



Метод ближней инфракрасной спектроскопии как помощник в предотвращении гипоксических осложнений у детей

©К.А. Клейменов^{1*}, Е.В. Григорьев², Е.А. Каменева³, В.Г. Мозес¹, Е.В. Рудаева⁴, С.И. Елгина⁴, К.Б. Мозес⁴

¹ Кузбасская областная клиническая больница им. С.В. Беляева, Кемерово, Россия

² Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний, Кемерово, Россия

³ Кузбасская клиническая больница скорой медицинской помощи им. М.А. Подгорбунского, Кемерово, Россия

⁴ Кемеровский государственный медицинский университет, Кемерово, Россия

* К.А. Клейменов, Кузбасская областная клиническая больница им. С.В. Беляева, 650066, Кемерово, пр-т Октябрьский, 22, k.kleymenov@yandex.ru

Поступила в редакцию 28 апреля 2025 г. Исправлена 17 августа 2025 г. Принята к печати 27 августа 2025 г.

Резюме

Гипоксия является частым осложнением критического состояния в неонатологии и педиатрии и приводит к нарушению окислительных процессов, развитию ацидоза, снижению энергетического баланса клетки, избытку нейромедиаторов, нарушению метаболизма глии и нейронов. Не менее актуальной является проблема профилактики гипоксического поражения головного мозга при анестезиологическом обеспечении.

Одним из перспективных направлений, позволяющих врачам минимизировать риски осложнений, становится мониторинг церебральной гемодинамики, включая использование технологии ближней инфракрасной спектроскопии (NIRS). Этот метод позволяет неинвазивно оценивать региональную насыщенность кислородом тканей мозга, что теоретически помогает врачам анестезиологам-реаниматологам предотвращать развитие гипоксических нарушений у пациентов детского возраста. Каждая применяемая методика имеет достоинства и недостатки. Среди минусов NIRS можно выделить отсутствие четких диагностических критериев и недостаточно обоснованных доказательств, подтверждающих эффективность и значимость метода для улучшения краткосрочных и долгосрочных результатов лечения. Несмотря на это, принцип измерения, основанный на законе Ламберта-Бера, наряду с многочисленными публикациями и исследованиями, создает прочную основу для дальнейших научных изысканий, направленных на разработку подходов по оптимизации мониторинга и своевременной коррекции гипоксических и ишемических изменений мозга посредством NIRS-контроля церебрального кислородоснабжения.

Ключевые слова: гипоксическое поражение, головной мозг, церебральная гемодинамика, анестезия, Near-infrared spectroscopy
Цитировать: Клейменов К.А., Каменева Е.А., Григорьев Е.В., и др. Метод ближней инфракрасной спектроскопии как помощник в предотвращении гипоксических осложнений у детей. *Инновационная медицина Кубани*. 2025;10(4):136–144. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2025-10-4-136-144>

Near-Infrared Spectroscopy as a Tool for Preventing Hypoxic Complications in Children

©Kirill A. Kleymenov^{1*}, Evgeny V. Grigoriev², Evgeniya A. Kameneva³, Vadim G. Mozes¹, Elena V. Rudaeva⁴, Svetlana I. Elgina⁴, Kira B. Mozes⁴

¹ Kuzbass Regional Clinical Hospital named after S.V. Belyaeva, Kemerovo, Russian Federation

² Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, Kemerovo, Russian Federation

³ Kuzbass Clinical Hospital of Emergency Medical Care named after M.A. Podgorbunsky, Kemerovo, Russian Federation

⁴ Kemerovo State Medical University, Kemerovo, Russian Federation

* Kirill A. Kleymenov, Kuzbass Regional Clinical Hospital named after S.V. Belyaeva, Oktyabrsky Avenue 22, Kemerovo, 650066, Russian Federation, k.kleymenov@yandex.ru

Received: April 28, 2025. Received in revised form: August 17, 2025. Accepted: August 27, 2025.

Abstract

Hypoxia is a common complication of critical conditions in neonatology and pediatrics, leading to impaired oxidative processes, development of acidosis, decreased cellular energy balance, excessive neurotransmitters, disruption of glial and neuronal metabolism. Equally important is the prevention of hypoxic brain injury during anesthesia. A promising and actively developing approach that allows physicians to manage anesthetic risks is the assessment of cerebral hemodynamics, particularly through the use of near-infrared spectroscopy. This method enables non-invasive monitoring of regional cerebral oxygenation, which at least theoretically, may help



anesthesiologists and intensivists prevent hypoxic complications in children. Each method used in clinical practice has its advantages and disadvantages. One of the limitations of near-infrared spectroscopy is the lack of clearly defined diagnostic criteria and the insufficient evidence supporting its efficacy and clinical relevance in improving postoperative outcomes in both the short and long term. Nevertheless, measurements based on the Beer-Lambert law, supported by numerous publications and studies, provides a reliable foundation for further research afocused on improving monitoring strategies and timely correction of hypoxic and ischemic cerebral brain changes through NIRS-based cerebral oxygenation monitoring.

Keywords: hypoxic injury, brain, cerebral hemodynamics, anesthesia, near-infrared spectroscopy

Cite this article as: Kleymenov KA, Kameneva EA, Grigoriev EV, et al. Near-Infrared spectroscopy as a tool for preventing hypoxic complications in children. *Innovative Medicine of Kuban*. 2025;10(4):136–144. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2025-10-4-136-144>

Введение

Гипоксия является частым осложнением критического состояния в неонатологии и педиатрии. Распространённость гипоксии у детей и новорожденных точно не установлена, однако известно, что она существенно отличается от таковой у взрослых и пожилых пациентов [1, 2].

Гипоксия приводит к нарушению окислительных процессов, развитию ацидоза, снижению энергетического баланса клетки, избытку нейромедиаторов, нарушению метаболизма глии и нейронов. Американская кардиологическая ассоциация (American Heart Association – АНА), анализируя истории болезней детей, перенесших остановку сердца, отметили 4 основных повреждающих фактора в период гипоксии, которые определяли ранние и поздние возможные исходы для ребенка: повреждение головного мозга, дисфункция миокарда, сочетание системной ишемии реперфузии, длительно существующее критическое состояние. Главным фактором в стратегии борьбы с гипоксией является инсuffляция кислорода. Концентрация последнего, в случае ухудшения состояния и прогрессирования гипоксемической дыхательной недостаточности, как правило, увеличивается. Всегда ли эта терапия эффективна, и обеспечивает ли инсuffляция кислорода необходимую доставку к тканям и клеткам организма пациента в критическом состоянии? Ответ на этот вопрос помогают дать такие методы, как сатурация венозной крови, вычисление отношения сатурации венозной крови к сатурации центральной венозной крови, югулярная оксиметрия, пульсоксиметрия и транскутантная оксиметрия [3].

