

ЧЕМ ПОМОЖЕТ ПЕРФУЗИОННЫЙ ИНДЕКС АНЕСТЕЗИОЛОГУ В ЭНДОСКОПИЧЕСКОЙ РИНОСИНУСОХИРУРГИИ

Павлов В.Е.

ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург, e-mail: pavlov-vladimir2007@yandex.ru

Перфузионный индекс представляет собой дополнительный диагностический инструмент, позволяющий объективизировать состояние периферического кровотока, от которого зависит интенсивность локальной кровоточивости при эндоскопической риносинусохирургии. Цель работы – оценить возможность применения перфузионного индекса для оптимизации анестезиологического обеспечения при эндоскопических риносинусохирургических вмешательствах. Материалы – публикации из научных российских и международных баз данных. Поиск выполнялся по ключевым словам. Перфузионный индекс характеризуется выраженной асимметрией в основном у пациентов, находящихся в критических состояниях и/или имеющих другие выраженные патологические состояния (такие как сердечная недостаточность, гиповолемия, гипотермия), которые могут оказывать значительное влияние на перфузию периферических тканей. У пациентов со стабильной гемодинамикой перфузионный индекс является точным инструментом для оценки изменений периферической перфузии во время общей анестезии. Для снижения интенсивности интраоперационного кровотечения применяется управляемая гипотония посредством повышения концентрации ингаляционного анестетика или введения дополнительных повышенных доз наркотических анальгетиков. Однако эта методика, кроме снижения артериального давления, приводит к развитию периферической вазоплегии и повышению диффузной кровоточивости мягких тканей. Интраоперационное целевое управление показателями перфузионного индекса позволяет поддерживать достаточный уровень анестезии без необходимости значительного снижения среднего артериального давления, что повышает безопасность оперативного вмешательства. Для интраоперационного поддержания перфузионного индекса в нормальных значениях возможно применение терлипессина. Целевое управление периферической перфузией позволяет оптимизировать выполнение эндоскопических риносинусохирургических вмешательств в условиях общей анестезии.

Ключевые слова: перфузионный индекс, индекс перфузии, периферическая перфузия, кровотечение в риносинусохирургии, контроль кровотечения, видимость операционного поля.

HOW CAN ANESTHESIOLOGIST USE THE PERFUSION INDEX IN ENDOSCOPIC RHINOSINUS SURGERY

Pavlov V.E.

Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, Saint Petersburg, e-mail: pavlov-vladimir2007@yandex.ru

The perfusion index is an additional diagnostic tool that allows you to objectify the condition of peripheral blood flow, which determines the intensity of local bleeding during endoscopic rhinosinus surgery. Objective - to evaluate the possibility of using the perfusion index to optimize anesthesia in endoscopic rhinosinus surgery. Materials and methods - publications from scientific Russian and international databases. The search was performed by keywords. The perfusion index is characterized by a pronounced asymmetry, mainly in patients who are in critical condition and / or have other severe pathological conditions (heart failure, hypovolemia, hypothermia), which can have a significant effect on the perfusion of peripheral tissues. The perfusion index is an accurate tool for assessing changes in peripheral perfusion during general anesthesia in hemodynamically stable patients. Controlled hypotension is applied by increasing the concentration of inhalation anesthetic or introducing additional increased dosages of narcotic analgesics in order to reduce the intensity of intraoperative bleeding. However, this technique leads to the development of peripheral vasoplegia and an increase in diffuse soft tissue bleeding in addition to lowering blood pressure. Intraoperative target management of the perfusion index allows maintaining a sufficient level of anesthesia without the need for a significant decrease in mean arterial pressure, which increases the safety of surgical intervention. It is possible to use terlipressin for intraoperative maintenance of the perfusion index in normal values. Targeted management of peripheral perfusion allows optimizing the performance of endoscopic rhinosinus surgery under general anesthesia.

Keywords: perfusion index, peripheral perfusion, bleeding in rhinosinus surgery, bleeding control, quality of surgical field.

