



## Оценка оксигенации тканей у детей, находящихся в критическом состоянии

Е. В. ПАРШИН<sup>1\*</sup>, С. А. БЛИНОВ<sup>2</sup>, С. Г. КОНЮХОВА<sup>1</sup>, О. Н. ПУЛЬКИНА<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова  
197022, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6-8

<sup>2</sup>Ленинградское областное государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Детская клиническая больница»  
195009, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Комсомола, д. 6

<sup>3</sup>Научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии  
191036, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Лиговский пр., д. 2-4

Поступила в редакцию 06.11.2025 г.; дата рецензирования 17.12.2025 г.

### РЕЗЮМЕ

**Цель** – сравнить диагностическую и прогностическую эффективность применения коэффициента экстракции кислорода, напряжения кислорода в венозной крови из верхней полой вены и показателя извлекаемости кислорода из артериальной крови для оценки оксигенации тканей у больных педиатрического профиля, находящихся в критическом состоянии.

**Материалы и методы.** Обследовали 28 пациентов педиатрического профиля, находящихся в критическом состоянии. У всех пациентов помимо традиционных показателей кислотно-основного состояния и газов крови оценивали напряжения кислорода в венозной крови, взятой из катетера, находящегося в верхней полой вене непосредственно перед входом в правое предсердие (PcvO<sub>2</sub>), коэффициент экстракции кислорода (OER) и показатель извлекаемости кислорода из артериальной крови (PO<sub>2</sub>(X)). Пробы артериальной крови брали у пациентов в конце 1-х суток после поступления, на 3-и, 5-е и 7-е сутки нахождения в ОРИТ. Анализ данных проводили в двух группах – выживших и умерших пациентах. Для решения поставленной цели исследования был использован множественный корреляционно-регрессионный анализ, задачей которого являлось выявление факторов, объясняющих вариацию зависимой переменной сLact (концентрация лактата в артериальной крови) с последующим построением множественной регрессионной модели.

**Результаты.** Выявили закономерность увеличения концентрации лактата в артериальной крови при снижении значений показателя извлекаемости кислорода из артериальной крови, означающее снижение оксигенации тканей организма и повышении анионного разрыва, скорректированного по альбумину. Расчетный параметр показатель извлекаемости кислорода из артериальной крови PO<sub>2</sub>(X) показал высокую диагностическую и прогностическую эффективность, подтвержденную по результатам множественного корреляционно-регрессионного анализа, дисперсионного анализа и ROC-анализа.

**Заключение.** Построенная многофакторная регрессионная модель прогнозирования значения уровня лактата в артериальной крови, в которую в качестве фактора включился показатель извлекаемости кислорода из артериальной крови, может быть полезна практическим врачам как в определении ведущего фактора развившегося лактат-ацидоза, так и отслеживании динамики изменения уровня лактата в артериальной крови.

**Ключевые слова:** оксигенация тканей, извлекаемость кислорода из артериальной крови, прогнозирование уровня лактата, критическое состояние

**Для цитирования:** Паршин Е. В., Блинов С. А., Конюхова С. Г., Пулькина О. Н. Оценка оксигенации тканей у детей, находящихся в критическом состоянии // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2026. – Т. 23, № 1. – С. 31–41. <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-1-31-41>.

## Evaluation of tissue oxygenation in critically ill pediatric patients

EVGENY V. PARSHIN<sup>1\*</sup>, SERGEY A. BLINOV<sup>2</sup>, SVETLANA G. KONIOUKHOVA<sup>1</sup>, OLGA N. PULKINA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Pavlov University  
6-8, L'va Tolstogo str., Saint Petersburg, Russia, 197022

<sup>2</sup> Leningrad Regional State Budgetary Healthcare Institution «Children's Clinical Hospital»  
6, Komsomola str., Saint Petersburg, Russian Federation, 195009

<sup>3</sup> Research Institute of Phthiopulmonology  
2-4, Ligovsky pr., Saint Petersburg, Russian Federation, 191036

Received 06.11.2025; review date 17.12.2025

### ABSTRACT

**The objective** was to compare the diagnostic and prognostic efficacy of using oxygen extraction coefficient, central venous oxygen tension and oxygen recovery rate from arterial blood for assessing tissue oxygenation in critically ill pediatric patients.

**Materials and methods.** The study involved 28 critically ill pediatric patients, who were admitted in intensive care unit. In addition to traditional acid-base balance and blood gas measurements, all patients were assessed in venous blood from the superior vena cava (PcvO<sub>2</sub>), oxygen extraction coefficient (OER), and oxygen recovery rate from arterial blood (PO<sub>2</sub>(X)). Arterial blood samples were collected at the end of the first day after admission and on the third, fifth, and seventh days of their ICU stay. Patients were divided into two groups: survived and died patients. In order to achieve the goal of our study, multiple correlation regression analysis was used to identify factors explaining changes in the dependent variable, arterial lactate concentration and then to construct a multiple regression model.

**Results.** A pattern of increasing arterial lactate concentration with decreasing oxygen recovery rate from arterial blood was identified, indicating decreased tissue oxygenation and an increase in the albumin-corrected anion gap. The calculated parameter of the arterial blood oxygen extraction rate PO<sub>2</sub>(X) showed high diagnostic and prognostic efficiency, confirmed by the results of multiple correlation-regression analysis, variance analysis and ROC analysis.

**Conclusion.** The constructed multivariate regression model for predicting arterial blood lactate levels, which includes arterial blood oxygen recovery rate as a factor, may be useful for practitioners both in identifying the leading factor in developing lactic acidosis and in monitoring the dynamics of changes in arterial blood lactate levels.

**Keywords:** tissue oxygenation, arterial blood oxygen extraction rate, lactate level prediction, critical condition

**For citation:** Parshin E. V., Blinov S. A., Konioukhova S. G., Pulkina O. N. Evaluation of tissue oxygenation in critically ill pediatric patients. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2026, Vol. 23, № 1, P. 31–41. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-1-31-41>.

\* Для корреспонденции:

Евгений Владимирович Паршин

E-mail: parshin756@gmail.com

\* Correspondence:

Evgeny V. Parshin

E-mail: parshin756@gmail.com

## Введение

Оценка адекватности тканевой оксигенации у больных в критическом состоянии представляет собой одну из наиболее сложных и одновременно чрезвычайно актуальных задач клинической практики. Следует признать, что данных об использовании кислорода, его положительных и отрицательных эффектах в различных клинических ситуациях все еще недостаточно. В последние годы широкое использование кислородотерапии в качестве стандартного мероприятия в рамках оказания неотложной помощи при различных критических состояниях сменилось более взвешенным и избирательным подходом. Настоятельно рекомендуется избегать гипероксии, вызывающей вредные побочные эффекты, связанные с появлением активных форм кислорода, приводящих к вторичному повреждению микроциркуляции. Наряду с этим известно, что при критическом состоянии существуют физиологические механизмы, способные при условии правильного баланса обеспечить адаптацию к умеренной гипоксии, избежать клеточной дисфункции и углубления органной недостаточности даже при циркуляторном шоке.

С целью увеличения глобальной доставки кислорода при лечении шока, терапия традиционно фокусируется на управлении гемодинамикой и чаще всего на оптимизации ударного объема и сердечного выброса. Однако современные исследования, посвященные лечебно-диагностическим вопросам критических состояний, все настойчивее ставят в центр внимания необходимость контроля целевых показателей оксигенации тканей [4, 5].

Неспособность поддерживать адекватный транспорт кислорода к тканям и эффективно использовать его на клеточном уровне, объясняется не только расстройствами системной гемодинамики, но и нарушениями микроциркуляции, изменениями капиллярного кровотока, гетерогенностью микрососудистой перфузии, функциональным шунтированием крови, снижением эффективности извлечения кислорода тканями, митохондриальной дисфункцией [6].

