Анестезиология и реаниматология
2024, №4, с. 53–58
https://doi.org/10.17116/anaesthesiology202404153

Russian Journal of Anesthesiology and Reanimatology
2024, No. 4, pp. 53–58
https://doi.org/10.17116/anaesthesiology202404153

Оценка оптимального артериального давления с помощью ближней инфракрасной спектрометрии (NIRS) у пациентов с черепно-мозговой травмой. Серия наблюдений

© А.В. ОШОРОВ, Д.Р. САФИУЛЛИН, А.А. ПАШИН, К.Р. МУРАДЯН, Д.С. КОРОТКОВ, И.А. САВИН

ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Контроль уровня артериального давления (АД) у пострадавших с черепно-мозговой травмой (ЧМТ) — это важный элемент интенсивной терапии. Поддержание целевых значений АД в пределах границ ауторегуляции мозговых сосудов, то есть оптимизация уровня АД, обеспечивает адекватность кровотока и оксигенации мозга. Оптимальные (или целевые) значения АД можно рассчитать при мониторинге церебральной ауторегуляции различными методами.

Цель исследования. Сравнить значения оптимального уровня АД, полученные с помощью инвазивного (уровень внутричерепного давления (ВЧД)) и неинвазивного (NIRS) методов оценки церебральной гемодинамики и оксигенации у пострадавших с ЧМТ.

Материал и методы. Оценку церебральной ауторегуляции проводили с помощью коэффициентов PRx и COx, которые рассчитывали с с помощью программного обеспечения ICM+ (Великобритания) как коэффициенты корреляции между уровнями АД и ВЧД, уровнями АД и церебральной оксигенации (rSO_2). Оптимальным считали уровень среднего АД ($САД_{опт}$), при котором регистрировали лучший цереброваскулярный ответ, что соответствовало минимальным значениям коэффициентов PRx и COx. Мониторинг уровня ВЧД проводили датчиками Codman Microsensor (Codman & Shurtleff Inc., США) с использованием системы мониторинга внутричерепного давления ICP Express Codman (Codman & Shurtleff Inc., США) и монитора MP60 (Philips Medical Systems, Нидерланды). Церебральную оксиметрию проводили с помощью монитора NIRS INVOS 5100 (Covidien LLC, США).

Результаты. Корреляция между оптимальными (целевыми) значениями САД была статистически значимой и составила R=0,49, R^2=0,24, p<0,038. Анализ Бланда—Альтмана показал хорошее согласие между уровнем САД со смещением 0,39±7,89 для $САД_{опт}$, определенного по коэффициенту ауторегуляции COx, и уровнем $САД_{опт}$, определенным по коэффициенту ауторегуляции PRx.

Заключение. Оптимальное значение артериального давления, рассчитанное на основании инвазивного мониторинга уровня внутричерепного давления, сопоставимо со значением оптимального артериального давления, рассчитанным с помощью церебральной оксиметрии (ближней инфракрасной спектроскопии). У пациентов с диффузным травматическим повреждением головного мозга (диффузное повреждение I—II степени по классификации Marshall) можно проводить расчет оптимального уровня артериального давления с применением метода ближней инфракрасной спектроскопии на основании коэффициента ауторегуляции COx.

Ключевые слова: *оптимальное артериальное давление, церебральная ауторегуляция, черепно-мозговая травм (ЧМТ), инфракрасная спектрометрия, индекс ауторегуляции.*

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:
Ошоров А.В. — https://orcid.org/0000-0002-3674-252X
Сафиуллин Д.Р. — https://orcid.org/0009-0009-1084-2547
Пашин А.А. — https://orcid.org/0000-0003-4762-7380
Мурадян К.Р. — https://orcid.org/0000-0002-2218-693X
Коротков Д.С. — https://orcid.org/0000-0002-2204-4480
Савин И.А. — https://orcid.org/0000-0003-2594-5441
Автор, ответственный за переписку: Ошоров А.В. — e-mail: agvan2@gmail.com

КАК ЦИТИРОВАТЬ:
Ошоров А.В., Сафиуллин Д.Р., Пашин А.А., Мурадян К.Р., Коротков Д.С., Савин И.А. Оценка оптимального артериального давления с помощью ближней инфракрасной спектрометрии (NIRS) у пациентов с черепно-мозговой травмой. Серия наблюдений. *Анестезиология и реаниматология*. 2024;4:53–58. https://doi.org/10.17116/anaesthesiology202404153

Assessment of optimal blood pressure using near-infrared spectrometry in traumatic brain injury patients

© A.V. OSHOROV, D.R. SAFIULLIN, A.A. PASHIN, K.R. MURADYAN, D.S. KOROTKOV, I.A. SAVIN

Burdenko National Medical Research Center for Neurosurgery, Moscow, Russia

ABSTRACT
Blood pressure control is an important element of intensive care in patients with TBI ensuring adequate cerebral blood flow and oxygenation. One can estimate optimal blood pressure during monitoring of cerebral autoregulation (CA) using various methods.
Objective. To compare the optimal blood pressures obtained by invasive (intracranial pressure, ICP) and non-invasive (NIRS) monitoring of cerebral hemodynamics and oxygenation in patients with TBI.
Material and methods. We assessed cerebral autoregulation using PRx and COx coefficients. The last ones were calculated using ICM+ software (UK) as correlation coefficients between blood pressure and ICP, blood pressure and cerebral oxygenation (rSO2). Optimal blood pressure implied the best cerebrovascular response and minimum PRx and COx coefficients. ICP was monitored using Codman Microsensor sensors (Codman & Shurtleff Inc., USA), ICP Express Codman intracranial pressure monitoring system (Codman & Shurtleff Inc., USA) and MP60 monitor (Philips Medical Systems, the Netherlands). Cerebral oximetry was recorded using NIRS INVOS 5100 monitor (Covidien LLC, USA).
Results. There was significant correlation between optimal (target) mean BPs (R=0.49, R^2=0.24, p<0.038). The Bland-Altman analysis revealed good agreement between BPs with a bias of 0.39±7.89 for Cox-based optimal BP and PRx-based BP.
Conclusion. Optimal blood pressure based on invasive intracranial pressure monitoring is comparable to blood pressure based on cerebral oximetry (near-infrared spectroscopy). One can estimate Cox-based optimal blood pressure using near-infrared spectroscopy in patients with diffuse traumatic brain injury (Marshall grade I—II).

