## ВЕСТНИК ИНТЕНСИВНОЙ ТЕРАПИИ ИМЕНИ А.И.САЛТАНОВА, 2018 Г., № 3 $\Phi$ УНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИТ

## ВОЗМОЖНОСТИ ОЦЕНКИ РЕГИОНАРНОГО ЧРЕСКОЖНОГО ГАЗООБМЕНА В КРИТИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНЕ. СООБЩЕНИЕ 2

К.А.  $\Lambda$ евшанков<sup>1</sup>, А.И.  $\Lambda$ евшанков<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Госпиталь Святой Елены, Ливерпуль, Великобритания <sup>2</sup> Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

В настоящей статье представлены изменения регионарного чрескожного газообмена (РЧкГ) при хронических и острых тяжелых нарушениях кровообращения в нижних конечностях у пациентов до, во время анестезии и операции, в ближайшем послеоперационном периоде. У 36 здоровых и 146 пациентов с облитерирующим атеросклерозом сосудов нижних конечностей (ОАСНК) в различной стадии (до, во время анестезии и операции, в ближайшем послеоперационном периоде) проведено более 600 исследований РЧкГ с помощью разработанных с нашим участием масс-спектрометра МХ-6203 и малогабаритных контейнеров. Определены: 1) зависимость РЧкГ от участка тела и возраста, стадии ОАСНК, степени острого нарушении кровообращения в конечности и эффективности его устранения; 2) влияние общей, эпидуральной анестезии и аналгезии на РЧкГ, состояние пациента и периферическое кровообращение; 3) изменения РЧкГ при симпатэктомии и аорто-бедренном бифуркационном шунтировании.

• *Ключевые слова*: регионарный чрескожный газообмен, масс-спектрометрия, малогабаритные контейнеры, облитерирующий атеросклероз сосудов нижних конечностей, общая анестезия и аналгезия; до, в течение и после операции.

**Для корреспонденции:** Левшанков Анатолий Ильич — д-р мед. наук, профессор кафедры анестезиологии и реаниматологии; e-mail: anlev@inbox.ru

Для цитирования: Левшанков К.А., Левшанков А.И. Возможности оценки регионарного чрескожного газообмена в критической медицине. Сообщение 2. Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова. 2018;3:30–8.

## POSSIBILITIES FOR EVALUATING REGIONAL TRANSCUTANEOUS GAS EXCHANGE IN CRITICAL MEDICINE. MESSAGE 2

K.A. Levshankov<sup>1</sup>, A.I. Levshankov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> St. Helens Hospital, Liverpool, United Kingdom

<sup>2</sup> Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

This article presents changes in regional transcutaneous gas exchange (RTCGE) in chronic and acute severe circulatory disorders in the lower extremities in patients before, during anaesthesia and surgery, and in the immediate postoperative period. In 36 healthy and 146 patients with obliterating atherosclerosis of the vessels of the lower limbs (OAVLL) in different stages of before, during anaesthesia and surgery and in the immediate postoperative period, more than 600 studies of RTCGE were performed using the MX-6203 mass spectrometer and small containers developed with our participation. The following were determined: 1) the dependence of RTCGE on body part and age, OAVLL stage, the degree of acute circulatory disturbance in the limb and the effectiveness of surgical correction; 2) the effect of general, epidural anesthesia and analgesia on RTCGE, the patient's condition and peripheral circulation); 3) changes in RTCGE after sympathectomy and aorto-bifemoral bypass.

Keywords: regional transcutaneous gas exchange, mass spectrometry, small-sized containers, obliterating atherosclerosis
of the vessels of the lower limbs, general anaesthesia and analgesia; before, during and after surgery

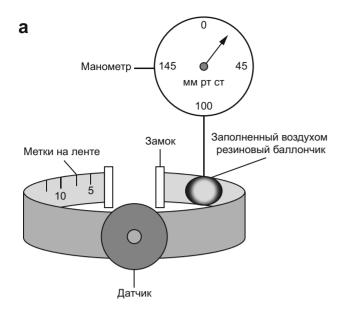
For correspondence: Levshankov Anatoly Ilich — DMS, Professor in the Department of Anaesthesiology and Reanimatology; e-mail: anlev@inbox.ru

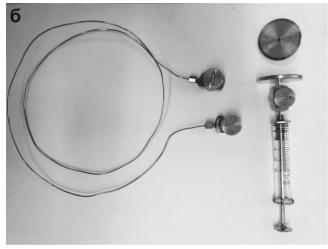
For citation: Levshankov KA, Levshankov AI. Possibilities for evaluating regional transcutaneous gas exchange in critical medicine. Message 2. Alexander Saltanov Intensive Care Herald. 2018;3:30–8.