Не менее актуальной является проблема профилактики гипоксического поражения головного мозга при анестезиологическом обеспечении. Сегодня перспективным и активно развивающимся направлением, позволяющим врачу управлять анестезиологическими рисками, является оценка церебральной гемодинамики. В современной литературе кислородный статус головного мозга во время анестезиологического обеспечения описывается редко и без конкретной интерпретации полученных данных. Причины этому различны: во-первых, доставка кислорода в ткани головного мозга представляет собой сложный многофакторный процесс, зависящий от множества параметров, таких как системная и регионарная гемодинамика,

кислородная ёмкость крови, метаболизм. Во-вторых, существующие методы оценки кислородного статуса достаточно громоздки и неудобны для применения в операционной или инвазивны, что требует определенных навыков и увеличивает хирургическую агрессию в повседневной практике [1, 3].

До настоящего времени были разработаны и внедрены в клиническую практику несколько методик, отражающих уровень церебрального метаболизма и степень оксигенации головного мозга при разных клинических ситуациях. Среди них выделяются определение насыщения гемоглобина кислородом в яремной вене, прямое измерение напряжения кислорода в ткани мозга, микродиализ тканей головного мозга, транскраниальная доплерография и прочие. Тем не менее, эти методики обладают рядом существенных недостатков: они сложны в применении, зачастую требуется специализированное оборудование, некоторые из них инвазивны, что повышает риск инфекций, особенно значимых в педиатрической практике. Кроме того, указанные методы характеризуются большими погрешностями и трудностью интерпретации результатов [4].

Цель данного исследования

Провести анализ имеющихся литературных данных по использованию метода ближней инфракрасной спектроскопии (Near-infrared spectroscopy (NIRS)), метода неинвазивной оценки регионарной оксигенации головного мозга, используемого для предотвращения гипоксических осложнений у детей.

Материалы и методы

Был проведен обзор литературы в соответствии с рекомендациями PRISMA в 2023–2024 гг. в базах eLibrary, bmcmedicine.biomedcentral и PubMed. Использовались следующие поисковые запросы: «профилактика гипоксического поражения головного мозга при анестезиологическом обеспечении», «оценка церебральной гемодинамики», «устройства Near-infrared spectroscopy», «гипоксические осложнения у детей».

Церебральная оксиметрия

Одним из методов неинвазивной оценки регионарной оксигенации головного мозга является

церебральная оксиметрия (ЦО). Первые упоминания и публикации об использовании спектроскопии ткани мозга, имеющего относительно высокую степень прозрачности в инфракрасном диапазоне, были в 1977 г. от учёного по фамилии Jobisis. А его коллега Ferrari в 1985 г. опубликовал первое исследование с использованием инфракрасной спектроскопии (NIRS – near-infrared spectroscopy) у людей, что в свою очередь в 1993 г. побудило к производству первого коммерческого устройства для определения мозговой оксигенации INVOS 3100w [5].

Церебральные оксиметры предоставляют информацию, которую не могут предложить другие прикроватные мозговые мониторы, например: амплитудно-интегрированную электроэнцефалографию и транскраниальную доплерографию. Другие методики, такие как позитронная эмиссионная томография, КТ и МРТ могут дать детализированные и «быстрые» показатели церебральной оксигенации, но все они не могут использоваться прикроватно и требуется участие специалиста. Так как церебральная оксиметрия способна непосредственно отображать изменения мозгового кровотока и уровни оксигенации, она может иметь широкий спектр применения в операционных и послеоперационных палатах, отделениях интенсивной терапии и реанимации, а также в кардиохирургии и нейрохирургии. Во всех перечисленных случаях церебральная оксиметрия может использоваться для контроля безопасности и эффективности проводимых лечебных мероприятий [6].

В устройствах NIRS реализованы три основных принципа. Согласно первому принципу, подавляющее большинство биологических тканей, за исключением гемоглобина и цитохромоксидазы, относительно прозрачны для инфракрасного излучения в диапазоне длин волн, близких к видимой части спектра (от 700 до 1000 нм).

Второй принцип основывается на том, что спектр поглощения гемоглобина изменяется в зависимости от его оксигенации: дезоксигенированный гемоглобин сильнее поглощает красный свет и слабее – инфракрасный, по сравнению с оксигенированным гемоглобином.

Третий принцип – это закон Ламберта-Бера, утверждающий, что пропускание света через раствор прямо пропорционально логарифму концентрации поглощающих молекул, длине оптического пути света через раствор и коэффициенту экстинкции вещества на определенной длине волны.

При изучении микроциркуляторного русла различных областей мозга, включающего артериальные, венозные сосуды и капилляры, показатель региональной оксигенации (rSO_2) рассчитывается как среднее значение, примерно на 75–85% определяемого уровнем венозной крови. Показатель церебральной оксигенации (rSO_2) отражает долю оксигенированного гемоглобина

в общем количестве гемоглобина и рассчитывается по следующей формуле: $rSO_2 = HbO_2 / (HbO_2 + Hb)$.

Технология NIRS позволяет отслеживать локальное насыщение кислородом (rSO_2) в ткани мозга, представляя собой динамическое равновесие между поступлением и потреблением кислорода мозговыми структурами [7, 8].

Подтверждением полезности NIRS как инструмента, помогающего оптимизировать ведение пациентов в различных клинических ситуациях, служит большое количество проведенных исследований [9]. Например, в одном из американских исследований, охватившем истории болезни 160 новорожденных, повреждение центральной нервной системы наблюдалось в 45% случаев (у 72 из 160 младенцев). Было установлено, что факторами риска, ассоциированными с поражением ЦНС, являлись тяжелая и средней тяжести асфиксия при рождении (отношение шансов ОШ=8), продолжительность анестезиологической поддержки более 1 часа (ОШ=6), множественность операций (ОШ=4) и длительная искусственная вентиляция лёгких более двух суток (ОШ=17). Оценивая показатели ЦО, исследователи обнаружили статистически значимые различия между группами в течение первых суток жизни, первых и седьмых послеоперационных суток ($p < 0,05$). Между второй группой и контрольной группой отличия также имели статистическую значимость, за исключением значений ЦО правого полушария в первый послеоперационный день ($p = 0,0584$). Исследователи сделали вывод, что у здоровых детей значения ЦО были ниже, чем у детей с врождёнными пороками развития в пред- и послеоперационном периодах, что свидетельствует о возможном временном нарушении функций мозга [10].