Вопрос диагностики состояния доставки кислорода тканям при циркуляторном шоке неизбежно приводит к необходимости одновременного анализа как глобальных, так и тканецентрированных показателей оксигенации [7]. К сожалению, несмотря на стремительное развитие технологий оценки тканевой оксигенации, их диагностическая эффек-

тивность при циркуляторном шоке пока не показала желаемых результатов. Это связано в первую очередь со многими техническими трудностями. Кроме того, доставка кислорода тканям организма при шоке обусловлена балансом между эффективными реанимационными мероприятиями и патологическими изменениями в организме, такими как гемодилуция, отек тканей, сужение артериол и тампонада венул. В свою очередь, процесс экстракции кислорода на тканевом уровне во многом зависит от наличия микроциркуляторных шунтов и выраженности митохондриальной дисфункции [8]. Учет только указанных выше аспектов еще раз демонстрирует сложность диагностики нарушений оксигенации тканей при циркуляторном шоке.

Не вызывает сомнения, что для клинических целей наиболее полезную информацию можно получить только при использовании нескольких типов измерений. Современная концепция, отражающая показатели физиологического гомеостаза доставки кислорода к тканям на уровнях макро- и микроциркуляции, методики их измерения и основные терапевтические вмешательства, представлена на рис. 1 [9].

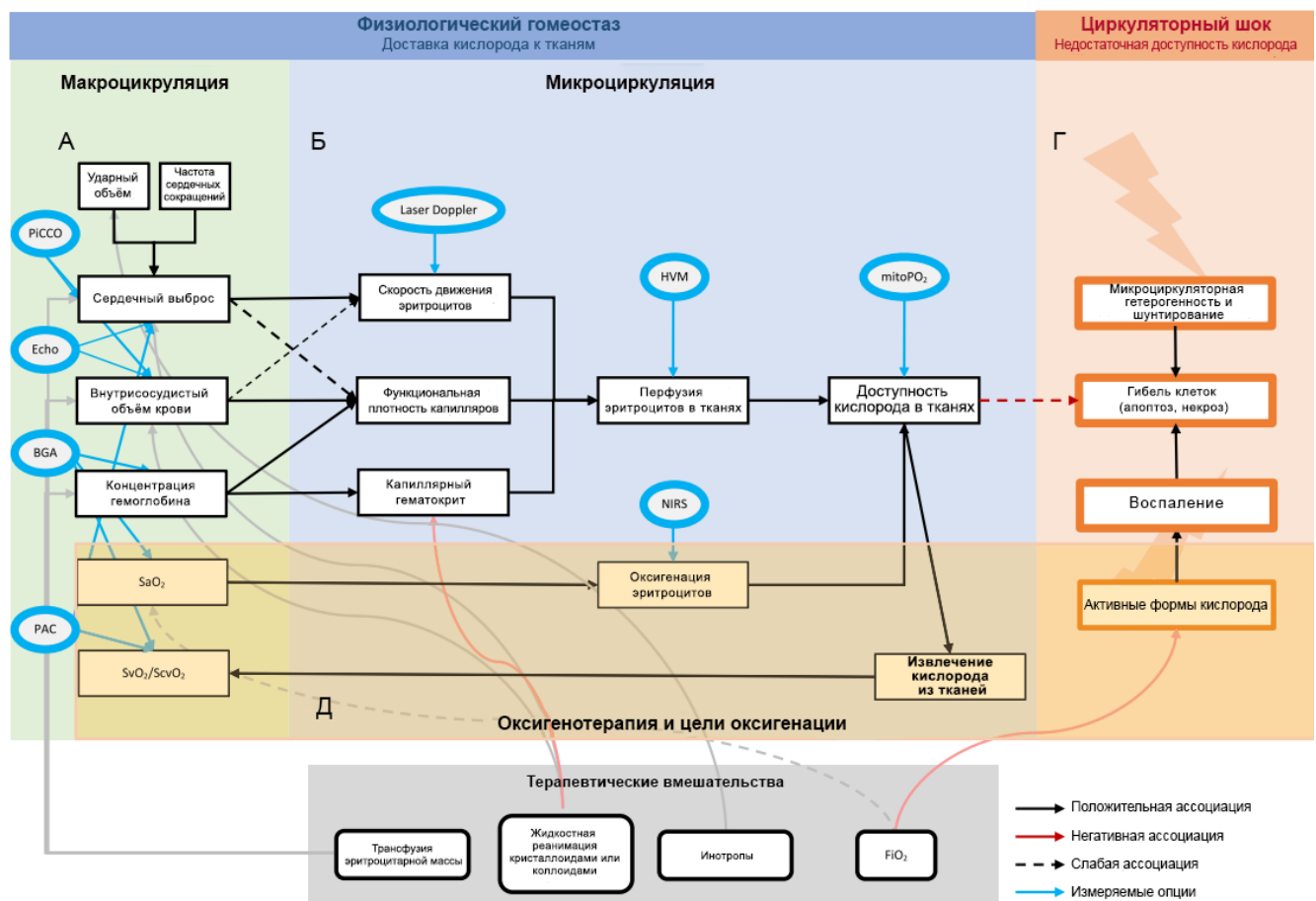
Как видно из рис. 1, доступность кислорода тканям и его извлекаемость из тканей являются одними из ключевых показателей оценки физиологического гомеостаза доставки кислорода при циркуляторном шоке, развивающемся при большинстве критических состояний.

Исследования, посвященные оценке оксигенации тканей у пациентов педиатрического профиля в критическом состоянии, буквально единичны, а оценка диагностической эффективности показателя извлекаемости кислорода из артериальной крови не проводилась, что и побудило к проведению данной работы.

**Цель** – провести сравнение диагностической и прогностической эффективности трех показателей: коэффициента экстракции кислорода, напряжения кислорода в венозной крови из верхней полой вены и показателя извлекаемости кислорода из артериальной крови для оценки оксигенации тканей у больных педиатрического профиля, находящихся в критическом состоянии.

## Материалы и методы

**Дизайн исследования.** Проведено одноцентровое проспективное когортное исследование на базе отделения реанимации и интенсивной терапии анестезиологии-реанимации № 1 Областной дет-



**Рис. 1. Показатели физиологического гомеостаза доставки кислорода к тканям на уровнях макро- и микроциркуляции, методики их измерения и основные терапевтические вмешательства при циркуляторном шоке:** PiCCO – импульсный контурный сердечный выброс; Echo – эхокардиография; BGA – анализ газов крови; PAC – катетер легочной артерии; HVM – ручная микроскопия жизненно важных органов; mitPO<sub>2</sub> – митохондриальный PO<sub>2</sub>; NIRS – спектроскопия в ближней инфракрасной области [9]  
**Fig. 1. Indicators of physiological homeostasis of oxygen delivery to tissues at the levels of macro- and microcirculation, methods of their measurement and basic therapeutic interventions in circulatory shock:** PiCCO – Pulse Contour Cardiac Output; Echo – Echocardiography; BGA – Blood Gas Analysis; PAC – Pulmonary Artery Catheter; HVM – Hand-held Vital Microscopy; mitPO<sub>2</sub> – mitochondrial PO<sub>2</sub>; NIRS – Near-Infrared Spectroscopy [9]

ской клинической больницы (г. Санкт-Петербург), в период с 01.01.2025 г. по 30.09.2025 г., в которое включили 28 пациентов педиатрического профиля, находящихся в критическом состоянии. У всех пациентов помимо традиционных показателей кислотно-основного состояния и газов крови оценивали напряжение кислорода в венозной крови из верхней полой вены (PcvO<sub>2</sub>), коэффициент экстракции кислорода (OER) и показатель извлекаемости кислорода из артериальной крови (PO<sub>2</sub>(X)).

**Критерии включения и исключения.** В исследование включали пациентов старше 1 месяца, но младше 18 лет, не имевших врожденных пороков развития, не перенесших до поступления в ОРИТ остановку сердечной деятельности и имевших оценку в первые 12 часов после поступления по шкале PRISM III 15 баллов и более (для подсчета баллов использовали on-line калькулятор с сайта <https://www.cpscrrn.org/calculators/prismiiicalculator/>).