Keywords: *optimal blood pressure, cerebral autoregulation, traumatic brain injury (TBI), infrared spectrometry, autoregulation index.*

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Oshorov A.V. — https://orcid.org/0000-0002-3674-252X
Safiullin D.R. — https://orcid.org/0009-0009-1084-2547
Pashin A.A. — https://orcid.org/0000-0003-4762-7380
Muradian K.R. — https://orcid.org/0000-0002-2218-693X
Korotkov D.S. — https://orcid.org/0000-0002-2204-4480
Savin I.A. — https://orcid.org/0000-0003-2594-5441
Corresponding author: Oshorov A.V. — e-mail: agvan2@gmail.com

TO CITE THIS ARTICLE:
Oshorov AV, Safiullin DR, Pashin AA, Muradyan KR, Korotkov DS, Savin IA. Assessment of optimal blood pressure using near-infrared spectrometry in traumatic brain injury patients. *Russian Journal of Anesthesiology and Reanimatology*. 2024;4:53–58. (In Russ.).
https://doi.org/10.17116/anaesthesiology202404153

Введение

Концепция оптимизации уровня артериального давления (АД) является предметом дискуссий и напрямую связана с качеством оказания медицинской помощи пациентам с острым церебральным повреждением (ОЦП): черепно-мозговой травмой (ЧМТ), субарахноидальным кровоизлиянием, ишемическим и геморрагическии инсультом, постгипоксической энцефалопатией и др. [1—6].

Ведущими элементами указанной концепции являются ранняя диагностика, устранение и дальнейшая профилактика артериальной гипотонии, а также коррекция и профилактика артериальной гипертензии в остром периоде церебрального повреждения [2, 4—8].

Иными словами, оптимизация уровня АД обеспечивает нормальную перфузию и объемный мозговой кровоток в поврежденном мозге, что, по мнению большинства авторов, улучшает функциональные исходы и снижает летальность пациентов с ОЦП [1—4, 7, 9—12].

Оценка оптимального значения АД и церебрального перфузионного давления (ЦПД) у пострадавших стала доступна с момента внедрения мониторинга церебральной ауторегуляции (ЦА) с помощью корреляционных индексов (индексов ЦА), которые рассчитываются на основании значений АД и параметров церебральной гемодинамики и оксигенации [9—13]. Наиболее изучены индексы ЦА, производные от параметров инвазивного АД и линейной скорости кровотока по данным транскраниальной доплерографии (ТКДГ), измерения внутричерепного давления (ВЧД), ближней инфракрасной спектроскопии (NIRS), напряжения кислорода в веществе головного мозга ($PtiO_2$) [13—17].

Индексы ЦА являются корреляционными коэффициентами и позволяют осуществлять измерение параметров ауторегуляции в непрерывном режиме при условии непрерывного измерения исходных параметров (АД, ВЧД, ТКДГ, NIRS-rSO_2, $PtiO_2$), причем как инвазивными, так и неинвазивными способами [9, 10, 13, 15]. Индексы ЦА позволяют проводить качественную оценку статуса ауторегуляции (сохранена или нарушена) и полуколичественный анализ (по значению коэффициента корреляции в диапазоне от –1 до 1) [9, 10, 13, 15].

Расчет оптимального уровня АД и ЦПД можно проводить на основании визуализации динамики трендов АД/ЦПД и ВЧД, линейной скорости кровотока, оксиметрии или с помощью программного обеспечения [1, 4, 9—14] **(рис. 1, 2 на цв. вклейке)** .

В качестве оптимальных значений АД и ЦПД принимают их величины, соответствующие наименьшему значению корреляционного коэффициента ауторегуляции, что соответствует наилучшему вазореактивному ответу церебральных сосудов [3, 8—16]. Многие авторы предлагают после определения оптимального значения АД/ЦПД дальнейшую стратегию ориентировать на терапевтическое окно, соответствующее ±5 мм рт. ст. от расчетного оптимального значения [9, 10, 12]. В указанных границах ауторегуляционного ответа, по мнению большинства авторов, можно рассчитывать на обеспечение адекватного мозгового кровотока, церебральной оксигенации и кровенаполнения головного мозга [3, 4, 7, 8, 18, 19].

Оптимизация уровня АД и ЦПД, то есть обеспечение целевых значений АД и ЦПД в пределах границ ауторегуляции, у пострадавших с ЧМТ позволяет проводить дифференцированную терапию с обоснованным агрессивным

Таблица 1. **Клиническая характеристика пациентов**
Table 1. **Clinical characteristics of patients**

Пациент №	Возраст, годы	Пол	Классификация КТ Marshall	Оценка по ШКГ	Оценка по ШИГ
1	16	мужской	ДП-II	7	4
2	27	мужской	ДП-I	7	5
3	28	мужской	ДП-II	6	1

Примечание. Классификация КТ Marshall — классификация по данным компьютерной томографии при диффузном повреждении головного мозга травматической этиологии [21]; ДП — диффузное повреждение; ШКГ — шкала комы Глазго; ШИГ — шкала исходов Глазго.

поддержанием уровня АД и применением целевых значений АД/ЦПД с учетом состояния ЦА [2, 4, 9—12]. При мониторинге пострадавших с тяжелой ЧМТ большую популярность получил индекс реактивности давления (pressure reactivity index), или коэффициент PRx, который является корреляционным индексом Пирсона между уровнями АД и ВЧД [9—15]. Данный факт легко объяснить рутинным измерением производных параметров (АД и ВЧД) и, соответственно, лучшей доступностью для расчета коэффициента PRx у пациентов с ОЦП [1—4, 7, 9, 10, 13].

Однако не у всех пострадавших с ЧМТ доступен мониторинг уровня ВЧД, что может быть обусловлено разными причинами, такими как отсутствие соответствующего оснащения (датчики, мониторы), наличие противопоказаний (коагулопатия) [2, 7, 20]. В указанных случаях расчет оптимального уровня АД можно проводить с применением неинвазивной церебральной оксиметрии (NIRS) и оксиметрического индекса ауторегуляции (COx), который рассчитывается по аналогии с PRx [13, 16, 17, 19]. Возможности оценки ЦА и расчета оптимальных значений уровня АД с помощью NIRS и индекса COx продемонстрированы как в эксперименте на животных, так и в исследованиях с пациентами с диффузным церебральным повреждением после остановки сердца или с ЧМТ [16, 17, 19, 20].