DOI: 10.21320/1818-474X-2018-3-30-38

**Актуальность.** В доступной нам литературе научных работ, посвященных исследованию регионарного чрескожного газообмена (РЧкГ), с определением его основных показателей

(чрескожное поглощение кислорода —  $VtcO_2$ , выделение углекислого газа —  $VtcCO_2$ , чрескожный дыхательный обменный коэффициент — RQtc) на малых участках поверх-







**РИС. 1.** Принципиальная схема бесклапанного контейнера (a), общий вид контейнера со шприцем и приемника без шприца и со шприцем ( $\delta$ ,  $\delta$ ) для разделения сбора, хранения и переноса собранных газов с последующим их анализом с помощью масс-спектрометра

ности кожи с использованием масс-спектрометрии у пациентов до, во время и после операции, нами не обнаружено. Ранее опубликованные наши исследования [1–4] оказались недоступными или незамеченными. Важность этой проблемы для клинической медицины, в том числе для хирургов и анестезиологов, инициировала написание этой статьи с представлением итогов ранее проведенных наших исследований, которые в таком виде не были опубликованы.

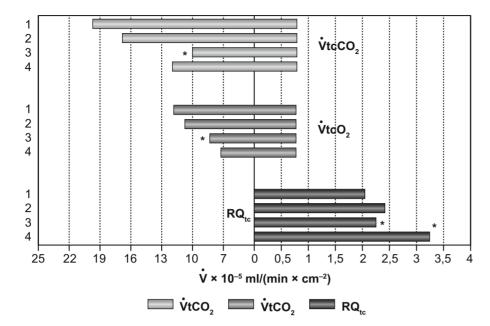
Материалы и методы. Обследовано 36 здоровых лиц и 146 пациентов с облитерирующим атеросклерозом сосудов нижних конечностей (ОАСНК) различной степени тяжести при оказании им анестезиологической и реаниматологической помощи до, во время и в ближайшем послеоперационном периоде [2]. Было проведено более 600 исследований РЧкГ и обработано более 11 000 показателей. С помощью разработанных с нашим участием радиочастотного масс-спектрометра и масс-спектрометрических устройств (представленных в предыдущей статье [5]) исследовали РЧкГ малых участков поверхности тела в динамике на фоне общепринятого обследования и лечения. Для исследования РЧкГ в основном применяли усовершенствованный бесклапанный контейнер (рис. 1).

### Результаты

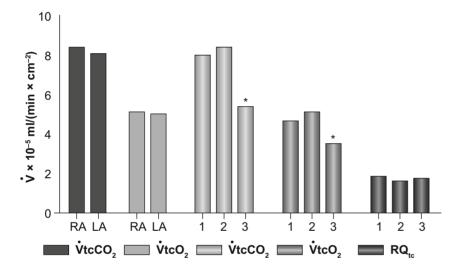
# 1. РЧкГ в зависимости от участка тела, возраста и стадии общего атеросклероза сосудов нижних конечностей (ОАСНК)

Регионарный чрескожный газообмен на лбу определяли у 27 здоровых людей и 7 пациентов с ОАСНК. Выявлено, что РЧкГ на лбу с возрастом снижается (от 22 до 33 лет — тенденция к снижению, > 48 лет — существенное снижение). У пациентов с ОАСНК (1—4-й стадий) по сравнению со здоровыми людьми одного и того же возраста существенного изменения РЧкГ на лбу не выявлено. Отмечена лишь тенденция к увеличению  $\dot{V}$ tcCO $_2$  и уменьшению  $\dot{V}$ tcO $_2$ . В связи с этим существенно возрастает RQtc (рис. 2).

Анализ результатов исследования РЧкГ на правом (RA) и левом (LA) предплечье у 66 здоровых лиц возраста 23  $\pm$  0,99 и 48  $\pm$  1,4 года и у 13 пациентов с ОАСНК 4-й стадии, средний возраст 49 лет, позволил сделать следующее заключение. У здоровых РЧкГ на симметричных точках предплечий существенно не различается. У пациентов ОАСНК 4-й стадии по сравнению со здоровыми людьми такого же возраста РЧкГ на предплечье суще-



**РИС. 2.** Изменение регионарного чрескожного газообмена на лбу у здоровых людей и пациентов с ОАСНК: 1, 2, 3 — здоровые, средний возраст 24, 33 и 48 лет; 4 — пациенты, средний возраст 47 лет \* p < 0.05 при сравнении 2, 3 с 1 и 4 с 3.



ственно снижается ( $\dot{V}tcCO_2$  на 56 %,  $\dot{V}tcO_2$  на 42 %). При этом RQtc существенно не изменяется (рис. 3).