В другом ретроспективном исследовании M. Vedrenne-Cloquet и соавт. (2021) во французском педиатрическом отделении интенсивной терапии оценивали ЦО во время проведения экстракорпоральной мембранной оксигенации (ЭКМО) у детей и сравнивали с возникающими осложнениями (ОНМК, летальный исход). В это исследование было включено 63 пациента, из них у 48 (76%) проводилась вено-артериальная ЭКМО. Нарушение церебральной оксигенации определялось как $rScO_2$ ниже 50% или 20% от исходного уровня церебральной оксигенации и выше 80%. По результатам из контрольной группы у 20 пациентов развилось обширное ОНМК. Независимо от стороны поражения, церебральная десатурация имела место у 42 (68%) пациентов, а $rScO_2 > 80\%$ – у 54 (87%) пациентов, из них 31 пациент выживал. Справа ($n = 62$) исходное и среднее значения $rScO_2$ составили соответственно 70 ± 13 и $73 \pm 9\%$. Слева ($n = 61$) исходное и среднее значения $rScO_2$ составили соответственно 73 ± 13 и $75 \pm 9\%$. Между обеими сторонами не было никакой разницы.

Неврологические проблемы отмечались у (49%) выживших (19 из 31), что привело к диагностированию обширного ОНМК у 10 пациентов, малого ОНМК у 8 и отсутствия ОНМК у 1. У пациентов с тяжёлым ОНМК, поражения были в основном двусторонними (16 случаев двусторонних поражений против 4-х правосторонних и 2-х левосторонних) [11]. Несмотря на отсутствие рандомизированных исследований в области нейромониторинга во время экстракорпоральной мембранной оксигенации, в настоящее время в нескольких обсервационных исследованиях отмечается особое значение церебральной оксиметрии у детей [12, 13] и взрослых [13, 14]. Например, в исследовании G. Fischer и соавт. (2011) проводилась церебральная оксиметрия при операциях на дуге аорты, снижение значений $rScO_2$ было связано с серьёзными осложнениями, длительной послеоперационной искусственной вентиляцией легких, более длительным пребыванием в отделении интенсивной терапии и продолжительностью жизни. Все они показали связь между церебральной десатурацией и неблагоприятным неврологическим исходом [14].

Несмотря на усовершенствование методов и технологий в современной анестезиологии, одними из главных проблем остаются гипоксические состояния головного мозга и гипоксемия. Относительно недавно стали проводить анализ показателей ЦО у детей и их возрастные изменения, где отмечалось повышение оксигенации в период с 1 года до 3-х лет. Исследователи связывают данную особенность с активным развитием центральной нервной системы на первом году жизни, когда идет дифференцировка и рост больших полушарий мозга, увеличивается количество нейронов и их связей, а также процессы миелинизации [15, 16].

Исследование, направленное на изучение динамики ЦО у детей при анестезиологическом обеспечении с применением севофлюрана, показало интересные результаты. В эксперименте участвовало 3 группы испытуемых: 2 группы получали моноанестезию диприваном с разными методами индукции, а 3-й группе проводили внутривенную индукцию смесью севофлюрана и фентанила. Все пациенты проходили премедикацию, в ходе которой показатели ЦО оставались стабильными и находились в нормальном диапазоне.

Анализируя полученные данные, ученые пришли к выводу, что постепенное введение севофлюрана представляется предпочтительным вариантом, поскольку оно способствует улучшению кровенаполнения головного мозга, при этом сохраняя стабильность показателей ЦО на протяжении всего периода анестезии. Важно отметить, что показания пульсоксиметрии во всех исследуемых группах соответствовали физиологическим нормам, тогда как показатели церебральной

оксиметрии в 37% случаев демонстрировали снижение относительно первоначальных уровней [17].

Еще в одной работе подчеркнута польза мониторинга ЦО у детей с сердечно-сосудистой патологией. Установлено, что снижение сердечного выброса одновременно коррелирует со снижением показателей ЦО, что провоцирует развитие гипоксического состояния головного мозга у пациентов с дилатационной кардиомиопатией, где снижение ЦО варьировалось от 8 до 27%. Таким образом, поддержание нормальной системной гемодинамики играет ключевую роль в профилактике и лечении гипоксических нарушений [18].

Церебральная оксиметрия широко применяется в неонатальной практике, начиная с 1985 г. Несмотря на большое количество исследований в данной сфере, все также остаётся открытым вопрос о нормативных показателях ЦО в неонатальной и педиатрической практике, в связи с отсутствием крупных популяционных исследований. При этом в исследованиях небольших групп в неонатологии методика ЦО очень показательна и полезна. Например, при мониторинге детей, получающих гипотермию, изменения церебральной оксигенации позволяют в первые 10 ч жизни прогнозировать неблагоприятный исход и корректировать лечебную тактику церебральной ишемии [19, 20].

В работе И.И. Евсюковой и соавт. (2019) по изменению оксигенации мозга в разных циклах сна пришли к выводу, что максимальная $CrSO_2$ ($82,93 \pm 1,08$) и минимальная фракционная тканевая экстракция кислорода $0,126 \pm 0,006$ ($FTOE = (SpO_2 / CrO_2) / SpO_2$) наблюдаются во время ортодоксальной фазы сна. А в парадоксальной фазе происходит десинхронизация ЭЭГ, а значения $CrSO_2$ и FTOE меняются в противоположных направлениях и характерны для бодрствования ребёнка [21]. Таким образом, данное исследование позволит с новой позиции рассматривать степень тяжести перинатального поражения головного мозга и оценивать эффективность проводимой терапии.

Продолжаются активные поиски нейробиологических маркеров, характеризующих поражение головного мозга. За последние 30–35 лет изучено более 60 специфических белков, участвующих в процессах повреждения нервных структур. Наибольший интерес представляют два белка: S-100b и нейронспецифическая энлаза (NSE). Их сочетание с показателями церебральной оксиметрии способно значительно повысить точность ранней диагностики и коррекции гипоксических нарушений у новорожденных и детей.