В представленном исследовании на серии наблюдений пострадавших с диффузным травматическим повреждением головного мозга сравнили показатели оптимального значения АД, рассчитанные с помощью неинвазивных и инвазивных методов исследования церебральной оксигенации (NIRS и коэффициента ауторегуляции COx) и гемодинамики (ВЧД и коэффициента ауторегуляции PRx).

Цель исследования — сравнить значения оптимального уровня АД, полученные с помощью инвазивного (ВЧД) и неинвазивного (NIRS) методов оценки церебральной гемодинамики и оксигенации у пострадавших с ЧМТ.

Материал и методы

Анализировали данные мониторинга трех пострадавших с тяжелой ЧМТ (оценка по шкале комы Глазго менее 8 баллов) **(табл. 1)**, всем пациентам проводили искусственную вентиляцию легких, инвазивное измерение уровня АД через артериальную бранюлю в лучевой артерии.

Лечение проводили в соответствии с российскими и международными рекомендациями [2, 4, 7]. Датчики ВЧД имплантировали через фрезевое отверстие в точке Кохера в вещество мозга на глубину 2 см (Codman & Shurtleff Inc., США) и присоединяли к монитору ICP Express Codman (Codman & Shurtleff Inc., США), который подключали к прикроватному монитору Philips IntelliVue MP60 (Philips Medical Systems, Нидерланды). Церебральную оксиметрию проводили с помощью монитора NIRS INVOS 5100 (Covidien LLC, США) самоклеящимися датчиками, расположенными с двух сторон в лобной области.

ЦА оценивали с помощью коэффициентов PRx и COx, которые рассчитывали как коэффициенты корреляции Пирсона между уровнями среднего АД (САД) и ВЧД, церебральной сатурации (rSO_2) [9, 13, 15]. Сбор, анализ сигналов, расчет коэффициентов ауторегуляции и оптимального АД проводили с помощью программы ICM+ (Великобритания) [14].

Анализировали по 6 равных 6-часовых периодов (всего 36 ч) регистрации параметров САД, ВЧД, rSO_2 для каждого пострадавшего **(см. рис. 1 на цв. вклейке)**.

Расчет коэффициентов ауторегуляции PRx и COx **(см. рис. 2 на цв. вклейке)** проводили с помощью указанного программного обеспечения за временной отрезок времени 6 ч с последовательным повторением 6 раз (всего 36 ч мониторинга).

Оптимальное значение САД для каждого пациента определяли как САД, соответствующее наилучшему ауторегуляционному ответу, то есть минимальному значению коэффициента ауторегуляции [4, 9—17] **(рис. 3 на цв. вклейке)**.

Для сравнения оптимальных значений САД использовали метод Бланда—Альтмана и корреляционный анализ.

Статистический анализ проводили с использованием Statistica 10.0 (StatSoft Inc., США). Все данные представлены в виде среднего и стандартного отклонения.

Результаты

Все пострадавшие были с изолированной закрытой ЧМТ, подробная характерстика представлена в **табл. 1**. Основной механизм травмы: участники ДТП (водитель, пассажир). Согласно классификации КТ Marshall [21], у 2 пациентов было диффузное повреждение головного мозга ДП-II, а у 1 пациента — ДП-I. Данные мониторинга каждого пациента за все время наблюдения представлены в **табл. 2**.

Распределение значений оптимального САД ($САД_{опт}$) получено с помощью коэффициентов PRx и COx за временные периоды по 6 ч (36 ч мониторинга). На **рис. 4** представлено распределение 18 расчетных значений $САД_{опт}$, расчитанного по наилучшему ауторегуляционному ответу (то есть минимальному значению корреляционного коэффициента ауторегуляции) для COx, и 18 значений $САД_{опт}$ — для PRx. Как видно, основные значения $САД_{опт}$ распределяются в промежутке от 80 до 100 мм рт.ст. **(см. рис. 4)**.

Корреляция между $САД_{опт}$, рассчитанным с помощью неинвазивных и инвазивных методов COx и PRx, была статистически значимой и составила R=0,49, R^2=0,24, p<0,038 **(рис. 5)**.

Таблица 2. **Измеряемые параметры за весь период мониторинга**

Table 2. **Parameters (median, quartiles 1 and 3) measured throughout the entire monitoring period**

Пациент №	САД, мм рт.ст.	ВЧД, мм рт.ст.	COx-R	COx-L	PRx
1	92 [87; 99]	14 [13; 17]	0,01 [–0,18; 0,25]	–0,01 [–0,19; 0,21]	–0,39 [–0,59; –0,15]
2	88 [85; 93]	10 [8; 11]	0,09 [–0,08; 0,26]	0,07 [–0,11; 0,25]	0,10 [–0,11; 0,29]
3	86 [79; 91]	1 [9; 12]	0,01 [–0,18; 0,17]	–0,03 [–0,20; 0,13]	0,15 [–0,06; 0,36]

Примечание. Данные представлены в виде медианы, 1-го и 3-го квартилей. САД — среднее артериальное давление; ВЧД — внутричерепное давление; COx-R, COx-L — индексы церебральной ауторегуляции, рассчитанные на основе САД и NIRS-rSO_2 правого и левого полушария; PRx — индекс церебральной ауторегуляции, рассчитанный на основании уровней САД и ВЧД.