РЧкГ на голенях определяли у 18 здоровых людей и 62 пациентов с ОАСНК в различной стадии нарушения кровообращения. Анализ результатов исследований (рис. 4) показал, что, по сравнению со здоровыми людьми, на голенях: 1) в 1-й стадии ОАСНК  $VtcCO_2$  увеличивается в более пораженной нижней конечности в 2,6 раза и в менее пораженной — в 1,8 раза; 2) по мере увеличения стадии заболевания  $VtcCO_2$  снижается, но во 2-й и 3-й стадиях остается выше, чем у здоровых; 3) в 4-й стадии  $VtcCO_2$  становится ниже величин здоровых и в большей степени — в более пораженной конечности; 4) в 3-й и 4-й стадиях нет существенных различий  $VtcCO_2$ ; 5) дисперсионный анализ выявил высокую связь  $VtcCO_2$  (LA) и стадии заболевания (F = 28,13).

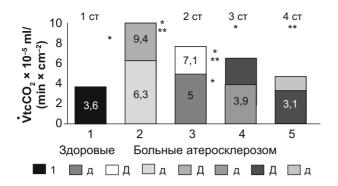
При оценке  $VtcO_2$  у здоровых лиц и пациентов с ОАС-НК выявлены те же изменения и закономерности, что и по  $VtcCO_2$  (рис. 5). Однако по сравнению со здоровыми увеличение  $VtcO_2$  (L) при ОАСНК в 1, 2 и 3-й стадиях было меньшим (на 115, 69 и 23 %), чем  $VtcCO_2$  (L).

Таким образом, по величинам РЧкГ при ОАСНК по сравнению со здоровыми людьми можно выделить период компенсации (когда РЧкГ больше, чем у здоровых) и период декомпенсации (РЧкГ равен или ниже, чем у здоровых).

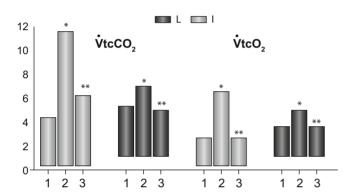
# 2. Изменение показателей РЧкГ на голени при остром нарушении кровообращения в нижних конечностях

### 2.1. Влияние пережатия брюшной аорты на РЧкГ

У пациентов при аорто-бедренном бифуркационном шунтировании (АББШ) после пережатия брюшной аорты  $\dot{V}tcO_2$  и  $\dot{V}tcCO_2$  возрастают на более пораженной голени (L) в меньшей степени (на 43 и 30 %), чем на менее пораженной (I) (на 75 и 45 %). В первые сутки после эффективной операции РЧкГ  $\dot{V}tcCO_2$  существенно снижается по сравнению с этапом до ишемии (рис. 6).



**РИС. 4.** Сравнительная оценка  $\dot{\text{VtcCO}}_2$  на голени 18 здоровых людей (I) и 62 пациентов с ОАСНК 1–4-й стадий заболевания (2–5) с менее ( $\partial$ ) и более ( $\mathcal{A}$ ) пораженной нижней конечностью \* p < 0,05 при сравнении 2, 3, 4, 5 с I; \*\* p < 0,05 при сравнении более пораженной конечности ( $\mathcal{A}$ ) с менее пораженной ( $\partial$ ).

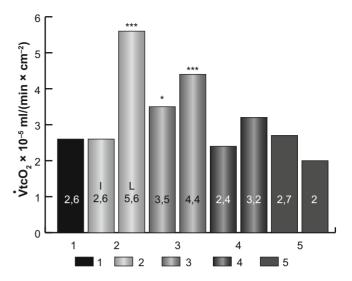


**РИС. 6.** Изменение регионарного чрескожного газообмена на голенях у пациентов во время и после аорто-бедренного бифуркационного шунтирования в условиях общей анестезии и искусственной вентиляции легких: I — перед ишемией; 2 — ишемия конечности 60 мин; 3 — 1-е сутки после операции \* p < 0.05 при сравнении 2, 3 с 1; \*\* p < 0.05 при сравнении 3 с 2.

Эти данные подтверждают предыдущее исследование — зависимость РЧкГ от кровообращения в конечности. После эффективной операции  $\dot{V}tcCO_2$  существенно снижается по сравнению с этапом до ишемии, т. к. улучшились кровообращение и газообмен кожи изнутри, поэтому компенсация снаружи снизилась.

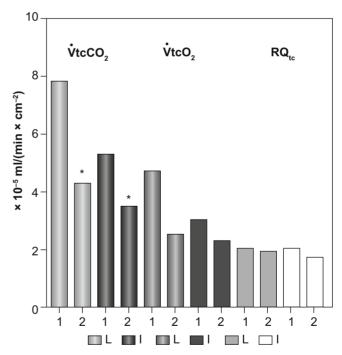
### 2.2. Изменение показателей РЧкГ на голени при остром тромбозе бедренной артерии

У пациентов с ОАСНК после АББШ при остром тромбозе бедренной артерии РЧкГ на голенях существенно увеличивается, в более значительной степени — на поврежденной конечности, чем на ноге без тромбоза. После рециркуляции показатели РЧкГ возвращались почти к исходному уровню (рис. 7). При этом RQtc существенно не изменялся. Таким образом, и в этом случае при остром нарушении кровообращения изнутри компенсаторно резко возрастает РЧкГ из атмосферы.