Исследования показывают, что повышенное содержание этих белков в крови тесно связано с тяжестью течения ишемических заболеваний мозга и развитием поздних неврологических последствий. Так, в работе Н.Н. Поповой (2010) впервые продемонстрирована прямая зависимость между выраженностью

симптомов церебральной ишемии у новорожденных и уровнем нейроспецифических пептидов (белков S100 и NSE), выделяемых поврежденными нервными клетками и астроглией. Повышенные концентрации этих веществ свидетельствуют о повреждении нейронов и астроцитов, сопровождающем острую фазу ишемии, и усиливаются параллельно с ростом клинических признаков заболевания [22].

В пользу технологии NIRS можно привести в пример и другое исследование с участием 48 новорожденных, которые имели респираторные нарушения, а кроме оценки параметров ЦО, использовалась доплерография мозгового кровотока в бассейне СМА, передней мозговой артерии, базилярной артерии и КЦС. По окончании доплерографии было выявлено повышение индекса резистентности в БА и СМА, что характеризовало снижение мозгового кровотока и истощение адаптационных возможностей организма [23, 24].

В рамках исследования, проведенного на выборке из 78 новорожденных с признаками респираторных нарушений, оценивались показатели абдоминальной и церебральной оксиметрии. Несмотря на низкую корреляцию между этими параметрами и результатами клинико-лабораторных тестов (таких, как индекс оксигенации, среднее артериальное давление и др.), наблюдения показали значительную динамику изменений ЦО на начальных этапах интенсивной терапии и при достижении стабильности состояния. Статистический анализ подтвердил высокую значимость этих колебаний ($p < 0,0001$), которые были связаны с изменениями индекса оксигенации, объемом ежедневной инфузионной терапии, концентрацией лактата в крови и количеством используемых вазопрессорных препаратов. Из этого можно заключить, что изменение суточных значений ЦО (ΔCrSO_2) может служить дополнительным показателем тяжести кардиореспираторного статуса и индикатором эффективности интенсивной терапии [25].

В другом исследовании с участием 63 пациентов, находящихся на вено-артериальной ЭКМО, также использовался мониторинг ЦО. Среднее значение церебральной оксигенации (rSO_2) составило около $73 \pm 9\%$ для правого полушария и $75 \pm 9\%$ – для левого. Случаи заметного снижения rSO_2 (более, чем на 20%) по сравнению с базисными значениями ассоциировались с плохими исходами, подчеркивая потенциальную ценность непрерывного мониторинга ЦО в подобной категории пациентов [26].

Одним из самых угрожающих состояний для врача-реаниматолога остается остановка сердечной деятельности. Одним из трендов эффективности СЛР в мире является показатель etCO_2 . Но данный параметр и его мониторинг характеризуют общее состояние сердечно-сосудистой физиологии, тогда как головной мозг, который наиболее восприимчив к ишемии, остаётся

без прицельного мониторинга во время СЛР. В данном исследовании отмечено, что показатели ЦО у детей во время СЛР находились в пределах нормального педиатрического диапазона (50–70%) и являлись хорошим дополнительным критерием для продолжения СЛР и выживания детей [27].

Измерения ЦО (NIRS) отражают региональный метаболизм кислорода и баланс местного снабжения тканей кислородом по сравнению с его потребностью. Тем самым ЦО является дополнением к пульсоксиметрии, которая отражает только доставку кислорода к тканям. Отмечается, что использование NIRS целесообразно и показательно, но лечение и его коррекцию стоит проводить не по абсолютным показателям ЦО, а на тенденции изменений этих показателей [28].

В статье Н. Mitsuta и соавт. (2006) представлено применение технологии NIRS для оценки оксигенации тканей вне головного мозга. Авторы использовали этот метод при трансплантации печени для выявления нарушений гемодинамики и функционирования митохондрий. Исследование включило 36 пациентов, прошедших операцию по пересадке органа от живого донора. С помощью NIRS авторы подтвердили, что нарушение митохондриального окислительно-восстановительного потенциала, обусловленное застойными явлениями после удаления притоков средней печёочной вены, негативно влияет на исход операции. Реконструкция сосудов существенно улучшает дальнейший прогноз восстановления функции печени [29].

Е. Dewhirst и соавт. (2018) провели исследование с участием 30 детей, у которых начальные показатели церебральной оксигенации составляли $81 \pm 9\%$ для левого и $87 \pm 5\%$ – для правого полушарий мозга. Они выяснили, что уменьшение уровня оксигенации (rSO_2) наблюдается при развитии гипокпапии, но быстро восстанавливается при нормализации CO_2 путём возврата к режиму вентиляции с нормальным содержанием углекислого газа ($\text{EtCO}_2 = 35\text{--}40$ мм рт. ст.). Интересно, что коррекция гипокпапии осуществлялась простым увеличением концентрации подаваемого кислорода в дыхательную смесь (60 против 30%). При этом сатурация кислорода (SpO_2) оставалась стабильно высокой – 99–100%. Данные подтверждают, что даже у внешне стабильных пациентов уровень PaCO_2 остаётся важным фактором, определяющим кровообращение и оксигенацию мозга [30].

В другом исследовании участвовали 40 детей, разделённых на 2 группы: первая состояла из 20 пациентов, которым выполнялась лапароскопическая аппендэктомия, вторая – из 20 пациентов, подвергшихся открытой аппендэктомии. Учёные регистрировали и сопоставляли такие показатели, как гемодинамика, церебральная оксигенация, фракция вдохового кислорода, давление углекислого газа в конце выдоха, пиковые давления

дыхательных путей, минутный объём вентиляции, концентрация кислорода на выдохе и вдохе, концентрация севофлюрана и температура тела. Первоначально считалось, что инсуффляция углекислого газа при создании пневмоперитонеума приведёт к уменьшению региональной оксигенации мозга, однако данное предположение не нашло подтверждения в данном исследовании [31]. Напротив, аналогичные исследования других учёных демонстрируют значительное изменение показателей церебральной оксигенации при введении CO_2 в брюшную полость [32].

Несмотря на отсутствие повсеместного внедрения NIRS в рутинную практику детской анестезии, всё большее число исследований показывает потенциал этого метода в выявлении эпизодов десатурации мозга у определённой группы пациентов и при выполнении отдельных видов операций. Особенно ценной технология NIRS может оказаться для новорождённых и грудничков ввиду повышенной чувствительности этих возрастных групп к неврологическим последствиям нарушения церебрального гомеостаза [33, 34]. Однако, несмотря на доказанную способность низкого уровня церебральной оксигенации (ScO_2) указывать на последующий дефицит кислорода, клиническая значимость и универсальность этого подхода пока ещё окончательно не установлены. Некоторые исследования не выявили чёткой корреляции между уровнем церебральной оксигенации и конечным результатом лечения пациентов [35].