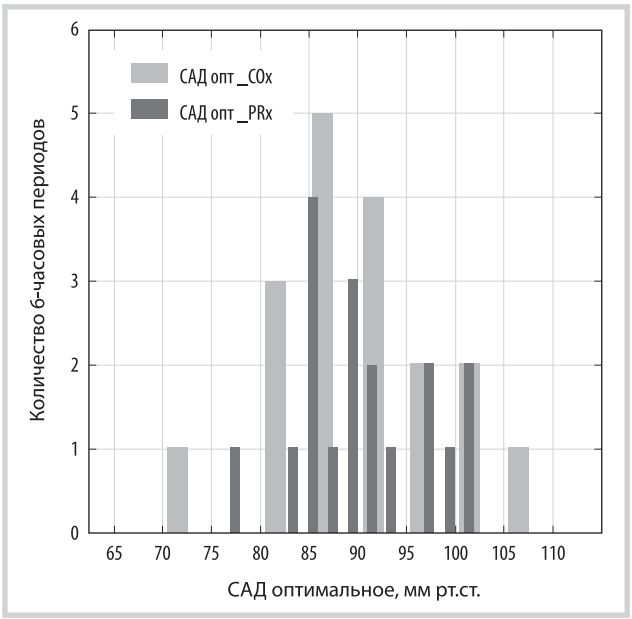

Рис. 4. **Сравнение оптимальных значений среднего артериального давления, рассчитанных с помощью коэффициентов COx и PRx.**

Fig. 4. **Optimal mean BP based on COx (NIRS) and PRx (ICP) coefficients.**

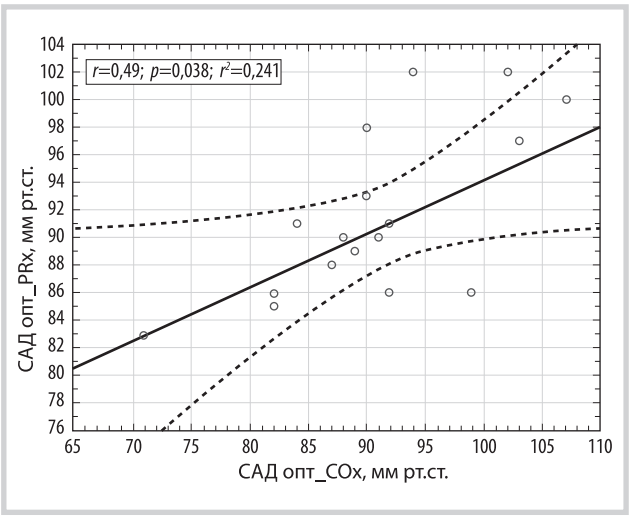

Рис. 5. **Корреляция между двумя расчетными значениями оптимального среднего артериального давления, полученными с помощью инвазивного (ВЧД) и неинвазивного (NIRS) мониторинга церебральной гемодинамики и оксигенации.**

Fig. 5. **Correlation between optimal mean BPs based on invasive (ICP) and non-invasive (NIRS) monitoring of cerebral hemodynamics and oxygenation.**

Анализ Бланда—Альтмана показал хорошее согласие между рассчитанными значениями $САД_{опт}$ со смещением 7,89±0,39 для $САД_{опт}$, определенного по коэффициенту ауторегуляции COx, по сравнению со значением $САД_{опт}$, определенным по коэффициенту ауторегуляции PRx **(рис. 6)**.

Обсуждение

В представленных клинических наблюдениях сравнили оптимальные значения АД, рассчитанные с помощью инвазивного (PRx) и неинвазивного (COx) индексов ЦА. В анализ включили однородных по тяжести состояния и первичному церебральному повреждению пострадавших с тяжелой ЧМТ и, что важно, только с диффузным характером травматического поражения мозга (ДП-I—II) [21]. Именно у данной группы пострадавших с ЧМТ (диффузное повреждение I и II типа по классификации Marshall) показания к инвазивному измерению уровня ВЧД остаются предметом дискуссий [2, 7, 20, 21]. По мнению ряда авторов, причиной тому служит отсутствие четкого субстрата первичного повреждения по данным компьютерной томографии, по мнению других, относительно невысокий риск развития внутричерепной гипертензии [2, 4, 7, 20, 21]. В литературе обсуждаются разные варианты решения проблемы, в том числе активное использование неинвазивных методов диагностики внутричерепной гипертензии, а также уточнение показаний к измерению уровня ВЧД с помощью неинвазивных методов, таких как доплерография, пупиллометрия и др. [1, 8, 13, 15, 20].

Тем не менее контроль уровня АД остается приоритетным и бесспорным элементом интенсивной терапии пациентов с травмой мозга, даже при сомнительном риске развития внутричерепной гипертензии и отсутствии прямых показаний к инвазивному измерению уровня ВЧД [1, 2, 7, 8, 20].

Есть мнение экспертов, что контроль оптимального уровня АД предупреждает развитие «вазогенных» волн ВЧД и обеспечивает стабильность объемного мозгового кровотока [1, 2, 7—9, 11—13, 16, 20], а отклонение от уровня $АД_{опт}$ связано с ухудшением исходов у пострадавших с ЧМТ [4, 8—12]. Эпизоды снижения уровня АД за пределы нижней границы ауторегуляции у пациентов с гипертензионными кровоизлияниями приводят к формированию очагов церебральной ишемии [18]. Показано, что при диффузном повреждении мозга нетравматического генеза, например у пациентов после остановки сердца, оптимизация уровня АД улучшает оксигенацию мозга [19]. В детской популяции пострадавших с тяжелой ЧМТ значения