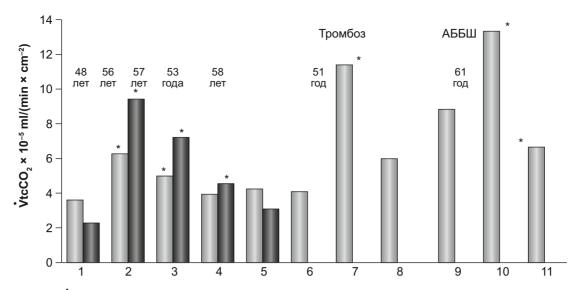
**РИС. 5.** Сравнительная оценка  $\dot{\text{VtcO}}_2$  на голени здоровых людей (*I*) и пациентов с ОАСНК 1–4-й стадий заболевания (*2*–5) с менее (*l*) и с более (*L*) пораженной нижней конечностью

\* p < 0,05 при сравнении 2, 3, 4, 5 с 1; \*\* p < 0,05 при сравнении более пораженной конечности (L) с менее пораженной (l).

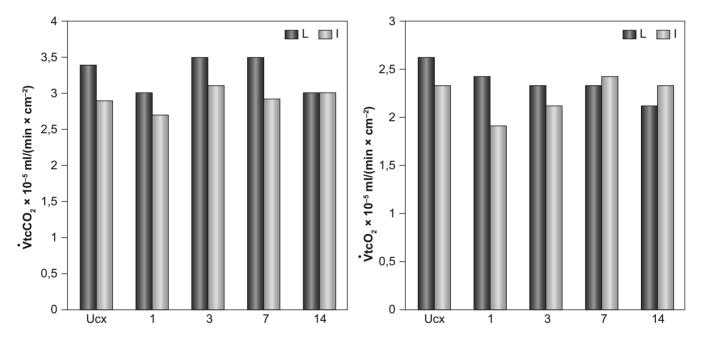


**РИС.** 7. Изменение показателей регионарного чрескожного газообмена на голени при остром тромбозе бедренной артерии (L) и на голени без тромбоза (l): l — до тромбоза; 2 — во время тромбоза; 3 — после удаления тромба \* p < 0,05 при сравнении 2 с 1.

Следует отметить, что при остром послеоперационном тромбозе и пережатии магистральных сосудов при АББШ РЧкГ быстро и в большей степени увеличивается, а при восстановлении кровотока — нормализуется, чем при ОАСНК 1-й стадии (рис. 8).



**РИС. 8.** Изменение  $\dot{\text{V}}$ tcCO $_2$  на голени в зависимости от патологии: 1 — здоровые люди; 2–5 — пациенты с ОАСНК 1–4-й стадий; 6–8 — после аорто-бедренного бифуркационного шунтирования, острого тромбоза после операции и восстановления кровотока; 9–11 — до операции, 60 мин ишемии и восстановления кровотока \* p < 0,05 при сравнении 2, 3, 4, 5 c 1; 7, 8 c 6; 6, 10, 11 c 9.



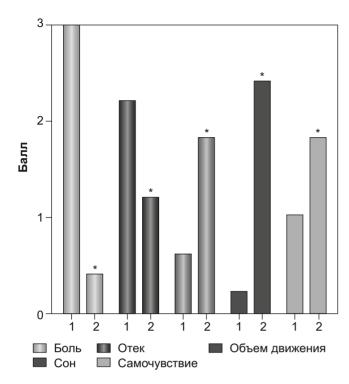
**РИС. 9.** Влияние эпидуральной аналгезии в течение 14 суток на регионарный чрескожный газообмен у пациентов 3–4-й стадий ОАСНК

# 3. Влияние эпидуральной аналгезии и анестезии на РЧкГ, состояние пациента и периферическое кровообращение при ОАСНК

Эпидуральная аналгезия (ЭАн). Исследование проведено у 28 пациентов с ОАСНК 1–2-й стадий и у 30 — 3–4-й стадий заболевания. В эпидуральное пространство вводили 5 мл 2 % раствора лидокаина каждые 2 ч (за исключением периода с 22:00 до 8:00, когда вводили 0,5 мг морфина) в течение 14 суток. Выявлено, что у пациентов с ОАСНК 3–4-й стадий даже длительная ЭАн на 1, 3, 7 и 14-е сутки

существенно не влияет на РЧкГ, имеется лишь тенденция к снижению  $\dot{V}tcCO_2$  и  $\dot{V}tcO_2$  (рис. 9), несмотря на положительную динамику клинических признаков: уменьшаются боль и отек в нижних конечностях, увеличивается объем их движения, улучшаются сон и самочувствие пациента (рис. 10).