Ретроспективный анализ выполненного в 2020 г. исследования с участием 2-х групп кардиохирургических пациентов, где у одной из групп проводился мониторинг церебральной оксигенации, а у другой нет, показал, что методика NIRS помогает предотвратить нежелательные послеоперационные осложнения (ОНМК, ОПН, смерть) по сравнению с контрольной группой без аналогичного мониторинга и влияет на длительность пребывания в стационаре [36].

Отмечая недостатки NIRS стоит упомянуть статью S. Kandachar и соавт. (2020), где описывают случаи анафилактической реакции на введение лекарственных препаратов, во время которой проводился мониторинг церебральной оксигенации, где показатели были завышены в сравнении с изначальными цифрами, что не логично, ведь при анафилаксии происходит гипоперфузия ГМ, а никак не увеличение кровотока [37]. Тем самым можно сделать вывод о ложных данных ЦО в данной клинической ситуации, которое может вызвать ложное чувство безопасности в критических ситуациях потенциальной гипоперфузии и гипоксии, которую NIRS должна демонстрировать в режиме реального времени. В подтверждение эффективности церебральной оксиметрии проводилось исследование, где сравнивали значения NIRS с показателями центральной венозной оксигенации и оксигенации крови из внутренней ярем-

ной вены. Исходя из результатов можно сделать вывод, что изменения во времени ЦО (дельта rSO_2) не позволяют надёжно оценить изменения венозной сатурации (дельта SvO_2) или насыщение крови в яремной вене (дельта SjO_2). При этом, что интересно, rSO_2 лучше коррелирует с показателями венозной сатурации (SvO_2), чем SjO_2 [38].

Так, в исследовании проведённом В. Kussman и соавт. (2009), включавшим 104 ребенка, перенесших кардиохирургическое вмешательство с использованием АИК и гипотермии, не было выявлено корреляционной связи между rSO_2 , SjO_2 , SaO_2 , CEO_2 и концентрацией лактата в крови [39]. Возможно, в данном случае сыграло роль несколько факторов: относительно простая кардиохирургическая популяция и короткий период ИК, ведь в исследовании Т. Sakamoto и соавт. (2004) на поросятах с использованием NIRS было показано, что высокая температура, низкий Ht , щелочной pH и длительная остановка кровообращения являются предикторами тяжёлого повреждения головного мозга, что коррелировало с показателями церебральной оксиметрии [40, 41].

Четыре клинические случая, описанные в статье V. Lecluyse и соавт. (2017), демонстрируют использование непрерывного мониторинга транспорта и доставки O_2 с помощью NIRS-технологии при различных типах шока (геморрагический, кардиогенный и др.). При снижении значений rSO_2 наблюдалось ухудшение клинической ситуации, что являлось сигналом угрозы гомеостазу пациента. Для улучшения прогностического значения церебральной сатурации предполагается использовать её в совокупности с соматической сатурацией (при которой датчик симметрично фиксируется на внутренней стороне предплечий и также в области икроножных мышц). Авторы отмечают многообещающий потенциал в этой сфере соматического мониторинга NIRS в сочетании с церебральной оксиметрией, но остаётся до сих пор открытым вопросом применения данной методики в совокупности с другими клинико-лабораторными маркерами и при создании единой диагностической шкалы [13, 42].

Аппаратура NIRS отличается значительной стоимостью, цена приборов варьируется от 10 до 20 тыс. долларов, а расходники (одноразовые датчики) обходятся в среднем до 100 долларов на каждого пациента. Отсутствие убедительных доказательств эффективности и установленных пороговых значений заставляет критиков считать подобные вложения экономически необоснованными. Каждый производитель предлагает оборудование с различными характеристиками и возможностями. Например, прибор NIRO способен отображать изменения концентрации оксидеогемоглобина и общего гемоглобина, что превосходит функциональность аналогичных устройств

конкурентов. Эта особенность потенциально важна для повышения точности измерений и расширения возможностей применения NIRS. Однако существуют препятствия для широкого распространения данной технологии и формирования качественных доказательных данных высокого класса («уровень А»). Одно из препятствий – многообразие моделей аппаратов и неоднородность показателей, затрудняющих унификацию и сравнение результатов в крупных исследованиях. Необходимость установления общепринятых стандартов и норм пороговых значений является приоритетной задачей.

Кроме того, важны критерии положительности терапевтических вмешательств, основанных на данных мониторинга NIRS, учитывая возможную задержку появления неврологических осложнений. Ещё одной ключевой проблемой является обеспечение надёжности и точности мониторинга, так как отмечено, что неправильное расположение датчиков, цвет кожи (например, при гипербилирубинемии) и другие факторы могут приводить к ошибочным результатам. Ряд исследований оценивает влияние коррекции терапии на основе изменений CrSO_2 на предотвращение когнитивных нарушений, однако противоречивые выводы ставят под вопрос прогностическую ценность NIRS-технологии [43–45].

Заключение

Таким образом, NIRS-мониторинг обладает как преимуществами, так и недостатками при использовании в практике врача анестезиолога-реаниматолога. Его нынешние ограничения включают отсутствие стандартных пороговых значений и убедительных доказательств влияния на улучшение послеоперационного состояния пациентов как в ближайшей, так и в отдаленной перспективе. Вместе с тем, принципы, лежащие в основе метода, а также значительный массив выполненных исследований предоставляют надёжные основы для дальнейшего изучения возможностей NIRS в плане точной оценки и коррекции нарушений мозгового кровообращения и оксигенации, возникающих в процессе анестезии и интенсивной терапии.