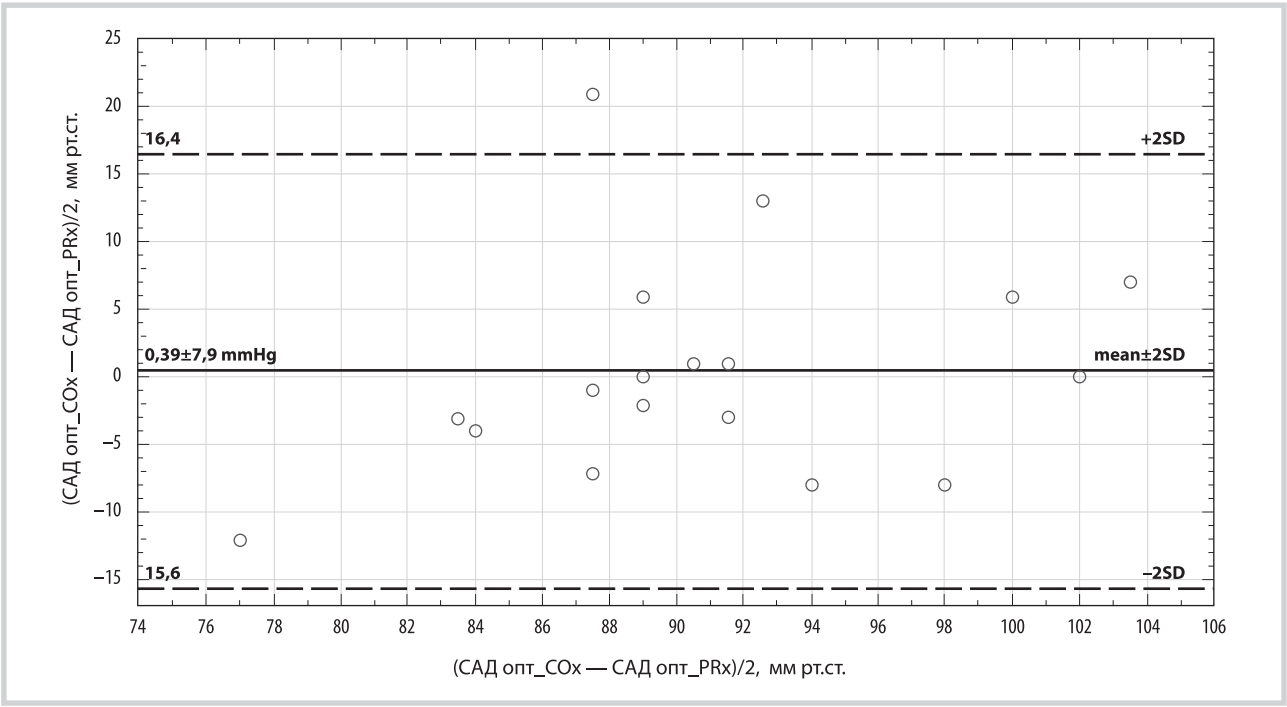

Рис. 6. **Сравнение значений оптимального среднего артериального давления, полученных с помощью инвазивного (ВЧД) и неинвазивного (NIRS) мониторинга церебральной гемодинамики и оксигенации, методом Бланда—Альтмана.**

Fig. 6. **Optimal mean BP based on invasive (ICP) and non-invasive (NIRS) monitoring of cerebral hemodynamics and oxygenation (the Bland-Altman analysis).**

ЦПД ниже на 10 и более мм рт.ст. оптимального значения приводят к неблагоприятным исходам [11]. Современный ВЧД-протокол терапии пострадавших с ЧМТ рассматривает оценку статуса ауторегуляции на втором уровне агрессивной терапии [1, 2, 4]. При наращивании агрессивной терапии, согласно протоколу, предусматривается тест с повышением уровня САД на 10 мм рт.ст. в течение 20 мин, затем проводится оценка церебральной ауторегуляции по динамике изменения уровней АД и ВЧД/ЦПД (при утраченной ауторегуляции наблюдются однонаправленные изменения параметров, при сохранной — разнонаправленные) [1, 2, 4]. При утраченной ауторегуляции от агрессивного повышения уровня АД рекомендуется отказаться, а при сохранной ауторегуляции — определить оптимальные значения АД/ЦПД по трендам [1, 2, 4]. Далее, согласно протоколу, рекомендуется придерживаться расчетных значений оптимального АД/ЦПД до момента выполнения следующего теста ауторегуляции, который может повторяться до 4 раз в зависимости от клинической ситуации [1, 2, 4]. Окончательные выводы об эффективности и безопасности оптимизации значений АД/ЦПД у пациентов с травматическим повреждением головного мозга можно будет сделать по результатам исследования COGiTATE [10, 12]. Вероятно, в дальнейшем протокол оптимизации значений АД займет ключевое место при лечении пациентов с ОЦП различной этиологии.

В качестве альтернативных методов для оценки ауторегуляции и расчета оптимального уровня АД может быть также предложен ряд неинвазивных методов оценки церебрального кровотока (ТКДГ) и оксигенации мозга (NIRS) [13, 15, 16]. Существенным преимуществом данных методов является их неинвазивность и, соответственно, возможность охватить большую популяцию пациентов с ОЦП при отсутствии показаний к инвазивному измерению уровня ВЧД (ишемический инсульт, постгипоксическая, печеночная и почечная энцефалопатия и др.) [13, 15—20]. Общим недостатком любых методов оценки ауторегуляции является необходимость специального программного обеспечения, валидизации индексов ЦА и определения их референсных значений.

Заключение

Значения оптимального артериального давления, полученные с помощью инвазивного мониторинга церебральной гемодинамики (уровень внутричерепного давления) и оксиметрии (ближней инфракрасной спектроскопии (NIRS)), сопоставимы.

У пациентов с диффузным травматическим повреждением головного мозга (диффузное повреждение I—II степени по классификации Marshall) можно проводить расчет уровня оптимального среднего артериального давления с применением метода ближней инфракрасной спектроскопии на основании коэффициента ауторегуляции COx.