Эпидуральная анестезия (ЭА). Результаты исследования РЧкГ у 17 пациентов с ОАСНК 1–2-й стадий до и после ЭА (рис. 11) позволяют сделать следующее заключение. У пациентов 1–2-й стадий ОАСНК через 10 минут после ЭА существенно снижается РЧкГ на более пораженной конечности (L —  $VtcCO_2$  на 45 % и  $VtcO_2$  на 47 %),



**РИС. 10.** Изменение клинических признаков у пациентов с ОАСНК при сравнении через 14 суток эпидуральной аналгезии (2) с исходными данными (1) \*p < 0.05 при сравнении показателей через 14 суток эпидуральной аналгезии (2) с исходными данными (1).

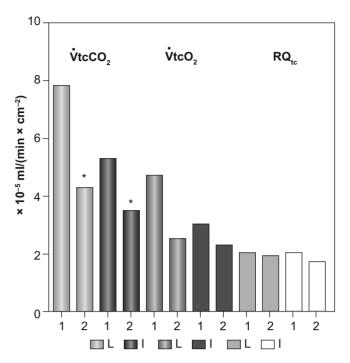
в меньшей степени — на менее пораженной конечности (I —  $\dot{\rm V}$ tcCO $_{\rm 2}$  на 34 % и  $\dot{\rm V}$ tcO $_{\rm 2}$  на 23 %), RQtc на обеих конечностях изменялся несущественно.

Анализ результатов исследования до (1) и после (2) ЭА у 22 пациентов 1—4-й стадий ОАСНК показал, что у пациентов 1—2-й стадий с увеличением объемной скорости кровотока (ОСК) после эпидуральной анестезии  $\dot{V}tcCO_2$  и  $\dot{V}tcO_2$  значительно уменьшались, а при 3—4-й стадиях ОСК и РЧкГ существенно не изменялись (рис. 12). Таким образом, имеется прямая пропорциональная зависимость РЧкГ от ОСК. Это позволяет на основании оценки РЧкГ быстро и неинвазивно определить степень нарушения кровообращения в нижних конечностях и характер оперативного вмешательства у пациента.

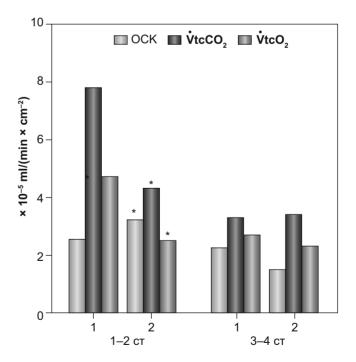
# 4. Регионарный чрескожный газообмен при анестезиологическом обеспечении операций

### 4.1. Симпатэктомия

Оценка РЧкГ произведена у 48 пациентов с ОАСНК при различных стадиях заболевания: 1) до и после симпатэктомии; 2) во время аорто-бедренного бифуркационного шунтирования (АББШ) в условиях общей анестезии с ИВЛ; 3) при АББШ в условиях эпидуральной анестезии и спонтанного дыхания. Анализ результатов исследования позволяет сделать следующие заключения. У пациентов 1—2-й стадий после симпатэктомии VtcCO<sub>2</sub> и VtcO<sub>2</sub> суще-

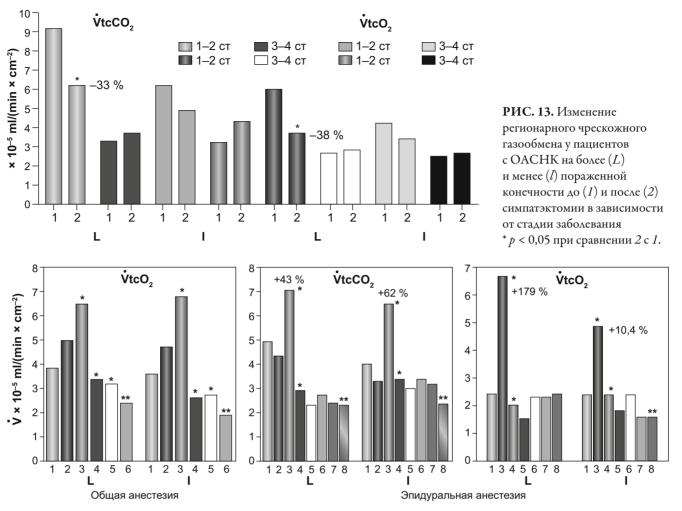


**РИС. 11.** Изменение показателей регионарного чрескожного газообмена на более (L) и менее (l) пораженной конечности у пациентов 1–2-й стадий ОАСНК до (l) и после (2) эпидуральной анестезии \* p < 0.05 при сравнении показателей через 10 мин после эпидуральной анестезии (2) с исходными данными (1).



**РИС. 12.** Изменение объемной скорости кровотока, регионарного чрескожного газообмена у пациентов с ОАСНК 1–2-й и 3–4-й стадий на более пораженной конечности до (1) и после (2) эпидуральной анестезии (n=22)

\* p < 0.05 при сравнении показателей через 10 мин после эпидуральной анестезии (2) с исходными данными (1).