Не включали пациентов, перенесших остановку сердечной деятельности в первые сутки после поступления, а также пациентов, умерших в течение первых суток после поступления, а также переведенных из ОРИТ в первые сутки после поступления.

Исследование показателей кислотно-основного состояния и кислородного статуса артериальной крови детей в критическом состоянии проводили при помощи анализатора «ABL800 FLEX» «Radiometer», Дания.

Получение для исследования пробы цельной артериальной крови производили путем пункции лучевой артерии. Методика пункции периферической артерии включала:

- обеспечение стабильности состояния пациента в течение как минимум 20 мин до забора пробы крови;
- использование для обезболивания местного анестезирующего крема EMLA;
- проверку непосредственно перед пункцией коллатерального кровоснабжения кисти пациента с помощью модифицированного теста Аллена;
- применение специальных самозаполняющихся устройств с сухим гепарином для пункционного взятия артериальной крови PICO (Samplers PICO);
- избегание преаналитических ошибок, связанных с забором артериальной крови;
- обеспечение экспозиции от момента получения артериальной крови до исследования не более 5 мин благодаря реализации методологии

организации экстренного лабораторного обеспечения в ОРИТ ОАР № 1 «Анализ по месту лечения (Point-of-care-testing)».

Значения расчетных показателей кислородного статуса артериальной крови генерировались автоматически на основе формул, заложенных в программном обеспечении анализатора ABL800 FLEX «Radiometer» (Дания), после внесения в меню дополнительных параметров, необходимых для расчета (температура тела пациента, величина сердечного выброса, напряжения кислорода в венозной крови из верхней полой вены и др.). Пробы артериальной крови брали у пациентов в конце первых суток после поступления, на 3-и, 5-е и 7-е сутки нахождения в ОРИТ. Величину сердечного выброса определяли доплерэхокардиографическим измерением объемной скорости кровотока в восходящем отделе аорты.

*Статистический анализ.* Реализованная в MS Excel исследовательская база данных состояла из 40 признаков (37 количественных, 2 качественных и 1 – бинарный). Общее количество наблюдений в базе данных, полученное при исследовании 28 больных, составило 97. Произведена оценка дескриптивных статистик (среднее, ошибка среднего, коэффициент вариации) всех 37 количественных признаков. Проверка гипотезы нормальности распределения 37 количественных признаков проведена с помощью критерия Колмогорова – Смирнова.

Для решения поставленной цели исследования использован множественный корреляционно-регрессионный анализ, задачей которого являлось выявление факторов (независимых переменных), объясняющих вариацию зависимой (объясняемой) переменной *s*Lact (концентрация лактата в артериальной крови) с последующим построением множественной регрессионной модели. Данная задача основывалась на том, что на фоне низкой тканевой перфузии или недостаточной оксигенации тканей развивается лактат-ацидоз, относящийся к быстрому типу (тип А). Была выдвинута гипотеза, что коэффициент экстракции кислорода, показатель напряжения кислорода в венозной крови из верхней полой вены и показатель извлекаемости кислорода из артериальной крови должны являться факторами, включающимися в объяснение вариации показателя концентрации лактата в артериальной крови. Ключевой задачей корреляционного анализа являлся отбор факторов для дальнейшего построения модели множественной регрессии. Перед началом корреляционного анализа проведен анализ однородности исследуемой информации относительно распределения значений показателей около среднего уровня. Были проверены критерии однородности информации по значениям среднеквадратического отклонения и коэффициента вариации, которые рассчитывались по каждому факторному и результативному показателю. При вариации выше 33%, говорящей о неоднородности информации, были исключены значения нетипичных наблюдений. По результатам корреляционного анализа в качестве факторов для построения модели

множественной регрессии отбирались переменные по следующим критериям:

- наличие статистически значимой (прямой или обратной) связи с переменной *s*Lact средней или сильной силы по значению коэффициента корреляции в соответствии со шкалой Чеддока;
- отбор самых значимых факторов, оказывающих решающее воздействие на результативный показатель;
- учет наличия причинно-следственные связи между показателями;
- невключение факторов, связь которых с результативным показателем имеет криволинейный характер;
- если между двумя факторами имелся парный коэффициент корреляции более 0,7, то один из факторов исключался из регрессионной модели.

При построении множественной регрессионной модели использован пошаговый метод подбора факторов, выявленных по результатам проведения корреляционного анализа. Проведена проверка качества построенной модели, заключающаяся в проверке значимости коэффициентов регрессии, проверке остатков модели на наличие гетероскедастичности и автокорреляции, проверка соответствия остатков нормальному распределению.

Проведена проверка гипотез о равенстве групповых средних анализируемых количественных признаков – показателей кислородного статуса артериальной крови с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA). В качестве группирующего признака выступал бинарный признак Outcome (исход лечения в отделении реанимации и интенсивной терапии). Для изучения прогностической ценности выявленных признаков-предикторов кислородного статуса артериальной крови был проведен ROC-анализ, показывающий зависимость количества верно классифицированных положительных результатов от количества неверно классифицированных отрицательных результатов для каждого признака-предиктора. Предметом диагностики явились варианты раннего исхода критического состояния в исследованной группе детей. Для получения численного значения клинической значимости показателя, а также для сравнения диагностической ценности признаков, использован показатель AUC (Area Under Curve – площадь под кривой). В анализ включены признаки-предикторы, продемонстрировавшие характеристические кривые с  $AUC > 0,70$ . Использованы пакеты статистических программ MedCalc версии 23.3.4. и STATISTICA™ ver.14.0.0.15 (TIBCO® Data Science).

С помощью свободно распространяемого в сети интернет программного обеспечения G\*Power проведен постфактумный (Post-hoc) анализ статистической мощности (Actual power) вероятности отклонения основной (или нулевой) гипотезы и расчета объема выборки для сравнения средних величин использованных критериев. Произведен расчет статистической мощности для использования однофак-

**Таблица 1. Сравнительная характеристика исследованных больных по показателям кислотно-основного состояния, насыщения крови кислородом и оксигенации тканей (медиана и межквартильный размах)**  
**Table 1. Comparative characteristics of the studied patients in terms of acid-base balance, blood oxygen saturation and tissue oxygenation (median and interquartile range)**

Параметр	Выжили, n = 23	Умерли, n = 5	p
Пол:			
мужчины	10 (43,5%)	4 (80%)	
женщины	13 (56,5%)	1 (20%)	
Возраст, лет, месяцы	1 мес. – 17 лет ср. (5 лет 2 мес.)	7 мес. – 16 лет ср. (7 лет 9 мес.)	<b>0,003*</b>
PRISM III, баллы	18 (IQR 15 – 22)	22 (IQR 20 – 24)	<b>0,0001*</b>
pH	7,43 (IQR 7,38 – 7,45)	7,42 (IQR 7,39 – 7,47)	0,756*
cBase(Ecf), ммоль/л	1,90 (IQR –0,7 – 4,3)	3,15 (IQR 0,05 – 4,95)	<b>0,05*</b>
PaO <sub>2</sub> , мм рт. ст.	96,0 (IQR 78,0 – 115,0)	81,9 (IQR 64,1 – 89,0)	<b>0,003*</b>
PaCO <sub>2</sub> , мм рт. ст.	38,6 (IQR 34,3 – 44,2)	39,3 (IQR 37,5 – 44,3)	0,173*
ctO <sub>2</sub> (a), ммоль/л	6,2 (IQR 5,7 – 6,8)	5,56 (IQR 4,85 – 6,7)	0,093*
pO <sub>2</sub> (x), мм рт. ст.	31,7 (IQR 29,2 – 35,2)	28,2 (IQR 24,5 – 32,4)	<b>0,001*</b>
p50, мм рт. ст.	25,3 (IQR 24,2 – 26,8)	25,0 (IQR 23,9 – 26,5)	0,585*
FShunt, %	17,2 (IQR 9,3 – 27,1)	33,4 (IQR 24,7 – 48,2)	<b>0,001*</b>
PcvO <sub>2</sub> , мм рт. ст.	42,7 (IQR 19,3 – 27,2)	42,0 (IQR 37,2 – 46,5)	0,383*
OER, %	24,0 (IQR 38,6 – 47,7)	22,4 (IQR 16,2 – 25,2)	0,112*
cLact, ммоль/л	1,0 (IQR 0,6 – 1,9)	1,95 (IQR 1,45 – 2,60)	<b>0,001*</b>
AA_AG, ммоль/л	12,0 (IQR 11,6 – 12,9)	8,4 (IQR 7,7 – 9,1)	0,146*