Участие авторов:
Концепция и дизайн исследования — Ошоров А.В., Сафиуллин Д.Р.
Сбор и обработка материала — Пашин А.А., Мурадян К.Р., Коротков Д.С., Ошоров А.В.
Статистический анализ данных — Ошоров А.В., Сафиуллин Д.Р.
Написание текста — Ошоров А.В.
Редактирование — Ошоров А.В., Савин И.А.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. *Нейрохирургия. Национальное руководство. Том II. Черепно-мозговая травма*. Под ред. Усачева Д.Ю., Лихтермана Л.Б., Кравчука А.Д., Охлопкова В.А. М.: ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко» МЗ РФ; 2022.
Nejrokhirurgiya. Natsional'noe rukovodstvo. Tom II. Cherepno-mozgovaya travma. Usachev DYu, Likhterman LB, Kravchuk AD, Okhlopkov VA, eds. M.: FGAU «NMITs nejrokhirurgii im. akad. N.N. Burdenko» MZ RF; 2022. (In Russ.).
2. Потапов А.А., Крылов В.В., Гаврилов А.Г., Кравчук А.Д., Лихтерман Л.Б., Петриков С.С., Талыпов А.Э., Захарова Н.Е., Ошоров А.В., Сычев А.А., Александрова Е.В., Солодов А.А. Рекомендации по диагностике и лечению тяжелой черепно-мозговой травмы. Часть 2. Интенсивная терапия и нейромониторинг. *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко*. 2016;80(1):98-106.
Potapov AA, Krylov VV, Gavrilov AG, Kravchuk AD, Likhterman LB, Petrikov SS, Talypov AE, Zakharova NE, Oshorov AV, Sychev AA, Aleksandrova EV, Solodov AA. Guidelines for the diagnosis and treatment of severe traumatic brain injury. Part 2. Intensive care and neuromonitoring. *Burdenko's Journal of Neurosurgery*. 2016;80(1):98-106. (In Russ.).
https://doi.org/10.17116/neiro201680198-106
3. Сычев А.А., Савин И.А., Баранич А.И., Данилов Г.В., Струнина Ю.В., Ошоров А.В., Полупан А.А. Оценка гемодинамического профиля пациентов в остром периоде тяжелой черепно-мозговой травмы. *Анестезиология и реаниматология*. 2023;3:32-36.
Sychev AA, Savin IA, Baranich AI, Danilov GV, Strunina YuV, Oshorov AV, Polupan AA. Hemodynamic profile in acute period of severe traumatic brain injury. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*. 2023;3:32-36. (In Russ.).
https://doi.org/10.17116/anaesthesiology20230313
4. Hawryluk GWJ, Aguilera S, Buki A, Bulger E, Citerio G, Cooper DJ, Arrastia RD, Diringer M, Figaji A, Gao G, Geocadin R, Ghajar J, Harris O, Hoffer A, Hutchinson P, Joseph M, Kitagawa R, Manley G, Mayer S, Menon DK, Meyfroidt G, Michael DB, Oddo M, Okonkwo D, Patel M, Robertson C, Rosenfeld JV, Rubiano AM, Sahuquillo J, Servadei F, Shutter L, Stein D, Stocchetti N, Taccone FS, Timmons S, Tsai E, Ullman JS, Vespa P, Videtta W, Wright DW, Zammit C, Chesnut RM. A management algorithm for patients with intracranial pressure monitoring: the Seattle International Severe Traumatic Brain Injury Consensus Conference (SIBICC). *Intensive Care Medicine*. 2019;45(12):1783-1794.
https://doi.org/10.1007/s00134-019-05805-9
5. Greenberg SM, Ziai WC, Cordonnier C, Dowlatshahi D, Francis B, Goldstein JN, Hemphill JC 3rd, Johnson R, Keigher KM, Mack WJ, Mocco J, Newton EJ, Ruff IM, Sansing LH, Schulman S, Selim MH, Sheth KN, Sprigg N, Sunnerhagen KS; American Heart Association/American Stroke Association. 2022 Guideline for the Management of Patients With Spontaneous Intracerebral Hemorrhage: A Guideline From the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. 2022;53(7):e282-e361.
https://doi.org/10.1161/STR.0000000000000407
6. Hoh BL, Ko NU, Amin-Hanjani S, Chou SH-Y, Cruz-Flores S, Dangayach NS, Derdeyn CP, Du R, Hänggi D, Hetts SW, Ifejika NL, Johnson R, Keigher KM, Leslie-Mazwi TM, Lucke-Wold B, Rabinstein AA, Robicsek SA, Stapleton CJ, Suarez JI, Tjoumakaris SI, Welch BG. 2023 Guideline for the Management of Patients With Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage: A Guideline From the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. 2023;54(7):e314-e370.
https://doi.org/10.1161/STR.0000000000000436
7. Carney N, Totten AM, O'Reilly C, Ullman JS, Hawryluk GW, Bell MJ, Bratton SL, Chesnut R, Harris OA, Kissoon N, Rubiano AM, Shutter L, Tasker RC, Vavilala MS, Wilberger J, Wright DW, Ghajar J. Guidelines for the Management of Severe Traumatic Brain Injury, Fourth Edition. *Neurosurgery*. 2017;80(1):6-15.
https://doi.org/10.1227/NEU.0000000000001432
8. Rose JC, Mayer SA. Optimizing blood pressure in neurological emergencies. *Neurocritical Care*. 2004;1(3):287-299.
https://doi.org/10.1385/NCC:1:3:287
9. Steiner LA, Czosnyka M, Piechnik SK, Smielewski P, Chatfield D, Menon DK, Pickard JD. Continuous monitoring of cerebrovascular pressure reactivity allows determination of optimal cerebral perfusion pressure in patients with traumatic brain injury. *Critical Care Medicine*. 2002;30(4):733-738.
https://doi.org/10.1097/00003246-200204000-00002
10. Aries MJ, Czosnyka M, Budohoski KP, Steiner LA, Lavinio A, Kolias AG, Hutchinson PJ, Brady KM, Menon DK, Pickard JD, Smielewski P. Continuous determination of optimal cerebral perfusion pressure in traumatic brain injury. *Critical Care Medicine*. 2012;40(8):2456-2463.
https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e3182514eb6
11. Svedung Wettervik T, Velle F, Hånell A, Howells T, Nilsson P, Lewén A, Enblad P. ICP, PRx, CPP, and ΔCPPopt in pediatric traumatic brain injury: the combined effect of insult intensity and duration on outcome. *Child's Nervous System*. 2023;39(9):2459-2466.
https://doi.org/10.1007/s00381-023-05982-5
12. Tas J, Beqiri E, van Kaam CR, Ercole A, Bellen G, Bruyninckx D, Cabeleira M, Czosnyka M, Depreitere B, Donnelly J, Fedriga M, Hutchinson PJ, Menon D, Meyfroidt G, Liberti A, Outtrim JG, Robba C, Hoedemaekers CWE, Smielewski P, Aries MJ. An Update on the COGiTATE Phase II Study: Feasibility and Safety of Targeting an Optimal Cerebral Perfusion Pressure as a Patient-Tailored Therapy in Severe Traumatic Brain Injury. *Acta Neurochirurgica. Supplement*. 2021;131:143-147.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-59436-7_29
13. Czosnyka M, Miller C; Participants in the International Multidisciplinary Consensus Conference on Multimodality Monitoring. Monitoring of cerebral autoregulation. *Neurocriticl Care*. 2014;21(suppl 2):S95-102.
https://doi.org/10.1007/s12028-014-0046-0
14. Smielewski P, Czosnyka M, Steiner L, Belestri M, Piechnik S, Pickard JD. ICM+: software for on-line analysis of bedside monitoring data after severe head trauma. *Acta Neurochirurgica. Supplement*. 2005;95:43-49.
https://doi.org/10.1007/3-211-32318-x_10
15. Zeiler FA, Donnelly J, Calviello L, Smielewski P, Menon DK, Czosnyka M. Pressure Autoregulation Measurement Techniques in Adult Traumatic Brain Injury, Part II: A Scoping Review of Continuous Methods. *Journal of Neurotrauma*. 2017;34(23):3224-3237.
https://doi.org/10.1089/neu.2017.5086
16. Brady KM, Lee JK, Kibler KK, Smielewski P, Czosnyka M, Easley RB, Koehler RC, Shaffner DH. Continuous time-domain analysis of cerebrovascular autoregulation using near-infrared spectroscopy. *Stroke*. 2007;38(10):2818-2825.
https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.107.485706
17. Griesdale DEG, Sekhon MS, Wood MD, Cardim D, Brasher PMA, McCredie V, Sirounis D, Foster D, Krasnogolova Y, Smielewski P, Scales DC, Ainslie PN, Menon DK, Boyd JG, Field TS, Dorian P; Cerebral Oximetry to Assess Cerebral Autoregulation in Hypoxic-Ischemic Brain Injury (CONCEPT) Research Group, on behalf of the Canadian Critical Care Trials Group. Near-Infrared Spectroscopy to Assess Cerebral Autoregulation and Optimal Mean Arterial Pressure in Patients With Hypoxic-Ischemic Brain Injury: A Prospective Multicenter Feasibility Study. *Critical Care Explorations*. 2020;2(10):e0217.
18. Ridha M, Megjhani M, Nametz D, Kwon SB, Velazquez A, Ghoshal S, Agarwal S, Claassen J, Roh DJ, Sander Connolly E Jr, Park S. Suboptimal Cerebral Perfusion is Associated with Ischemia After Intracerebral Hemorrhage. *Neurocritical Care*. 2024 June;40(3):996-1005. Epub 2023 Nov 13.
https://doi.org/10.1007/s12028-023-01863-6
19. Sekhon MS, Gooderham P, Menon DK, Brasher PMA, Foster D, Cardim D, Czosnyka M, Smielewski P, Gupta AK, Ainslie PN, Griesdale DEG. The Burden of Brain Hypoxia and Optimal Mean Arterial Pressure in Patients With Hypoxic Ischemic Brain Injury After Cardiac Arrest. *Critical Care Medicine*. 2019;47(7):960-969.
https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000003745
20. Stocchetti N, Picetti E, Berardino M, Buki A, Chesnut RM, Fountas KN, Horn P, Hutchinson PJ, Iaccarino C, Kolias AG, Koskinen LO, Latronico N, Maas AI, Payen JF, Rosenthal G, Sahuquillo J, Signoretti S, Soustiel JF, Servadei F. Clinical applications of intracranial pressure monitoring in traumatic brain injury: report of the Milan consensus conference. *Acta Neurochirurgica*. 2014;156(8):1615-1622.
https://doi.org/10.1007/s00701-014-2127-4
21. Marshall LF, Marshall SB, Klauber MR, Eisenberg HM, Jane JA, Luerssen TG, Marmarou A, Foulkes MA. A new classification of head injury based on computerized tomography. *Journal of Neurosurgery*. 1991;75(Special Supplements):S14-S20.
https://doi.org/10.3171/sup.1991.75.1s.0s14