Вклад авторов

Разработка концепции и дизайна исследования:

К.А. Клейменов, Е.А. Каменева, Е.В. Григорьев

Подготовка текста: К.А. Клейменов, Е.В. Григорьев, Е.В. Рудаева, В.Г. Мозес

Редактирование текста: В.Г. Мозес, К.Б. Мозес, С.И. Елгина

Утверждение окончательной версии: Е.В. Григорьев, Е.А. Каменева

Author contributions

Concept and design: Kleymenov, Kameneva, Grigoriev

Manuscript drafting: Kleymenov, Grigoriev, Rudaeva, Mozes

Manuscript revising: Mozes, Mozes, Elgina

Final approval of the version to be published: Grigoriev, Kameneva

Литература/References

1. Снисарь В.И., Павлыш А.С. Неинвазивный мониторинг церебральной оксиметрии у детей. *Медицина неотложных состояний*. 2018;6(93):35-41. <https://doi.org/10.22141/2224-0586.6.93.2018.147640>
2. Snisar VI, Pavlysh OS. Non-Invasive Monitoring of Cerebral Oximetry in Children. *EMERGENCY MEDICINE*. 2018;6(93):35-41. (In Russ.). <https://doi.org/10.22141/2224-0586.6.93.2018.147640>
3. Ferrari M, Giannini I, Sideri G, Zanette E. Continuous non invasive monitoring of human brain by near infrared spectroscopy. *Adv Exp Med Biol*. 1985;191:873-882. PMID: 3008520. https://doi.org/10.1007/978-1-4684-3291-6_88
4. Wolfberg AJ, du Plessis AJ. Near-infrared spectroscopy in the fetus and neonate. *Clin Perinatol*. 2006;33(3):707-viii. PMID: 16950321. <https://doi.org/10.1016/j.clp.2006.06.010>
5. Sood BG, McLaughlin K, Cortez J. Near-infrared spectroscopy: applications in neonates. *Semin Fetal Neonatal Med*. 2015;20(3):164-172. PMID: 25934116. <https://doi.org/10.1016/j.siny.2015.03.008>
6. Тебердиева С.О., Ушакова Л.В., Буров А.А., Киртбая А.Р., Крючко Д.С. Клинико-прогностическая ценность церебральной оксиметрии у новорожденных с врожденными пороками развития в периоперационном периоде. *Неонатология: новости, мнения, обучение*. 2017;4(18):88-95. <https://doi.org/10.24411/2308-2402-2017-00008>
7. Teberdieva SO, Ushakova LV, Burov AA, Kirtbaya AR, Kryuchko DS. Clinical and prognostic value of cerebral oximetry in newborns with congenital malformations in the perioperative period. *Neonatology: news, views, education*. 2017;4(18):88-95. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/2308-2402-2017-00008>
8. Bansal V, Smischney NJ, Kashyap R, et al. Reintubation Summation Calculation: A Predictive Score for Extubation Failure in Critically Ill Patients. *Front Med (Lausanne)*. 2022;8:789440. PMID: 35252224. PMCID: PMC8891541. <https://doi.org/10.3389/fmed.2021.789440>
9. Tsou PY, Garcia AV, Yiu A, Vaidya DM, Bembea MM. Association of Cerebral Oximetry with Outcomes after Extracorporeal Membrane Oxygenation. *Neurocrit Care*. 2020;33(2):429-437. PMID: 31925732. PMCID: PMC7842183. <https://doi.org/10.1007/s12028-019-00892-4>
10. Александрович Ю.С., Пшениснов К.В. Мониторинг кислородного статуса при критических состояниях у детей. *Тольяттинский медицинский консилиум*. 2011;5-6:7-13.
11. Alexandrovich YS, Pshenishnov KV. Monitoring of oxygen status of children in critical state. *Toljattinskij medicinskij konsilium*. 2011;5-6:7-13. (In Russ.)
12. Алексеева Е.А., Александров А.Е., Шарков С.М. Возрастные особенности церебральной оксиметрии у детей. *Российский педиатрический журнал*. 2012;5:17-19.
13. Alekseeva EA, Aleksandrov AE, Sharkov SM. Developmental features of cerebral oximetry in children. *Russian pediatric journal*. 2012;5:17-19. (In Russ.)
14. Алексеева Е.А., Александров А.Е., Шарков С.М. Кислородный статус головного мозга у детей в интра- и послеоперационном периоде при проведении ингаляционной анестезии. *Детская хирургия*. 2014;18(4):32-34.
15. Alekseeva EA, Aleksandrov AE, Sharkov SM. Brain oxygen status in children in the intra and postoperative period associated with inhalation anesthesia. *Russian journal of pediatric surgery*. 2014;18(4):32-34. (In Russ.)
16. Vedrenne-Cloquet M, Lévy R, Chareyre J, et al. Association of Cerebral Oximetry with Short-Term Outcome in Critically ill Children Undergoing Extracorporeal Membrane Oxygenation.

Neurocrit Care. 2021;35(2):409-417. PMID: 33432528. <https://doi.org/10.1007/s12028-020-01179-9>

12. Веришко А.С., Гирдюк В.П., Лыщик В.Т. Церебральная оксиметрия и ультразвукография в неинвазивном контроле мозгового кровотока у нейрореанимационных пациентов. *Сборник материалов конференции студентов и молодых ученых, посвященный 60-летию учреждения образования «Гродненский государственный медицинский университет».* 2018:110-111.

Verishko AS, Girdjuk VP, Lyshchik VT. Cerebral' naja oksimetrija i ul'trasonografi ja v neinvazivnom kontrole mozgovogo krovotoka u nejroreanimacionnyh pacientov. *Sbornik materialov konferencii studentov i molodyh uchenyh, posvjashhennyj 60-letiju uchrezhdenija obrazovani ja Grodnenskij gosudarstvennyj medicinskij universitet* 2018:110-111. (In Russ.)

13. Алексеева Е.А., Александров А.Е., Шарков С.М., Басаргина Е.Н., Сугак А.Б., Иванов А.П. Влияние нарушений функциональных параметров сердечно-сосудистой системы на оксигенацию головного мозга у детей. *Анестезиология и реаниматология.* 2014;59(5):45-47.

Alekseeva EA, Aleksandrov AE, Sharkov SM, Basargina EN, Sugak AB, Ivanov AP. Effect of cardiovascular disorders on cerebral oxygenation in children. *Russian Journal of Anaesthesiology and Reanimatology.* 2014;59(5):45-47. (In Russ.)

14. Fischer GW, Lin HM, Krol M, et al. Noninvasive cerebral oxygenation may predict outcome in patients undergoing aortic arch surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2011;141(3):815-821. PMID: 20579669. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2010.05.017>

15. Massaro AN, Govindan RB, Vezina G, et al. Impaired cerebral autoregulation and brain injury in newborns with hypoxic-ischemic encephalopathy treated with hypothermia. *J Neurophysiol.* 2015;114(2):818-824. PMID: 26063779. PMCID: PMC4533061. <https://doi.org/10.1152/jn.00353.2015>

16. Peng S, Boudes E, Tan X, Saint-Martin C, Shevell M, Wintermark P. Does near-infrared spectroscopy identify asphyxiated newborns at risk of developing brain injury during hypothermia treatment?. *Am J Perinatol.* 2015;32(6):555-564. PMID: 25594221. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1396692>

17. Peng C, Hou X. Applications of functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) in neonates. *Neurosci Res.* 2021;170:18-23. PMID: 33347910. <https://doi.org/10.1016/j.neures.2020.11.003>

18. Гнедько Т.В., Капура Н.Г., Санковец Д.Н., Улезко Е.А., Берестень С.А. Показатели церебральной оксигенации и гемодинамики у новорожденных с респираторными расстройствами. *Педиатрия. Восточная Европа.* 2016;4(3):381-388.