**РИС. 14.** Влияние общей и эпидуральной анестезии на регионарный чрескожный газообмен. Общая анестезия: I — исходное состояние; 2 — после введения в анестезию; 3 — 60 мин ишемии; 4, 5 — 3-и, 5-е сутки после операции; 6 — при выписке (\* p < 0,05 при сравнении 2, 3 с 1; 4, 5 с 3; \*\* p < 0,05 при сравнении 6 с 1). Эпидуральная анестезия: 1 — исходное состояние; 2 — после эпидуральной анестезии; 3 — 60 мин ишемии; 4 — 40 мин после операции; 5 — после анестезии; 6, 7, 8 — 3-е, 5-е сутки после операции и при выписке (\* p < 0,05 при сравнении 2, 3 с 1; 4 с 3; 5, 6, 7 с 4; \*\* p < 0,05 при сравнении 8 с 1)

ственно уменьшились на более пораженной конечности (на 33 и 38 %), а на менее пораженной наблюдалась тенденция к снижению. При 3–4-й стадиях РЧкГ существенно не изменялся (рис. 13), что подтверждает значимость определения эффективности эпидуральной аналгезии перед операцией.

### 4.2. Аорто-бедренное бифуркационное шунтирование (АББШ)

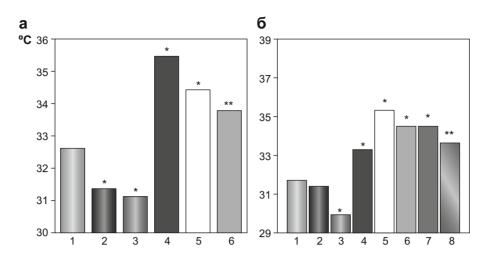
Анализ результатов исследования РЧкГ при АББШ в условиях общей анестезии (нейролептаналгезия с ИВЛ) показал (рис. 14), что после вводной анестезии и интубации (2) имеется тенденция к повышению РЧкГ, а при эпидуральной анестезии (2) — к уменьшению на более (L) и менее (I) пораженных конечностях. Через 60 мин ишемии (3) РЧкГ существенно возрастает по сравнению с исходным состоянием ( $VtcO_2$  в большой степени, чем  $VtcCO_2$ ). Через 40 мин после АББШ (I) РЧкГ конечностей уменьшается ниже величин исходного состояния, а перед выпиской (I8) наблюдается дальнейшее снижение  $VtcO_2$  и  $VtcCO_2$ .

# 5. Изменение температуры кожи, SO<sub>2</sub> (v–L) на пораженной конечности при аорто-бедренном бифуркационном шунтировании в условиях общей и эпидуральной анестезии

При эпидуральной анестезии направленность изменения температуры кожи голени, как и при общей анестезии, одинаковая. На более пораженной конечности перед пережатием аорты и 60 мин ишемии она снижалась, а при восстановлении кровотока — возрастала и оставалась выше исходной на 1-е, 5-е сутки после операции и при выписке (рис. 15).

### Обсуждение

Мы не хотели, чтобы у читателя сложилось ложное представление, что спонтанное компенсаторное возрастание чрескожного газообмена может стать существенной дополнительной доставкой кислорода тканям и элиминацией из них  $\mathrm{CO}_2$ . Из наших исследований вытекает более важная значимость контроля РЧкГ при различных



**РИС. 15.** Изменение температуры кожи на голени более пораженной конечности у пациентов с ОАСНК при аорто-бедренном бифуркационном шунтировании в условиях общей и эпидуральной анестезии. (a) Общая анестезия: 1 — исходное состояние; 2 — после введения в анестезию; 3 — 60 мин ишемии; 4, 5 — 3-и, 5-е сутки после операции; 6 — при выписке (\* p < 0,05 при сравнении 2, 3 с 1; 4, 5 с 3; \*\* p < 0,05 при сравнении 6 с 1). (6) Эпидуральная анестезии; 1 — исходное состояние; 2 — после эпидуральной анестезии; 3 — 60 мин ишемии; 4 — 40 мин после операции; 5 — после анестезии; 6, 7, 8 — 3-е, 5-е сутки после операции и при выписке (\* p < 0,05 при сравнении 2, 3 с 1; 4 с 3; 5, 6, 7 с 4; \*\* p < 0,05 при сравнении 8 с 1)

патологических состояниях, особенно при нарушении или искусственном изменении регионарного кровообращения. Мы подтверждаем значимость контроля регионарного газообмена через кожу и слизистые оболочки наряду с другими их многообразными функциями при диагностике и лечении различных патологических состояний.