Поступила 29.02.2024
Received 29.02.2024
Принята к печати 10.03.2024
Accepted 10.03.2024

К статье *Д.О. Иванова и соавт.* «Диагностика инфекций раннего неонатального периода у недоношенных новорожденных»

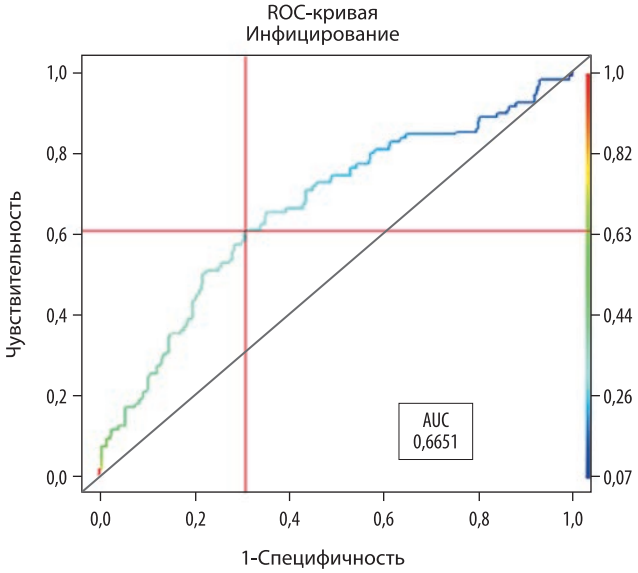

Рис. 1. **Прогностическая эффективность длительности безводного промежутка и массы тела новорожденного при рождении.**

Fig. 1. **Prognostic significance of anhydrous interval and birth weight.**

К статье *А.В. Ошорова и соавт.* «Оценка оптимального артериального давления с помощью ближней инфракрасной спектрометрии (NIRS) у пациентов с черепно-мозговой травмой. Серия наблюдений»



Рис. 1. **Мониторинг параметров среднего артериального (САД), внутричерепного (ВЧД), церебрально-перфузионного давления (ЦПД) и церебральной оксиметрии (rSO_2-L, rSO_2-R) (ближняя инфракрасная спектроскопия (NIRS)) у пострадавшего с тяжелой черепно-мозговой травмой в первые двое суток после травмы.**

Fig. 1. **Monitoring of mean blood pressure, intracranial pressure (ICP), cerebral perfusion pressure (CPP) and cerebral oximetry (rSO_2-L, rSO_2-R) (near-infrared spectroscopy (NIRS)) in TBI patients within 2 days after injury.**

К статье *А.В. Ошорова и соавт.* «Оценка оптимального артериального давления с помощью ближней инфракрасной спектрометрии (NIRS) у пациентов с черепно-мозговой травмой. Серия наблюдений»