Примечание: ctO<sub>2</sub>(a) – концентрация общего кислорода в артериальной крови; p50 – это парциальное давление кислорода в крови, при которой достигается 50% сатурация кислородом; cBase(Ecf) – FShunt – фракция шунта – часть крови, которая проходит через легкие без полной оксигенации в альвеолах; pO<sub>2</sub>(x) – показатель извлекаемости кислорода из артериальной крови; PcvO<sub>2</sub> – напряжения кислорода в венозной крови из верхней полой вены; OER (Oxygen Extraction Ratio) – коэффициент экстракции кислорода, cLact – концентрация лактата в артериальной крови; AA\_AG (Albumin-adjusted anion-gap) анионный разрыв, регулируемый альбумином. \* – U-критерий Манна – Уитни. Полужирным шрифтом выделены статистически значимые различия.

**Таблица 2. Распределение исследованных больных по диагнозам**  
**Table 2. Distribution of examined patients by diagnoses**

Диагноз	Количество пациентов
Политравма. Закрытая черепно-мозговая травма	12
Острая внебольничная пневмония	6
Новообразования головного мозга с гидроцефалией и дислокационным синдромом	5
Гнойный менингит. Отек головного мозга	2
Острый флегмонозный аппендицит. Перитонит	2
Сепсис	1

торного дисперсионного анализа (ANOVA). Заданы параметры α-ошибки (α err prob) – равная 0,05 и мощности Power (1-β err prob) равная 0,80. Полученная величина эффекта (Effect size f) для ANOVA составила 1,8, что явилось отражением очень большой разницы между сравниваемыми выборками. Статистическая мощность (Actual power) составил 0,9, что означало вероятность получения истинного эффекта равную 90%. Расчетами программы G\*Power показано, что в данное исследование необходимо включить как минимум (Total sample size) 36 наблюдений.

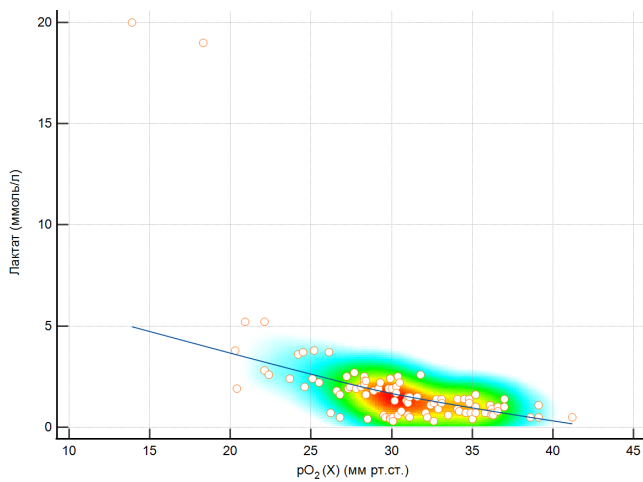
### Результаты

Данные исследованных больных представлены в табл. 1.

Как видно из данных табл. 1, из исследуемых показателей, отражающих состояния оксигенации тканей, статистически значимые различия в группах по U-критерию Манна – Уитни выявлены у показателя

рO<sub>2</sub>(x) (показатель извлекаемости кислорода из артериальной крови) и cLact. Различия в группах также выявлены по показателям PaO<sub>2</sub> (напряжение кислорода в артериальной крови), FShunt (фракция шунта), cBase(Ecf) (стандартный избыток оснований) и оценке по шкале PRISM III в первые 12 часов после поступления в ОПИТ ОАР№ 1. Статистически значимых различий между группами по показателям pH, PaCO<sub>2</sub>, p50, PcvO<sub>2</sub>, OER и AA\_AG не отмечено. Больные с тяжелой политравмой, включая черепно-мозговую травму, составили доминирующую по нозологии группу больных (табл. 2).

Для изучения связей переменных pO<sub>2</sub>(X) (показатель извлекаемости кислорода из артериальной крови), OER (коэффициент экстракции кислорода), PcvO<sub>2</sub> (напряжение кислорода в венозной крови из верхней полой вены) и cLact между собой и с другими переменными базы данных был использован линейный корреляционный анализ (корреляция r-Пирсона). Выбор данного варианта корреляции



**Рис. 2.** Диаграмма дисперсии с тепловой картой, отражающая выявленную отрицательную корреляционную связь умеренной силы ( $r = -0,63$ ) и высокой статистической значимости ( $p < 0,0001$ ) между двумя числовыми переменными –  $cLact$  и  $pO_2(X)$   
**Fig. 2.** A dispersion diagram with a heat map showing the identified negative correlation of moderate strength ( $r = -0.63$ ) and high statistical significance ( $p < 0.0001$ ) between the two numerical variables  $cLact$  and  $pO_2(X)$

базировался на том, что линейные корреляции являются более точными, чем ранговые, исследовались взаимосвязи между числовыми (количественными) переменными, большинство из которых имело нормальное распределение, а объем выборки был более 30. Произведена интерпретация корреляции между признаками умеренной и сильной (положительной или отрицательной) связи с высокой или средней статистической значимостью (рис. 2).

Корреляционный анализ выявил отрицательную корреляционную связь умеренной силы и высокой статистической значимости между показателем извлекаемости кислорода из артериальной крови ( $pO_2(X)$ ) и  $cLact$ , отражающую наблюдаемую в клинической практике закономерность увеличения концентрации лактата в артериальной крови при снижении значений  $pO_2(X)$ . Использование тепловой карты (heatmap) на графике позволило более наглядно отразить тренд динамики изменения данных показателей. Статистически значимой корреляционной

связи между исследуемыми показателями –  $pO_2(X)$ , OER и  $PcvO_2$  – не было выявлено. Не выявлено статистически значимой корреляционной связи между уровнем лактата и показателями OER (коэффициент экстракции кислорода) и  $PcvO_2$  (напряжения кислорода в венозной крови из верхней полой вены). Обнаружена положительная корреляционная связь умеренной силы ( $r = 0,58$ ) и высокой статистической значимости ( $p < 0,0001$ ) между показателем лактата в артериальной крови и переменной  $FHHb$  (фракция восстановленного гемоглобина). Не было выявлено статистически значимой корреляционной связи между показателем напряжения кислорода в артериальной крови ( $PaO_2$ ) и концентрацией лактата.

Для определения влияния на переменную  $cLact$  (концентрацией лактата в артериальной крови) как на результирующий признак нескольких факторных признаков использован многофакторный регрессионный анализ. Была применена процедура построения регрессионной модели на основе прямой пошаговой регрессии (рис. 3).

В регрессионную модель включили следующие наиболее важные факторы, влияющие на зависимую переменную  $cLact$ :

- $PaO_2$  (напряжение кислорода в артериальной крови);
- AA\_AG (анионный разрыв, регулируемый альбумином);
- $FHHb$  (фракция восстановленного гемоглобина);
- $pO_2(X)$  (показатель извлекаемости кислорода из артериальной крови).

Регрессионная модель имела вид:  
 $cLact = 4,66 + 0,028pO_2 + 0,095AA\_Ag + 0,25FHHb - 0,25pO_2x$ .

Уравнение выражает зависимость концентрации лактата в артериальной крови от значения напряжения кислорода в артериальной крови, величины анионного разрыва, регулируемого альбумином, величины фракции восстановленного гемоглобина и значения показателя извлекаемости кислорода из артериальной крови. Коэффициенты уравнения показывают количественное воздействие каждого фактора на результирующий показатель при неизменности других.