В предыдущей статье [6] показана кратко анатомия и физиология кожи, важность для организма чрескожного газообмена совместно с другими многообразными функциями кожи. Представлены факторы, влияющие на чрескожное поглощение кислорода и выделение углекислоты. В норме, по данным различных авторов, эпидермис обеспечивается кислородом в большей части «извне» и меньше — «изнутри». Механизм чрескожного газообмена — диффузия газов в результате разности парциальных давлений газов в атмосфере и в коже. Интенсивность РЧкГ зависит от многих факторов, представленных в данной работе, а также в предыдущей статье [6]. Однако большая часть кожи (дерма) получает кислород «изнутри» благодаря разветвленной сети капилляров. Поэтому РЧкГ изменяется в зависимости от состояния регионарного кровообращения (что подтверждено представленными нами результатами).

В работе [5] представлены наши исследования по разработке первых отечественных медицинских масс-спектрометров и масс-спектрометрических устройств, методика исследования газообмена через кожу и слизистые оболочки. Приходится только сожалеть, что в связи с перестройкой в нашей стране на многие годы эта работа, как и многие другие, прекратилась. И только в последние два года мы опять приступили к изучению этой области. Однако до сих пор исследования и тем более внедрение в практику контроля регионарного чрескожного газообмена остаются почти недоступными из-за отсутствия современных отечественных медицинских масс-спектрометров и датчиков (малых контейнеров) для исследования РЧкГ.

В настоящей статье представлены полученные нами данные у пациентов при ОАСНК до, во время и после эпидуральной аналгезии, симпатэктомии или АББШ в условиях эпидуральной или общей анестезии в сравнении со здоровыми людьми или исходными данными до лечения. Установлено, что РЧкГ усиливается компенсаторно максимально в начале нарушения регионарного кровообращения (1-я стадия ОАСНК), при дальнейшем нарушении кровообращения он начинает снижаться, а в 4-й стадии он ниже уровня РЧкГ здоровых лиц. Эти данные позволяют на основании контроля РЧкГ оценивать степень нарушения регионарного кровотока в нижних конечностях при ОАСНК и определять характер оперативного лечения пациента. Если после эпидуральной аналгезии в течение 14 дней РЧкГ существенно не снижается (3-4-я стадии ОАСНК), симпатэктомия будет неэффективна даже при наличии временного клинического улучшения (уменьшения боли и отека конечностей, увеличения их объема движений, улучшения сна и самочувствия). В этом случае показано АББШ. Это подтверждается существенным снижением РЧкГ на нижних конечностях при симпатэктомии у пациентов 1-2-й стадий ОАСНК, а также при АББШ — при 3-4-й стадиях ОАСНК (свидетельство эффективности хирургического лечения). После АББШ на основании внезапного увеличения РЧкГ на конечности при исключении других причин можно рано диагностировать тромбоэмболическое осложнение. Прекращение кровообращения в конечности при пережатии брюшной аорты во время операции также приводит к резкому компенсаторному увеличению РЧкГ. Следовательно, контроль РЧкГ позволит своевременно выявить острое нарушение кровообращения в нижних конечностях и провести соответствующую коррекцию в лечении пациента.

Рассматриваемая проблема не только актуальна, но и очень многогранна. Поэтому на многие вопросы пока нет ответа, требуются дальнейшие исследования. В част-

ности, как изменится РЧкГ при различных формах острой дыхательной недостаточности, при гипероксии, нарушении вентиляции (гипо- и гипервентиляции), различных методах искусственной респираторной поддержки и прочие. Надеемся, что они будут разрешены.

#### Выводы

- 1. С возрастом регионарный чрескожный газообмен снижается (от 22 до 33 лет тенденция к снижению, с 48 лет существенное уменьшение показателей VtcCO<sub>2</sub>, VtcO<sub>2</sub>).
- 2. При ОАСНК по сравнению со здоровыми людьми РЧкГ значительно изменяется на голенях, меньше на предплечьях и несущественно на лбу.
- 3. По сравнению со здоровыми людьми на голенях VtcCO<sub>2</sub> в 1-й стадии ОАСНК увеличивается в более пораженных нижних конечностях в 2,6 раза и в менее пораженных в 1,8 раза; по мере увеличения стадии заболевания VtcCO<sub>2</sub> снижается, но во 2-й и 3-й стадиях остается выше, чем у здоровых; в 4-й стадии VtcCO<sub>2</sub> становится ниже величин здоровых и в большей степени в более пораженной конечности; дисперсионный анализ выявил высокую связь VtcCO<sub>2</sub> и стадии заболевания (F = 28,13).
- 4. При остром нарушении кровообращения в нижних конечностях (пережатие брюшного отдела аорты во время операции, острый послеоперационный тромбоз) компенсаторно РЧкГ на голенях быстро и в значительной степени повышается, а при восстановлении кровотока — уменьшается, несмотря на обратный характер изменения регионарной температуры. Это подтверждает тесную связь газообмена изнутри со стороны крови и снаружи — через кожу.
- 5. Эпидуральная анестезия неодинаково влияет на кровообращение и газообмен при различных стадиях ОАСНК: в 1–2-й стадиях выявлена обратная зависимость между ОСК и РЧкГ увеличивается ОСК и уменьшаются VtcCO<sub>2</sub> и VtcO<sub>2</sub>. При 3–4-й стадиях эта зависимость не сохраняется: уменьшается незначительно VtcO<sub>2</sub> и мало изменяется VtcCO<sub>2</sub>.
- 6. У пациентов с ОАСНК 3—4-й стадий после продленной (14 суток) эпидуральной аналгезии (5 мл 2 % раствора лидокаина каждые 2 ч, за исключением периода с 22:00 до 8:00, когда вводили 0,5 мг морфина) РЧкГ имеет лишь тенденцию к снижению, при этом клинически уменьшаются боль и отек конечностей, увеличивается объем их движений, улучшаются сон и самочувствие пациента.
- 7. После симпатэктомии у пациентов 1–2-й стадий РЧкГ снижается ( $\dot{V}tcCO_2$  на 33 %,  $\dot{V}tcO_2$  на 38 %), а при 3–4-й стадиях существенно не изменяется.
- 8. У пациентов с ОАСНК перед началом АББШ в условиях эпидуральной анестезии РЧкГ на голенях имеет тенденцию не к возрастанию, как при общей анестезии (нейролептаналгезия с ИВЛ), а к снижению. После восстановления кровотока в конечностях РЧкГ быстро уменьшается с постепенным снижением в последую-