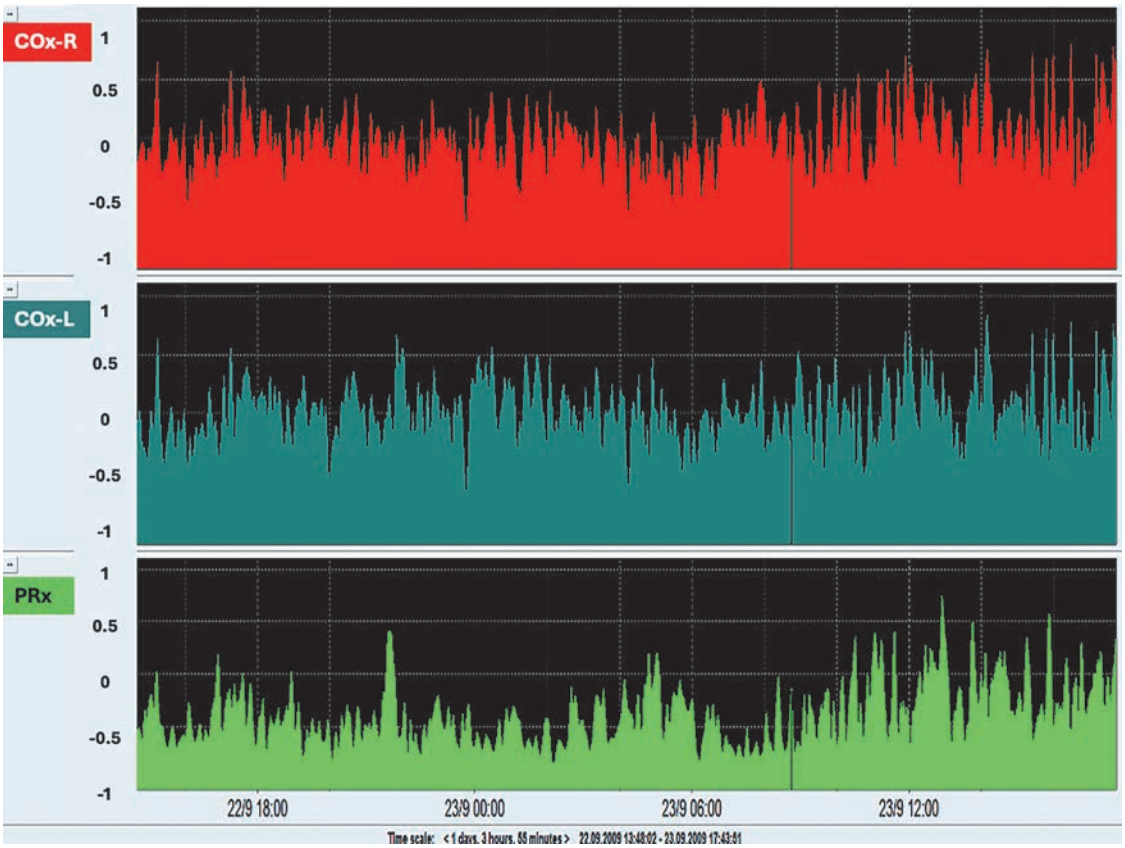

Рис. 2. **Мониторинг коэффициентов ауторегуляции COx (производного от САД и rSO_2) и PRx (производного от САД и ВЧД).**
Fig. 2. **Monitoring of COx (derived from mean BP and rSO_2) and PRx (derived from mean BP and ICP) coefficients.**

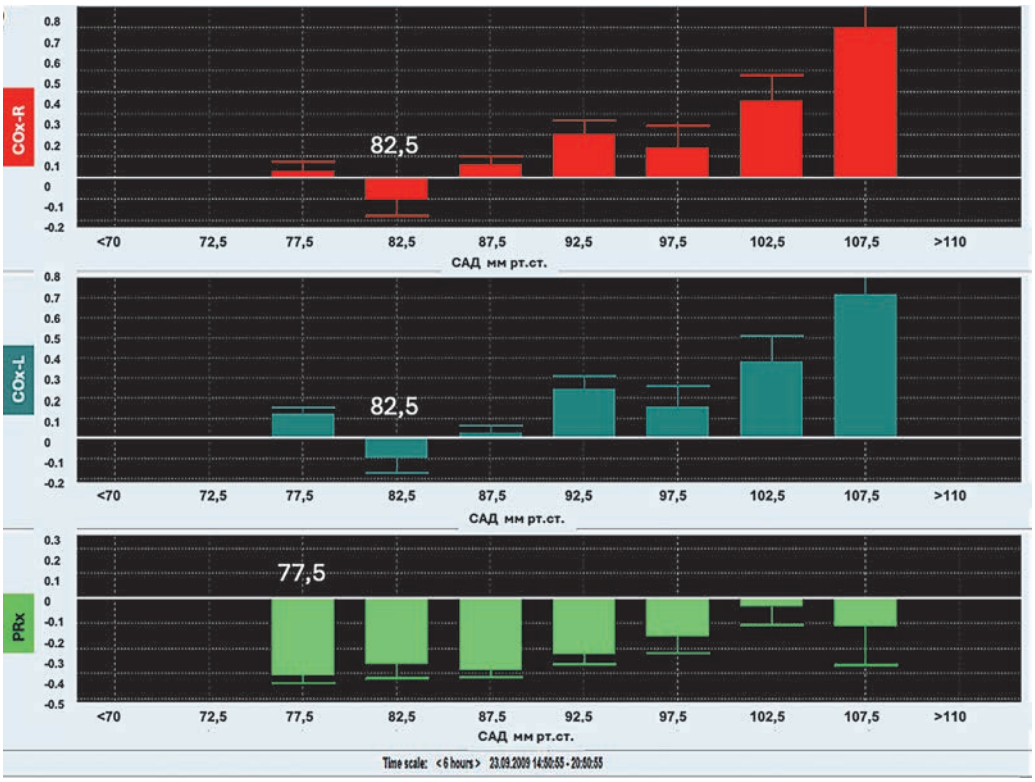

Рис. 3. **Расчет оптимального значения среднего артериального давления, соответствующего наилучшему вазореактивному ответу, то есть наименьшему значению индекса ауторегуляции в 6-часовом окне исследования.**
Оптимальный уровень среднего артериального давления по коэффициенту COx равен 82,5 мм рт. ст., по коэффициенту PRx — 77,5 мм рт. ст.

Fig. 3. **Optimal mean BP corresponding to the best vasoreactive response (the lowest autoregulation index in 6-hour study window). Optimal mean BP based on COx coefficient is 82.5 mm Hg, BP based on PRx coefficient — 77.5 mm Hg.**