Gnedko T, Kapura N, Sankovets D, Ulezko E, Beresten S. Indicators of cerebral oxygenation and hemodynamics in neonates with respiratory disorders. *Pediatrics. Eastern Europe.* 2016; 4(3):381-388. (In Russ.)

19. Санковец Д.Н., Гнедько Т.В., Свирская О.Я. Амплитуда суточных колебаний церебральной оксигенации как критерий эффективности интенсивной терапии у новорожденных с респираторными расстройствами. *Педиатрия. Восточная Европа.* 2020;8(4):498-512. <https://doi.org/10.34883/pi.2020.8.4.002>

Sankovets D, Hnedzko T, Svirskaya O. Daily Amplitude of Cerebral Regional Oxygen Saturation as a Criterion of Effectiveness of Intensive Care in Neonates with Respiratory Disorders. *Pediatrics. Eastern Europe.* 2020;8(4):498-512. (In Russ.). <https://doi.org/10.34883/pi.2020.8.4.002>

20. Санковец Д.Н. Применение церебральной оксиметрии в неонатологии. *Педиатрия. Восточная Европа.* 2015; 4(12):108-117.

Sankovets D.N. Cerebral oximetry: applications in neonatology. *Pediatrics. Eastern Europe.* 2015;4(12):108-117. (In Russ.)

21. Евсюкова И.И., Зверева Н.А., Гурьева Н.Г., Величко Т.А. Изменение оксигенации мозга в цикле сна у здоровых доношенных новорожденных детей. *Педиатрия.* 2019;10(6):5-11. <https://doi.org/10.17816/ped1065-11>

Evsyukova II, Zvereva NA, Gurieva NG, Velichko TA. The feature of brain oxygenation in the sleep cycle of healthy newborn babies. *Pediatrician.* 2019;10(6):5-11. (In Russ.). <https://doi.org/10.17816/ped1065-11>

22. Попова Н.Н. Антенатальные предикторы исходов беременности [автореф. дис. канд. мед. наук]. Ростов-на-Дону. 2010:25.

Popova NN. Antenatalnye prediktory ishodov beremennosti [Cand Med Sci dissertation abstract]. Rostov-on-Don. 2010: 25. (In Russ.)

23. Abramo T, Aggarwal N, Kane I, Crossman K, Meredith M. Cerebral oximetry and cerebral blood flow monitoring in 2 pediatric survivors with out-of-hospital cardiac arrest. *Am J Emerg Med.* 2014;32(4):394.e5-394.e10. PMID: 24275043. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2013.10.039>

24. Chakravarti S, Srivastava S, Mitnacht AJ. Near infrared spectroscopy (NIRS) in children. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth.* 2008;12(1):70-79. PMID: 18387980. <https://doi.org/10.1177/1089253208316444>

25. DiNardo JA. Cerebral Oximetry in Children: So NIRS Yet So Far. *Anesth Analg.* 2019;128(4):605-606. PMID: 30883409. <https://doi.org/10.1213/ane.0000000000002844>

26. Tuna AT, Akkoyun I, Darcin S, Palabiyik O. Effects of carbon dioxide insufflation on regional cerebral oxygenation during laparoscopic surgery in children: a prospective study. *Braz J Anesthesiol.* 2016;66(3):249-253. PMID: 27108820. <https://doi.org/10.1016/j.bjane.2014.10.004>

27. Gipson CL, Johnson GA, Fisher R, et al. Changes in cerebral oximetry during peritoneal insufflation for laparoscopic procedures. *J Minim Access Surg.* 2006;2(2):67-72. PMID: 21170237. PMCID: PMC2997275. <https://doi.org/10.4103/0972-9941.26651>

28. Hirsch JC, Charpie JR, Ohye RG, Gurney JG. Near-infrared spectroscopy: what we know and what we need to know--a systematic review of the congenital heart disease literature. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2009;137(1): 154-159.e12. PMID: 19154918. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2008.08.005>

29. Mitsuta H, Ohdan H, Fudaba Y, et al. Near-infrared spectroscopic analysis of hemodynamics and mitochondrial redox in right lobe grafts in living-donor liver transplantation. *Am J Transplant.* 2006;6(4):797-805. PMID: 16539638. <https://doi.org/10.1111/j.1600-6143.2006.01247.x>

30. Dewhurst E, Walia H, Samora WP, Beebe AC, Klamar JE, Tobias JD. Changes in cerebral oxygenation based on intraoperative ventilation strategy. *Med Devices (Auckl).* 2018;11:253-258. PMID: 30100768. PMCID: PMC6065577. <https://doi.org/10.2147/mder.s158262>

31. Suemori T, Skowno J, Horton S, Bottrell S, Butt W, Davidson AJ. Cerebral oxygen saturation and tissue hemoglobin concentration as predictive markers of early postoperative outcomes after pediatric cardiac surgery. *Paediatr Anaesth.* 2016;26(2):182-189. PMID: 26619804. <https://doi.org/10.1111/pan.12800>

32. Greisen G, Leung T, Wolf M. Has the time come to use near-infrared spectroscopy as a routine clinical tool in preterm infants undergoing intensive care?. *Philos Trans A Math Phys Eng Sci.* 2011;369(1955):4440-4451. PMID: 22006900. PMCID: PMC3263787. <https://doi.org/10.1098/rsta.2011.0261>

33. Juliana N, Abu Yazit NA, Kadiman S, et al. Intraoperative cerebral oximetry in open heart surgeries reduced postoperative complications: A retrospective study. *PLoS One.*

2021;16(5):e0251157. PMID: 34038405. PMCID: PMC8153416. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251157>

34. Knirsch W, Stutz K, Kretschmar O, et al. Regional cerebral oxygenation by NIRS does not correlate with central or jugular venous oxygen saturation during interventional catheterisation in children. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2008;52(10):1370–1374. PMID: 19025530. <https://doi.org/10.1111/j.1399-6576.2008.01703.x>