Regression Summary for Dependent Variable: Lact (Oxy)						
R= .85487771 R <sup>2</sup> = .73081591 Adjusted R <sup>2</sup> = .71911225						
F(4,92)=62,443 p<0,0000 Std.Error of estimate: 1,4619						
	b*	Std.Err. (of b*)	b	Std.Err. (of b)	t(92)	p-value
N=97						
Intercept			<b>4,660691</b>	1,203637	3,87217	0,000202
$pO_2a$	0,406474	0,066762	<b>0,028028</b>	0,004604	6,08838	0,000000
AA_AG	0,169215	0,061754	<b>0,095278</b>	0,034771	2,74016	0,007376
$FHHb$	0,537508	0,071244	<b>0,250254</b>	0,033170	7,54463	0,000000
$pO_2x$	-0,459700	0,059012	<b>-0,258195</b>	0,033144	-7,78999	0,000000

Summary Statistics; DV: Lact (Oxy)	
Statistic	Value
Multiple R	0,854877713
Multiple R <sup>2</sup>	0,730815905
Adjusted R <sup>2</sup>	0,719112249
F(4,92)	62,44338402
p	2,09686E-25
Std.Err. of Estimate	1,461927848

**Рис. 3. Результаты регрессионного анализа:** Intercept – константа; Regression Summary for Dependent Variable – итоговая регрессия для зависимой переменной; R – множественный коэффициент корреляции; R<sup>2</sup> – коэффициент детерминации; Adjusted R<sup>2</sup> – скорректированный на потерю степеней свободы коэффициент множественной детерминации; F – критерий Фишера; Std. Error of estimate – стандартная ошибка оценки; p – уровень значимости модели

**Fig. 3. Results of regression analysis:** Intercept – constant; Regression Summary for Dependent Variable – final regression for the dependent variable; R – multiple correlation coefficient; R<sup>2</sup> – determination coefficient; Adjusted R<sup>2</sup> – multiple determination coefficient adjusted for loss of degrees of freedom; F – Fisher criterion; Std. Error of estimate – standard estimation error; p – significance level of a model

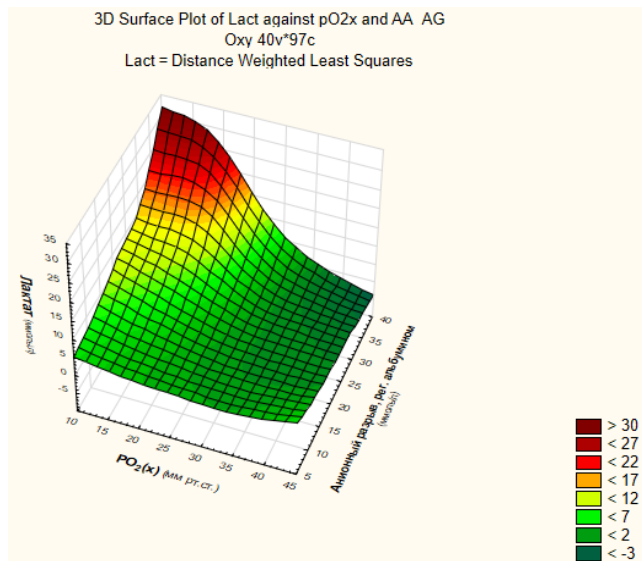


Рис. 4. Зависимость концентрации лактата в артериальной крови (сLact, ось Z) от показателя извлекаемости кислорода из артериальной крови ( $pO_2(X)$ , ось X) и анионного разрыва, регулируемого альбумином (AA\_AG, ось Y)  
 Fig. 4. Dependence of the concentration of lactate in arterial blood (cLact, Z-axis) on the index of oxygen extraction from arterial blood ( $pO_2(X)$ , X-axis) and the anion gap regulated by albumin (AA\_AG, Y-axis)

Коэффициент множественной корреляции Multiple R = 0,854; коэффициент детерминации R-square = 0,730; скорректированный на потерю степеней свободы коэффициент множественной детерминации Adjusted R<sup>2</sup> = 0,719; критерий Фишера F = 62,44; уровень значимости модели  $p < 0,00001$ ; стандартная ошибка оценки Std. Error of estimate = 1,46.

P-значения t-статистики для всех коэффициентов уравнения меньше 0,05, что говорит о значимости переменных. Для константы p-значение = 0,0002, что меньше 0,05, следовательно, константа тоже значима.

Коэффициент детерминации (R Square) R<sup>2</sup> = 0,73 – это говорит о том, что 73% вариации переменной cLact объясняется вариацией переменных PaO<sub>2</sub>, AA\_AG, FННб и  $pO_2(X)$ , а 26% приходится на долю других неучтенных факторов.

Коэффициент корреляции между объясняющими переменными (факторами) не превышает 0,45, что свидетельствует об отсутствии мультиколлинеарности. Гетероскедастичность регрессионной модели отсутствует (на основании теста Уайта).

Показатели OER (коэффициент экстракции кислорода) и PcvO<sub>2</sub> (напряжение кислорода в венозной крови из верхней полой вены) в регрессионную модель, объясняющую вариации переменной cLact, не включились.

Результат регрессионного моделирования представлен одним из графиков поверхности квадратичной подгонки (рис. 4).

Данный график поверхности отражает выявленную закономерность увеличения концентрации лактата в артериальной крови у больных исследованной группы при снижении извлекаемости кис-

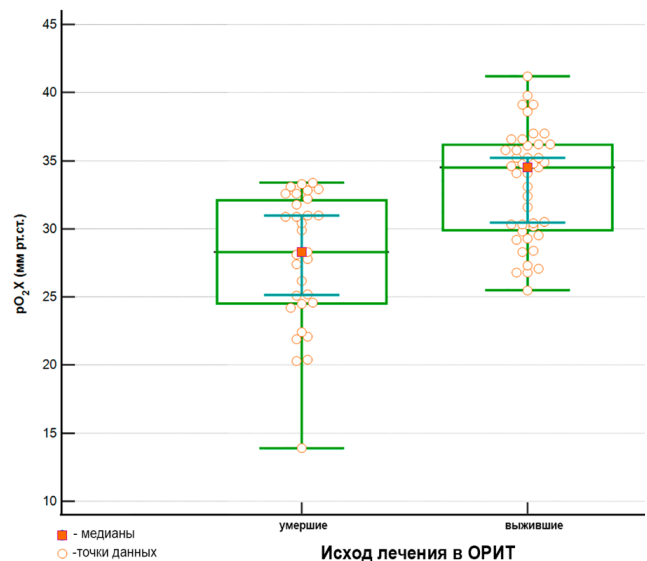


Рис. 5. Сравнение значений показателя  $PO_2(X)$  у выживших и умерших пациентов (F-отношение – 27,4;  $p < 0,001$ )  
 Fig. 5. Comparison of  $PO_2(X)$  values in surviving and deceased patients (F-ratio – 27.4;  $p < 0.001$ )

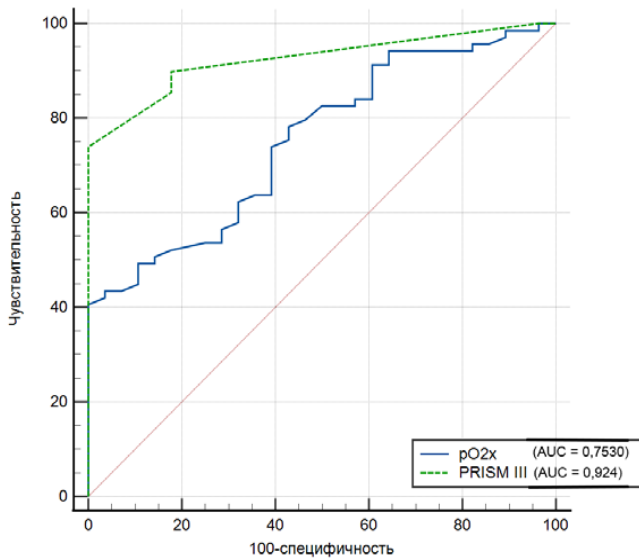
лорода из артериальной крови и повышении анионного разрыва, скорректированного по альбумину, диагностирующего увеличение концентрации неизмеряемых анионов в крови.