- щие дни, а к моменту выписки из клиники он становится меньше исходного уровня.
- 9. На основании величин показателей РЧкГ можно оценивать степень нарушения регионарного кровообращения и эффективность лечения пациентов.
- 10. С целью оценки степени нарушения регионарного кровообращения и эффективности методов лечения пациента целесообразно при комплексной экспресс-диагностике и мониторинге состояния пациента определять показатели регионарного чрескожного газообмена.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Вклад авторов.** Левшанков К.А. — сбор, обработка материала, написание статьи; Левшанков А.И. — обработка материала, написание статьи, редактирование статьи.

#### ORCID авторов

Левшанков К.А. — 0000-0002-8443-4345 Левшанков А.И. — 0000-0002-2982-1246

### Литература/References

- Левшанков А.И. Экспресс-диагностика нарушений газообмена и контроль его в процессе интенсивной терапии. Дисс. ... д-ра мед. наук. Л., 1982. [Levshankov A.I. Express diagnostics of gas exchange disturbances and its control during intensive therapy. Diss. Dr. Med. Sciences. Leningrad, 1982. (In Russ)]
- 2. Левшанков К.А. Регионарный чрескожный газообмен при эпидуральной аналгезии и анестезии у больных облитерирующим атеросклерозом сосудов нижних конечностей. Дисс. ... канд. мед. наук. Л., 1991. [Levshankov K.A. Regional percutaneous gas exchange during epidural analgesia and anaesthesia in patients with obliterating atherosclerosis of the vessels of the lower limbs. Diss. Cand. Med. Sciences. Leningrad, 1991. (In Russ)]
- 3. Левшанков К.А., Боровских Н.А., Андрущук Ю.В. Изменение некоторых показателей гомеостаза после операций на брюшной аорте в зависимости от метода анестезии. Вестник хирургии. 1991; 3: 92–95. [Levshankov K.A., Borovskich N.A., Andruschuch U.B. Change in some indices of homeostasis after operations on the abdominal aorta, depending on the method of anaesthesia. Vestnik Chirurgii. 1991; 3: 92–95. (In Russ)]
- 4. Левшанков К.А. Масс-спектрометрическая оценка чрескожногогазообмена: шагвпередв проблеме мониторинга тканевой оксигенации. Тезисы докладов. 10-й Всемирный Конгресс анестезиологов, Нидерланды, 1992. [Levshan-kov K.A. Mass spectrometric assessment of transcutaneous gas exchange: a step forward solving the problem of monitoring tissue oxygenation. Abstract, World Federation of Societies of Anaesthesiologists, Netherlands: 1992. (In Russ)]
- Левшанков А.И., Левшанков К.А. Возможности оценки регионарного чрескожного газообмена в критической медицине. Сообщение 1. Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова. 2018; 2: 69–78. [Levshankov A.I, Levshankov K.A. Possibilities for evaluating regional transcutaneous gas exchange in critical medicine. Message 1. Alexander Saltanov Intensive Care Herald. 2018; 2: 69–78. (In Russ)]
- 6. Левшанков А.И., Левшанков К.А. Регионарный чрескожный газообмен: физиологические механизмы и факторы, влияющие на него. Вестник интенсивной терапии им. А.И. Салтанова. 2018; 1: 55–9. [Levshankov A.I., Levshankov K.A. Regional Transcutaneous Gas Exchange: Physiological Mechanisms and Factors Influencing It. Alexander Saltanov Intensive Care Herald. 2018; 1: 55–9. (In Russ)]

Поступила 04.04.2018