35. Sakamoto T, Hatsuoka S, Stock UA, et al. Prediction of safe duration of hypothermic circulatory arrest by near-infrared spectroscopy. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2001;122(2):339–350. PMID: 11479508. <https://doi.org/10.1067/mtc.2001.115242>

36. Lian C, Li P, Wang N, Lu Y, Shanguan W. Comparison of basic regional cerebral oxygen saturation values in patients of different ages: a pilot study. *J Int Med Res*. 2020;48(8):300060520936868. PMID: 32833525. PMCID: PMC7448148. <https://doi.org/10.1177/0300060520936868>

37. Kandachar SS, Annamalai A. NIRS: So near yet so far (From the brain). *Ann Card Anaesth*. 2020;23(4):505–507. PMID: 33109813. PMCID: PMC7879887. https://doi.org/10.4103/aca.aca_97_19

38. Korček P, Straňák Z, Širc J, Naulaers G. The role of near-infrared spectroscopy monitoring in preterm infants. *J Perinatol*. 2017;37(10):1070–1077. PMID: 28471443. <https://doi.org/10.1038/jp.2017.60>

39. Kussman BD, Wypij D, DiNardo JA, et al. Cerebral oximetry during infant cardiac surgery: evaluation and relationship to early postoperative outcome. *Anesth Analg*. 2009;108(4):1122–1131. PMID: 19299774. PMCID: PMC2782610. <https://doi.org/10.1213/ane.0b013e318199dcd2>

40. Sakamoto T, Zurakowski D, Duebener LF, et al. Interaction of temperature with hematocrit level and pH determines safe duration of hypothermic circulatory arrest. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2004;128(2):220–232. PMID: 15282458. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2003.11.070>

41. Zogogiannis ID, Iatrou CA, Lazarides MK, et al. Evaluation of an intraoperative algorithm based on near-infrared refracted spectroscopy monitoring, in the intraoperative decision for shunt placement, in patients undergoing carotid endarterectomy. *Middle East J Anaesthesiol*. 2011;21(3):367–373. PMID: 22428491

42. Lecluyse V, Couture EJ, Denault AY. A Proposed Approach to Cerebral and Somatic Desaturation in the Intensive Care Unit: Preliminary Experience and Review. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2017;31(5):1805–1809. PMID: 28552296. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2017.02.175>

43. Kussman BD, Wypij D, Laussen PC, et al. Relationship of intraoperative cerebral oxygen saturation to neurodevelopmental outcome and brain magnetic resonance imaging at 1 year of age in infants undergoing biventricular repair. *Circulation*. 2010;122(3):245–254. PMID: 20606124. PMCID: PMC2945235. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.109.902338>

44. Vretzakīs G, Georgopoulou S, Stamoulis K, et al. Monitoring of brain oxygen saturation (INVOS) in a protocol to direct blood transfusions during cardiac surgery: a prospective randomized clinical trial. *J Cardiothorac Surg*. 2013;8:145. PMID: 23758929. PMCID: PMC3691733. <https://doi.org/10.1186/1749-8090-8-145>

45. Holmgaard F, Vedel AG, Rasmussen LS, Paulson OB, Nilsson JC, Ravn HB. The association between postoperative cognitive dysfunction and cerebral oximetry during cardiac surgery: a secondary analysis of a randomised trial. *Br J Anaesth*. 2019;123(2):196–205. PMID: 31104758. PMCID: PMC6676044. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2019.03.045>

Сведения об авторах

Клейменов Кирилл Александрович, врач анестезиолог-реаниматолог, Кузбасская областная клиническая больница им. С.В. Беляева (Кемерово, Россия). <https://orcid.org/0009-0003-6499-012X>

Григорьев Евгений Валерьевич, д. м. н., профессор РАН, заместитель директора по научной и лечебной работе, Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний (Кемерово, Россия). <https://orcid.org/0000-0001-8370-3083>

Каменева Евгения Александровна, д. м. н., врач анестезиолог-реаниматолог, главный врач, Кузбасская клиническая больница скорой медицинской помощи им. М.А. Подгорбунского (Кемерово, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-5993-2027>

Мозес Вадим Гельевич, д. м. н., профессор, заместитель главного врача по научной деятельности, Кузбасская областная клиническая больница им. С.В. Беляева (Кемерово, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-3269-9018>

Рудаева Елена Владимировна, к. м. н., доцент, доцент кафедры акушерства и гинекологии им. Г.А. Ушаковой, Кемеровский государственный медицинский университет (Кемерово, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-6599-9906>

Елгина Светлана Ивановна, д. м. н., доцент, профессор кафедры акушерства и гинекологии им. Г.А. Ушаковой, Кемеровский государственный медицинский университет (Кемерово, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-6966-2681>

Мозес Кира Борисовна, ассистент кафедры поликлинической терапии и сестринского дела, Кемеровский государственный медицинский университет (Кемерово, Россия). <https://orcid.org/0000-0003-2906-6217>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author credentials

Kirill A. Kleymenov, Anesthesiologist Intensivist, Kuzbass Regional Clinical Hospital named after S.V. Belyaeva (Kemerovo, Russian Federation). <https://orcid.org/0009-0003-6499-012X>

Evgeny V. Grigoriev, Dr Sci. (Med.), Professor of the Russian Academy of Sciences, Deputy Director for Scientific and Medical Affairs, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Disease (Kemerovo, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0001-8370-3083>

Evgeniya A. Kamenewa, Dr. Sci. (Med.), Anesthesiologist Intensivist, Chief Physician, Kuzbass Clinical Hospital of Emergency Medical Care named after M.A. Podgorbunsky (Kemerovo, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-5993-2027>

Vadim G. Mozes, Dr. Sci. (Med.), Professor, Deputy Chief Physician for Scientific Affairs, Kuzbass Regional Clinical Hospital named after S.V. Belyaeva (Kemerovo, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-3269-9018>

Elena V. Rudaeva, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Obstetrics and Gynecology named after Prof. G.A. Ushakova, Kemerovo State Medical University (Kemerovo, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-6599-9906>

Svetlana I. Elgina, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Obstetrics and Gynecology named after Prof. G.A. Ushakova, Kemerovo State Medical University (Kemerovo, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-6966-2681>

Mozes Kira Borisovna, Assistant Professor, Department of Outpatient Therapy, Postgraduate Training and Nursing, Kemerovo State Medical University (Kemerovo, Russia). <https://orcid.org/0000-0003-2906-6217>

Conflict of interest: none declared.