Прогностическая эффективность трех показателей – коэффициента экстракции кислорода, показателя напряжения кислорода в венозной крови из верхней полой вены и показателя извлекаемости кислорода из артериальной крови исследована с помощью однофакторного дисперсионного анализа, где в качестве фактора выступала бинарная переменная Outcome (исход лечения в ОРИТ OAPN№ 1) (рис. 5).

На рис. 5 отражено выявленное значимое различие показателя извлекаемости кислорода из артериальной крови при сравнении его значений в группах выживших и умерших пациентов. Переменные OER (коэффициент экстракции кислорода), PcvO<sub>2</sub> (напряжения кислорода в венозной крови из верхней полой вены) не показали статистически значимых различий при сравнении их значений в группах выживших и умерших пациентов (фактор – переменная Outcome).

Сравнение прогностической эффективности оценки по шкале PRISM III в первые 12 часов после поступления и показателя извлекаемости кислорода из артериальной крови представлено на рис. 6.

Если прогностическое значение оценки по шкале PRISM III хорошо известно, что было подтверждено получением модели бинарной классификации отличного качества (AUC = 0,924), то прогностическая эффективность оценки по одному только показателю извлекаемости кислорода из артериальной крови (AUC = 0,753, качество модели хорошее) оказалось в определенном смысле не ожидаемым.

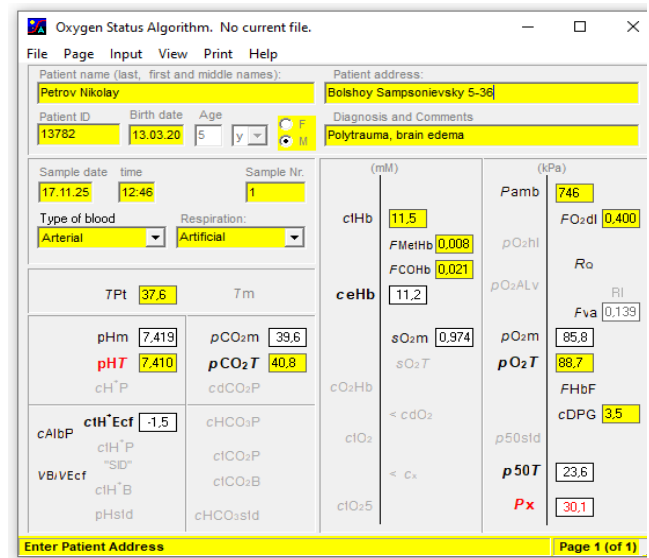


**Рис. 6.** ROC-анализ оценок по шкале PRISM III и значению показателя  $PO_2(X)$  (показателя извлекаемости кислорода из артериальной крови) (разность AUC – 0,171; z-статистика – 3,271;  $p = 0,0011$ )  
**Fig. 6.** ROC analysis of the PRISM III scale scores and the  $PO_2(X)$  value (an indicator of oxygen extraction from arterial blood) (AUC difference – 0.171; z-statistics – 3.271;  $p = 0.0011$ )

**Обсуждение**

Для оценки состояния оксигенации тканей традиционно используется коэффициент экстракции кислорода (OER – Oxygen Extraction Ratio), отражающий отношение потребления кислорода к его доставке [10]. В нашем исследовании коэффициент экстракции кислорода автоматически рассчитывался анализатором ABL800 FLEX «Radiometer» по формуле  $OER = (SaO_2 - SvO_2) / SaO_2$ , где  $SaO_2$  – степень насыщения гемоглобина кислородом артериальной крови,  $SvO_2$  – степень насыщения гемоглобина кислородом венозной крови, взятой из катетера, находящегося в верхней полой вене непосредственно перед входом в правое предсердие. По литературным данным, повышение OER указывает на «недостаточность потока», то есть на уменьшение сердечного выброса или увеличение спроса тканей на кислород. Снижение OER свидетельствует об уменьшении спроса тканей на кислород, неэффективном использовании кислорода тканями или патологическом увеличении сердечного выброса (превышение физиологических потребностей организма) [10–12].

Напряжение кислорода в венозной крови из верхней полой вены в норме составляет 35–40 мм рт. ст. [2]. Большинство авторов утверждают, что этот показатель отражает количество кислорода, оставшегося в крови после ее прохождения через капиллярное русло, где происходит экстракция кислорода и, таким образом, тоже может использоваться в оценке оксигенации тканей. Лактат играет диагностическую роль как продукт клеточного метаболизма, который образуется в результате анаэробного гликолиза (расщепления глюкозы без участия кислоро-



**Рис. 7.** Экран ввода данных и показателей кислотно-основного состояния и газов крови программы OSA для автоматического расчета значений  $PO_2(X)$   
**Fig. 7.** Screen for entering data and indicators of acid-base state and blood gases of the OSA program for automatic calculation of  $PO_2(X)$  values

да). Уровень лактата в крови отражает прежде всего нарушения, связанные с кислородным голоданием тканей. Поиск чувствительных показателей, динамика изменений которых связана с изменением уровня лактата в крови у пациентов, находящихся в критическом состоянии, является актуальной клинической и исследовательской задачей.

Теоретический расчетный показатель  $PO_2(X)$  – мера извлекаемости кислорода из артериальной крови, которая является интегративным результатом трех показателей – напряжения кислорода в артериальной крови, общего содержания кислорода в артериальной крови (химически и физически связанного) и показателя  $r50$  (парциальное давление кислорода в крови, при которой достигается 50% насыщение кислородом).  $PO_2(X)$  отражает уровень парциального давления кислорода крови в конце капилляров при условии нормальной тканевой перфузии и нормальной потребностей тканей в кислороде [1]. При этом величину  $PO_2(X)$  нельзя отождествлять с парциальным давлением кислорода в смешанной венозной крови, поскольку между двумя этими параметрами имеются большие различия. При стандартных условиях нормальная извлекаемость кислорода из артериальной крови составляет 2,3 ммоль/л [1]. Высокая диагностическая и прогностическая эффективность этого показателя ставит вопрос о возможности получения его значений в ситуациях, когда в газоанализаторе не предусмотрен его автоматический расчет. В таких ситуациях целесообразно использовать свободно распространяемую компьютерную программу OSA (Oxygen Status Algorithm), разработанную Ole Siggaard-Andersen и коллегами [19] (рис. 7).

Ряд значений показателя извлекаемости кислорода из артериальной крови, включенных в данное исследование, как раз был получен на основе расчета в программе OSA, когда в этот момент штатный газоанализатор отделения реанимации и интенсивной терапии находился на сервисном обслуживании.

