперационных осложнений при травматических повреждениях конечностей. / М.Р. Сапин, В.Е. Милюков, С.В. Полунин // Анналы хирургии. – 2009. – №1 – С. 16-18.
17. Стогов М.В. Генезис гипоксических состояний у пациентов с открытыми переломами костей голени в динамике лечения по методу Илизарова /М.В. Стогов, Т.И. Долганова, И.И. Мартель // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2012. – №1. – С.72-75.
18. Хирургическое лечение варикозной болезни нижних конечностей, осложненной хронической венозной недостаточностью / Б.Г. Безбородный [и др.] // Хирургия Украины, 2008. – №2(26). – С.047-051.
19. Шевцов В.И. Чрескожное определение напряжения кислорода и углекислого газа у больных с облитерирующим атеросклерозом сосудов нижних конечностей / В.И. Шевцов, Е.Н. Щурова, В.А. Щуров //Вестник Хирургии. – 1999. – Т.158, № 3. – С.30-33.
20. Щуров В.А. Особенности кислородного режима в тканях при оперативном удлинении конечности / В.А. Щуров, Н.В. Сазонова, Е.В. Николайчук // Гений ортопедии. – 2001. – №2. – С.55-58.
21. Щуров И.В. Полярографический контроль кровоснабжения тканей при лечении перело-

мов костей голени / И.В. Щуров, С.П. Бойчук, В.А. Щуров // Гений ортопедии. – 2008.– №2. – С.13-15.
22. Щурова Е.Н. Динамика чрескожного напряжения кислорода и углекислого газа при проведении ишемической пробы в норме и в условиях хронической ишемии конечности / Е.Н. Щурова // Физиология человека – 2000. – Т.26, №3. – С.79-83.
23. Щурова Е.Н. Оценка газового режима поврежденных тканей / Е.Н. Щурова, Т.И. Долганова, С.Н. Лунева // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. – 2004. – №1. – С.22-24.
24. Achauer B.M. Transcutaneous P02 in flaps: a new method of survival prediction / B.M.Achauer, K.S.Black, D.K.Litre // Plast. Reconstr. Surg. – 1980. – Vol.65, №6. – P.761-765.
25. Baldwin K.M. Transcutaneous oximetry and skin surface temperature as objective measures of pressure ulcer risk / K.M. Baldwin //Adv Skin Wound Care. – 2001. – Jan-Feb;14(1). – P.26-31.
26. Determination of reference ranges for transcutaneousoxygen and carbon dioxide tension and the oxygen challenge test in healthy and morbidly obese subjects./ B.K.Nishiguchi [et al.] // J Surg Res. – 2008. – Dec, 150 (2) – P. 2010-2011.
27. Effects of hyperbaric oxygen therapy on perfusion parameters and transcutaneous oxygen measurements in patients with intramedullary nailed tibial shaft fractures / T. Lindstrom [et al.] // Undersea Hyperb. Med. – 1998. – Vol.25, №2. – P. 87-91.
28. Evaluation of transcutaneous CO2 responses following acute changes in PaCO2 in healthy subjects. / S.Fuke [et al.] // Respirology. – 2009. – Apr;14(3). –P. 436-442.
29. Fanconi S. Long-term transcutaneous monitoring of oxygen tension and carbon dioxide at 42° in critically ill neonates: improved performance of the $tcpo_2$ monitor with topical metabolic inhibition / S. Fanconi, A. Tschupp, L. Molinari // European Journal of Pediatrics. – 1996. – T.155, №12. – P.1043-1046.
30. Fanconi S. Transcutaneous carbon dioxide and oxygen tension in newborn infans: reliability of a combined monitor of oxygen tension and carbon dioxide tension / S. Fanconi, H. Sigrist // J. Clin. Monitor. – 1988. – Vol. 4, № 2. – P.103-106.
31. Got I. Transcutaneous oxygen pressure ($Tcp0_2$): advantages and limitations / I. Got // Diabetes Metab. – 1998. – Vol. 24, №4. – P. 379-384.
32. Hemodynamic and oxygen transport patterns after head trauma and brain death: implications for management of the organ donor. / H. Belzberg [et all.] // J. Trauma, 2007. – Nov;63(5). – P. 1032-1042.
33. Leg tissue perfusion in simple tibial shaft fractures treated with unreamed and reamed / T. Lindstrom [et al.] // J. Trauma, 1997. – Vol. 43, № 4. – P.636-639.
34. Rithalia S.V. Comparison of transcutaneous oxygen and carbon dioxide monitors in normal adults and critically ill patients / S.V. Rithalia, P. Farrow, B.R. Doran // Intensive Crit. Care Nurs. – 1992. –Vol. 8, №1. – P.40-46.
35. Tingay D.G. Monitoring of end tidal carbon dioxide and transcutaneous carbon dioxide during neonatal transport / D.G. Tingay, M.J. Stewart, C.J. Morley // Arch. Dis. Child. Fetal Neonatal Ed. – 2005. – Vol. 90, №6. – P.523-526.
36. Tissue perfusion after intramedullary nailing of tibial shaft fracture /T. Lindstrom [et al.] // Ann. Chir. Gynaecol. – 1998. – Vol. 87, № 4. – P.317-320.
37. Transcutaneous carbon dioxide tension for the evaluation of limb ischemia / 1. Sugimoto [et al.] // Surg. Today. – 2009. – Vol. 39, №1. – P.9-13.
38. Transcutaneous oxygen tension as predictor of wound healing / F.T. Matscn [et al.] // J. Rehabil. Res. Dev. – 1986. – Vol. 24, №1. – P.234-235.
39. Transcutaneous oxygen tension in subjects with tetraplegia with and without pressure ulcers: a preliminary report / M.H.Liu [et al.]// J.Rehabil Rea Dev, 1999. - Jul; 36(3). –P.202-206.
40. Transcutaneous oxygen tension in subjects with tetraplegia with and without pressure ulcer : a preliminary report / M.N. Liu [et al.] // J. Rehabil. Res. Dev. – 1999. – Vol. 36, №3. – P.202-206.
41. Transcutaneous $p0_2$: a potential monitor of the status of replanted limb parts / F.A. Matscn [et al.] // Plast. Reconstr. Surg. – 1980. – Vol. 65, №6. – P.732-737.

42. Transcutaneous $p0_2$ measurement in compound fractures / A. Seekamp [et al.] // Eur. J. Emerg. Med. – 1995. – Vol. 2, №2. – P.69-74.
43. Transcutaneous partial pressure of oxygen after surgical wounds / R. McPhail [et al.] // Vase. Med., 2004. – Vol. 9, №2. – P.125-127.
44. Transcutaneous $p0_2$ measurement in follow-up of severe soft tissue injuries of open fractures / A. Seekamp [et al.] // Zentralbl. Chir. – 1995. – Bd.120, H.l.S. – P.16-21.
45. Wutschert R. Utilite clinique de la mesure transcutanee de la pression partielle d'oxygene / R. Wutschert, O. Bongard, H. Bounameaux // STV : Sang, thrombose, vaisseaux. – 1998. – Vol. 10, №9. – P. 581-585.