Перфузионный индекс (ПИ) представляет собой соотношение между пульсирующими и неппульсирующими сосудами капиллярной сети, детектируемое с помощью пульсоксиметрического датчика (пульсоксиметрия) [1, 2]. Сужение и расширение периферических сосудов под действием артериальной пульсации кровотока вызывают соответствующее изменение амплитуды сигнала, получаемого с выхода фотодетектора. Далее происходят математическая обработка сигнала и представление его в процентном выражении. ПИ – это оценка силы пульса в конкретном месте мониторинга, например на руке, пальце или стопе [3]. Величина ПИ может регистрироваться в диапазоне 0,02–20,0% [1, 2, 3]. ПИ косвенно характеризует состояние сердечного выброса и баланса между симпатической и парасимпатической нервными системами и может представлять собой дополнительный диагностический инструмент, позволяющий объективизировать состояние периферического кровотока [2]. Известно, что нормальные значения ПИ находятся в пределах 1–5% [2], по другим данным – 2,9–6,2 % [4]. Есть сообщения и о том, что показания ПИ могут быть сильно варьировать, поэтому целесообразно исследовать его в динамике [5, 6]. Таким образом, ПИ представляет собой дополнительный диагностический инструмент, позволяющий объективизировать состояние периферического кровотока, который, в том числе, определяет интенсивность локальной кровоточивости при эндоскопической риносинусохирургии [7]. Однако в некоторых случаях, например у пациента, подключенного к аппарату искусственного кровообращения, периферическая перфузия может быть хорошей, но пульсирующая часть сигнала – почти нулевая из-за отсутствия пульса [2]. Эндоскопическая риносинусохирургия (ЭРСХ) – это минимально инвазивный метод хирургического вмешательства с прямой визуализацией с помощью эндоскопической техники. Количество эндоскопических риносинусохирургических вмешательств (ЭРСХ вмешательств) значительно увеличилось за последние годы и продолжает неуклонно расти [8, 9]. По сравнению с методикой открытого операционного доступа ЭРСХ вмешательства характеризуются отчетливым симптоматическим улучшением и меньшим количеством осложнений [8, 10, 11]. Осложнения, связанные с ЭРСХ вмешательствами, часто возникают вследствие локальной кровоточивости. Даже небольшие участки кровотечения могут значительно снижать видимость операционного поля, что способно приводить к отказу от планируемого объема оперативного вмешательства или развитию осложнений [12, 13]. Увеличение локальной кровоточивости может наблюдаться при избыточном периферическом кровотоке, связанном с применением нитроглицерина или повышением уровня глубины анестезии, особенно ингаляционной [14, 15]. Существует несколько способов оценки периферического кровотока, в том числе с помощью контактной видеоэндоскопии [16]. Своевременная оценка степени периферического кровотока с помощью ПИ позволяет

эффективно управлять степенью локальной кровотоочивости при ЭРСХ вмешательствах и может обладать рядом других преимуществ [7].

Цель работы: оценить возможность применения перфузионного индекса для оптимизации анестезиологического обеспечения при эндоскопических риносинусохирургических вмешательствах.

Материал и методы исследования. Были проанализированы публикации из научных российских и международных баз данных. Поиск выполнялся по ключевым словам: «перфузионный индекс», «индекс перфузии», «периферическая перфузия», «кровотечение в риносинусохирургии», «контроль кровотечения».

Результаты исследования и их обсуждение. В настоящее время ПИ широко применяется в анестезиологии и реаниматологии как неинвазивный косвенный показатель ряда гемодинамических параметров. J. Nøjlund et al. в 2020 г. провели оригинальное исследование, посвященное связи ПИ со значениями показателей центральной гемодинамики во время оперативных вмешательств в условиях общей анестезии. В ходе оперативного вмешательства авторы оценивали связь между ПИ и средним артериальным давлением, сердечным выбросом, положением на операционном столе. В результате исследования были установлены сильные корреляционные связи между ПИ и гемодинамическими показателями во время общей анестезии [17]. Однако в ряде других исследований указывается на неточность ПИ при оценке параметров центральной гемодинамики. Эти исследования проведены на пациентах, находящихся в критических состояниях и/или имеющих другие патологические состояния (такие как сердечная недостаточность, гиповолемия), которые могут оказывать значительное влияние на перфузию тканей [18]. A.P. Lima et al. при исследовании группы здоровых добровольцев и пациентов, находящихся в критическом состоянии, выяснили, что ПИ характеризуется выраженной асимметрией, значения колебались от 0,3% до 10,0%. Также авторы указали, что мониторинг ПИ может использоваться для оценки влияния терапии на периферическую перфузию у пациентов в критическом состоянии [1]. Также в ряде публикаций имеются указания на то, что ПИ характеризуется значительной вариабельностью, а оценка выполняется в динамике, в сравнении с исходными значениями [1, 19, 20]. Однако исследования, указывающие на неточность ПИ для мониторинга центральной гемодинамики, выполнены в основном у пациентов, находящихся в критическом состоянии и/или имеющих другие выраженные патологические состояния (такие как сердечная недостаточность, гиповолемия, гипотермия), которые могут оказывать значительное влияние на перфузию периферических тканей. В периоперационном периоде ПИ может применяться для оценки степени седации, глубины общей анестезии, адекватности обезболивания, как прогностический критерий пробуждения, восстановления самостоятельного дыхания.