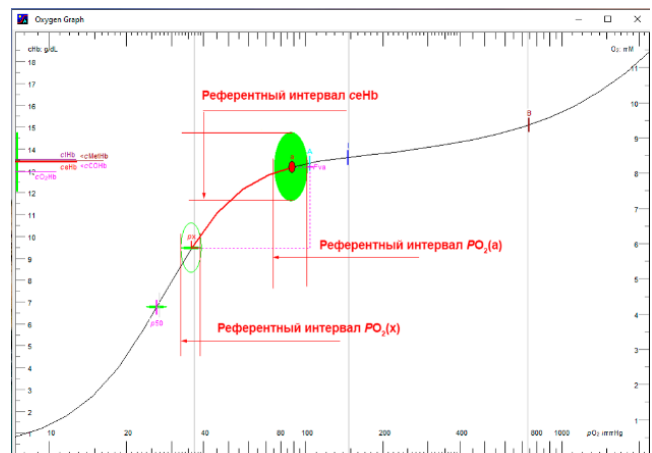
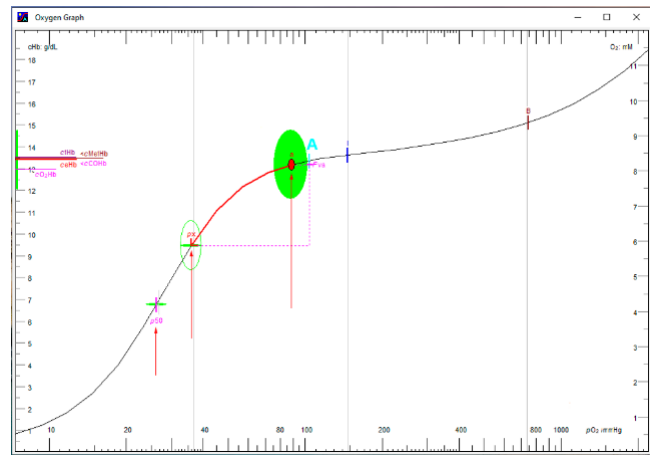
Не менее важным является то, что программа OSA позволяет построить так называемый кислородный график, представляющий собой S-образную функцию (рис. 8).

Если значение  $PO_2(X)$  снижено (диапазон референтных значений 32–41 мм рт. ст.) [12], то отдача кислорода тканям нарушена. В этом случае достижение адекватной доставки кислорода тканям зависит от увеличения извлекаемости кислорода из крови, увеличения тканевой перфузии или снижения скорости тканевого метаболизма. Задача клинической диагностики с использованием данного показателя сводится к принятию терапевтических мер при снижении его значений для достижения возвращения его значений к референтным еще до развития лактат-ацидоза. Низкие значения  $PO_2(X)$  и гиперлактатемия, как правило, связаны с уже развившейся полиорганной недостаточностью, что обуславливает плохой прогноз. По мнению разработчиков этого показателя, несмотря на то, что это расчетный и теоретический показатель, тем не менее, он является простым инструментом, облегчающим понимание сложных взаимодействий в оценке кислородного статуса артериальной крови [12].

### Выводы

1. Теоретический, расчетный параметр – показатель извлекаемости кислорода из артериальной крови  $PO_2(X)$  – в отличие от других исследованных показателей – коэффициента экстракции кислорода из тканей (OER) и показателя напряжения кислорода в венозной крови из верхней полой вены ( $PcvO_2$ ) показал высокую диагностическую и прогностическую эффективность, подтвержденную по результатам множественного корреляционно-регрессионного анализа, дисперсионного анализа и ROC-анализа.

2. Построенная многофакторная регрессионная модель прогнозирования значения уровня лактата в артериальной крови, в которую в качестве фактора включился показатель извлекаемости кислорода из артериальной крови, может быть полезна практикующим врачам как в определении ведущего фактора



**Рис. 8.** Кислородный график программы OSA, отражающий значения и точки нахождения на S-образной кривой показателей  $PaO_2$  (напряжение кислорода в артериальной крови),  $P50$  (парциальное давление кислорода в крови, при которой достигается 50% сатурация кислородом),  $PO_2(X)$  (показатель извлекаемости кислорода из артериальной крови)

**Fig. 8.** The oxygen graph of the OSA program reflects the values and points on the S-shaped curve of the indicators  $PaO_2$  (oxygen tension in arterial blood),  $P50$  (partial pressure of oxygen in the blood at which 50% oxygen saturation is achieved),  $PO_2(X)$  (indicator of oxygen extraction from arterial blood)

развившегося лактат-ацидоза, так и отслеживании динамики изменения уровня лактата в артериальной крови.

3. При отсутствии автоматического расчета показателя  $PO_2(X)$  целесообразно для получения значения этого показателя использовать свободно распространяемую компьютерную программу OSA (Oxygen Status Algorithm).

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.  
**Conflict of Interests.** The authors state that they have no conflict of interests.

**Вклад авторов.** Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработке концепции статьи, получении и анализе фактических данных, написании и редактировании текста статьи, проверке и утверждении текста статьи.

**Authors' contribution.** All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство по газам крови. – Brønshøj, Denmark, 2011. С. 31–33.
2. Сметкин А. А., Киров М. Ю. Мониторинг венозной сатурации в анестезиологии и интенсивной терапии // *Общая реаниматология*. – 2008. – Т. 4, № 4. – С. 86–90. <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2008-4-86>.
3. ABL800 FLEX Reference Manual from software identification version 5.26, October 2006, P. 6–20. URL: <https://allwales.icst.org.uk/wp-content/uploads/2020/07/ABL800-FLEX-manual.pdf> (accessed: 10.01.26).
4. Girardis M., de Man A. M. E., Singer M. Trials on oxygen targets in the critically ill patients: do they change our knowledge and practice? // *Intensive Care Med*. – 2023. – Vol. 49. – P. 559–562. <https://doi.org/10.1007/s00134-023-06999-9>.
5. Ripa C., Munshi L., Kuebler W. M. et al. Oxygen targets in critically ill patients: from pathophysiology to population enrichment strategies // *Medical Gas Research*. 2025. – Vol. 15, № 3. – P. 409–419. <https://doi.org/10.4103/mgr.MEDGASRES-D-24-00120>.
6. Ince C., Mik E. G. Microcirculatory and mitochondrial hypoxia in sepsis, shock, and resuscitation // *J Appl Physiol*. – 2016. – Vol. 120, № 2. – P. 226–235. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00298.2015>.
7. Hilty M. P., Jung C. Tissue oxygenation: how to measure, how much to target // *Intensive Care Medicine Experimental*. – 2023. – Vol. 11. – P. 64. <https://doi.org/10.1186/s40635-023-00551-1>.
8. De Backer D., Ospina-Tascón G. A. How to assess tissue oxygenation? // *Curr Opin Crit Care*. – 2023. – Vol. 29, № 3. – P. 244–251. <https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000001046>.
9. Sigg A. A., Zivkovic V., Bartussek J. et al. The physiological basis for individualized oxygenation targets in critically ill patients with circulatory shock // *Intensive Care Medicine Experimental*. – 2024. – Vol. 12. – P. 72. <https://doi.org/10.1186/s40635-024-00651-6>.
10. Piagnerelli M., Carlier E., Jamart E. et al. Relationship between oxygen extraction (OER) and age in septic patients // *Critical Care*. – 2000. – Vol. 3. – P. 143. <https://doi.org/10.1186/cc517>.
11. Rotondi S., Tartaglione L., Muci M. L. et al. Oxygen Extraction Ratio (OER) as a Measurement of Hemodialysis (HD) induced tissue hypoxia: a pilot study // *Scientific Reports*. – 2018. – Vol. 8. – P. 5655. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24024-8>.
12. Rotondi S., Tartaglione L., Martini N. D. et al. Oxygen extraction ratio to identify patients at increased risk of intradialytic hypotension // *Reports*. – 2021. – Vol. 11, № 1. – P. 4801. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84375-7>.
13. Willis N., Clapham M. C., Mapleson W. W. Additional Blood-Gas Variables for the Rational Control of Oxygen Therapy // *Br. J. Anaesth*. – 1987. – Vol. 59. – P. 1160–1170. <https://doi.org/10.1093/bja/59.9.1160>.
14. Siggaard-Andersen O., Ulrich A., Gøthgen I. H. Classes of tissue hypoxia // *Acta Anaesthesiol Scand*. – 1995. – Vol. 107. – P. 137–142. <https://doi.org/10.1111/j.1399-6576.1995.tb04348.x>.
15. Siggaard-Andersen O., Fogh-Andersen N., Gøthgen I. H. et al. Oxygen status of arterial and mixed venous blood // *Crit Care Med*. – 1995. – Vol. 23. – P. 1284–1293. <https://doi.org/10.1097/00003246-199507000-00020>.
16. Siggaard-Andersen O., Gøthgen I. H. Oxygen and acid-base parameters of arterial and mixed venous blood, relevant versus redundant // *Acta Anaesthesiol Scand*. – 1995. – Vol. 107. – P. 21–27. <https://doi.org/10.1111/j.1399-6576.1995.tb04325.x>.
17. Siggaard-Andersen O., Gøthgen I. H., Kokholm G. Oxygen, carbon dioxide, and electrolytes in critical care // *Acta Anaesth Scand*. – 1995. – Vol. 107. – P. 1–289.
18. Gøthgen I. H., Siggaard-Andersen O., Jonsson T. et al. The oxygen status algorithm in 50 patients undergoing cardiac surgery // *Acta Anaesth Scand*. – 1995. – Vol. 105. – P. 152.
19. Siggaard-Andersen M., Siggaard-Andersen O. Oxygen status algorithm, version 3, with some applications // *Acta Anaesthesiologica Scand*. – 1995. – Vol. 107. – P. 13–20. <https://doi.org/10.1111/j.1399-6576.1995.tb04324.x>.

## REFERENCES

1. Blood Gas Handbook, Brønshøj, Denmark, 2011. pp. 31–33. (In Russ.).
2. Smetkin A. A., Kirov M. Yu. Monitoring of venous saturation in anesthesiology and intensive care, *General Reanimatology*, 2008, vol. 4, no. 4, pp. 86–90. (In Russ.).
3. ABL800 FLEX Reference Manual from software identification version 5.26, October 2006, pp. 6–20. URL: <https://allwales.icst.org.uk/wp-content/uploads/2020/07/ABL800-FLEX-manual.pdf> (accessed: 10.01.26).
4. Girardis M., de Man A. M. E., Singer M. Trials on oxygen targets in the critically ill patients: do they change our knowledge and practice? *Intensive Care Med*, 2023, vol. 49, pp. 559–562. <https://doi.org/10.1007/s00134-023-06999-9>.
5. Ripa C., Munshi L., Kuebler W. M. et al. Oxygen targets in critically ill patients: from pathophysiology to population enrichment strategies. *Medical Gas Research*. 2025, vol. 15, no. 3, pp. 409–419. <https://doi.org/10.4103/mgr.MEDGASRES-D-24-00120>.
6. Ince C., Mik E. G. Microcirculatory and mitochondrial hypoxia in sepsis, shock, and resuscitation. *J Appl Physiol*, 2016, vol. 120, no. 2, pp. 226–235. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00298.2015>.
7. Hilty M. P., Jung C. Tissue oxygenation: how to measure, how much to target. *Intensive Care Medicine Experimental*, 2023, vol. 11, pp. 64. <https://doi.org/10.1186/s40635-023-00551-1>.
8. De Backer D., Ospina-Tascón G. A. How to assess tissue oxygenation? *Curr Opin Crit Care*, 2023, vol. 29, no. 3, pp. 244–251. <https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000001046>.
9. Sigg A. A., Zivkovic V., Bartussek J. et al. The physiological basis for individualized oxygenation targets in critically ill patients with circulatory shock. *Intensive Care Medicine Experimental*, 2024, vol. 12, pp. 72. <https://doi.org/10.1186/s40635-024-00651-6>.
10. Piagnerelli M., Carlier E., Jamart E. et al. Relationship between oxygen extraction (OER) and age in septic patients. *Critical Care*, 2000, Vol. 3, pp. 143. <https://doi.org/10.1186/cc517>.
11. Rotondi S., Tartaglione L., Muci M. L. et al. Oxygen Extraction Ratio (OER) as a Measurement of Hemodialysis (HD) induced tissue hypoxia: a pilot study. *Scientific Reports*, 2018, vol. 8, pp. 5655. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24024-8>.
12. Rotondi S., Tartaglione L., Martini N. D. et al. Oxygen extraction ratio to identify patients at increased risk of intradialytic hypotension. *Reports*, 2021, vol. 11, no. 1, pp. 4801. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84375-7>.
13. Willis N., Clapham M. C., Mapleson W. W. Additional Blood-Gas Variables for the Rational Control of Oxygen Therapy. *Br. J. Anaesth*, 1987, vol. 59, pp. 1160–1170. <https://doi.org/10.1093/bja/59.9.1160>.
14. Siggaard-Andersen O., Ulrich A., Gøthgen I. H. Classes of tissue hypoxia. *Acta Anaesthesiol Scand*, 1995, vol. 107, pp. 137–142. <https://doi.org/10.1111/j.1399-6576.1995.tb04348.x>.
15. Siggaard-Andersen O., Fogh-Andersen N., Gøthgen I. H. et al. Oxygen status of arterial and mixed venous blood. *Crit Care Med*, 1995, vol. 23, pp. 1284–1293. <https://doi.org/10.1097/00003246-199507000-00020>.
16. Siggaard-Andersen O., Gøthgen I. H. Oxygen and acid-base parameters of arterial and mixed venous blood, relevant versus redundant. *Acta Anaesthesiol Scand*, 1995, vol. 107, pp. 21–27. <https://doi.org/10.1111/j.1399-6576.1995.tb04325.x>.
17. Siggaard-Andersen O., Gøthgen I. H., Kokholm G. Oxygen, carbon dioxide, and electrolytes in critical care. *Acta Anaesth Scand*, 1995, vol. 107, pp. 1–289.
18. Gøthgen I. H., Siggaard-Andersen O., Jonsson T. et al. The oxygen status algorithm in 50 patients undergoing cardiac surgery. *Acta Anaesth Scand*, 1995, vol. 105, pp. 152.
19. Siggaard-Andersen M., Siggaard-Andersen O. Oxygen status algorithm, version 3, with some applications. *Acta Anaesthesiologica Scand*, 1995, vol. 107, pp. 13–20. <https://doi.org/10.1111/j.1399-6576.1995.tb04324.x>.

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:**

**Паршин Евгений Владимирович**, доктор медицинских наук, профессор кафедры анестезиологии и реаниматологии, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова (Санкт-Петербург, Россия), e-mail: parshin756@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0011-3510, SPIN: 8174-8091; **Блинов Сергей Анатольевич**, кандидат медицинских наук, зав. отделением ОРИТ анестезиологии-реаниматологии реанимации № 1, Детская клиническая больница (Санкт-Петербург, Россия), e-mail: bsa1982@inbox.ru, ORCID: 0000-0002-2288-7875, SPIN: 3819-7077; **Конохова Светлана Георгиевна**, кандидат медицинских наук, ассистент кафедры анестезиологии и реаниматологии, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова (Санкт-Петербург, Россия), e-mail: konioukhovas@gmail.com, ORCID: 0009-0001-0073-2602; **Пулькина Ольга Николаевна**, кандидат медицинских наук, зав. отделением детской анестезиологии-реаниматологии, врач – анестезиолог-реаниматолог, Научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии (Санкт-Петербург, Россия), e-mail: olpulkina@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-9585-5137, SPIN: 8057-1751.

**INFORMATION ABOUT AUTHORS:**

**Parshin Evgeny V.**, Dr. of Sci.(Med.), Professor of the Department of Anesthesiology and Intensive Care, Pavlov University (Saint Petersburg, Russia), e-mail: parshin756@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0011-3510, SPIN: 8174-8091; **Blinov Sergey A.**, Cand. of Sci.(Med.), Head of the Department Anesthesiology and Intensive Care № 1, Children’s Clinical Hospital (Saint Petersburg, Russia), e-mail: bsa1982@inbox.ru, ORCID: 0000-0002-2288-7875, SPIN: 3819-7077; **Konioukhova Svetlana G.**, Cand. of Sci.(Med.), Assistant of the Department of Anesthesiology and Intensive Care, Pavlov University (Saint Petersburg, Russia), e-mail: konioukhovas@gmail.com, ORCID: 0009-0001-0073-2602; **Pulkina Olga N.**, Cand. of Sci.(Med.), Head of the Department of Pediatric Anesthesiology and Intensive Care № 3, Anesthesiologist and Intensivist , Research Institute of Phthisiopulmonology (Saint Petersburg, Russia), e-mail: olpulkina@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-9585-5137, SPIN: 8057-1751.