Седация

В 2016 г. в США А. Hasanin et al. выполнили исследование по значимости роли ПИ в оценке боли у пациентов, находящихся в критическом состоянии. Проспективное наблюдательное исследование было проведено с участием 87 неинтубированных пациентов, находившихся под седацией в хирургическом отделении интенсивной терапии. Не было обнаружено корреляции между значениями ПИ и ЧСС, АД, шкалой оценки боли. Болевая стимуляция приводила к значимому снижению ПИ, также была выявлена корреляционная связь между изменениями ПИ и показателями шкалы оценки боли у неинтубированных больных [21]. В другом исследовании 2021 г. авторы показали, что ПИ не следует использовать для оценки боли у интубированных пациентов, находящихся в отделении реанимации в послеоперационном периоде. Динамика изменений ПИ показала низкую степень корреляции с выраженностью динамики болевого синдрома у интубированных хирургических пациентов в критическом состоянии [22]. В исследовании Т. Ezri et al. была оценена возможность диагностики вегетативной реактивности сосудов кожи на ноцицептивные стимулы путем измерения амплитуды плетизмографической волны пульсоксиметра. Во время коротких гинекологических процедур (50 пациенток, подвергающихся дилатации шейки матки и выскабливанию) в условиях седации с периодическими болюсами фентанила и пропофола интраоперационно регистрировали увеличение амплитуды волны с 0–1 баллов до 4–5 баллов, что было эквивалентно «глубокой» степени седации. Используя этот метод, авторы смогли предотвратить гемодинамический ответ и движения пациента путем введения ранних болюсов пропофола. У 48 из 50 пациенток (96%) метод оказался надежным при оценке глубины анестезии. У 2 оставшихся пациенток были признаки гиповолемии, вызванной маточным кровотечением, что делало метод ненадежным из-за периферической вазоконстрикции [23].

Общая анестезия

Н. Nager et al. показали, что при обширных абдоминальных операциях длительностью $3,6 \pm 0,5$ часа была получена сильная корреляционная связь ПИ и концентрации севофлюрана в конце выдоха ($R=0,48$, $p<0,001$). Также установлено, что градиент температуры поверхности кожи предплечья и кончиков пальцев не коррелировал с ПИ ($R=0,22$, $p=0,15$). В заключение авторы указали, что ПИ является точным инструментом для оценки изменений периферической перфузии во время общей ингаляционной анестезии севофлюраном [24]. Н.С. Abdel-Ghaffar et al. в 2021 г. провели сравнительное исследование диагностической значимости ПИ и слуховых вызванных потенциалов для оценки параметров общей анестезии при тонзиллэктомии у детей. Авторы пришли к выводу, что глубина анестезии и выраженность хирургического воздействия могут влиять на ПИ, который является недорогим

и доступным инструментом прогнозирования потребности в увеличении глубины анестезии и обезболивания в операционных с большим оборотом операционного стола. ПИ был значительно ниже во время поверхностной анестезии и значительно увеличивался при углублении степени анестезии, обратно пропорционально показателям слуховых вызванных потенциалов. Средний предоперационный ПИ составлял 0,7%, а пороговое значение ПИ за 1 минуту до самостоятельного открывания – 0,78%. Изменения ПИ отражают как в общих анестетиках, так и в анальгетиках [25]. В работе Ю.С. Александровича и соавт. 2021 г. показано, что ПИ у детей с ваготонией после индукции внутривенной анестезии кетаминотенотаном снижался более чем в 2 раза, а с симпатотонией – более чем в 3 раза. При использовании тиопентала натрия ПИ не изменялся, а при индукции пропофолом увеличивался. В ходе оперативного вмешательства и поддержания внутривенной анестезии при всех видах анестезии ПИ снижался в 2–3 раза. Авторы сделали вывод, что снижение значений ПИ во время операции независимо от вегетативного статуса указывает на существенное увеличение общего периферического сосудистого сопротивления, что, вероятнее всего, связано с симпатической стимуляцией, которая преобладает у детей всех групп сразу после индукции внутривенной анестезии [26]. В.Г. Сальников в диссертационном исследовании, посвященном состоянию периферической гемодинамики в периоперационном периоде, сделал выводы о том, что показатели вариабельности ПИ и скорости пульсовой волны обладают высокой чувствительностью к ноцицептивному воздействию и позволяют оценить адекватность анальгетического компонента анестезии. Также выявлена корреляционная связь между концентрациями препаратов для общей анестезии и значениями перфузионного индекса в периоперационном периоде [27]. В работе A. Krishnamohan et al. была выявлена сильная корреляция между ПИ и минимальной альвеолярной концентрацией анестетика ($r^2=0,33$, 95% ДИ 0,18–0,47). ПИ значительно увеличивался при увеличении глубины анестезии и возвращался к исходному уровню после прекращения действия анестетика. По мере увеличения глубины анестезии симпатический тонус снижается, что приводит к периферической вазодилатации. И, наоборот, болевые раздражители могут привести к повышению симпатического тонуса и, следовательно, к периферической вазоконстрикции. В заключение авторы демонстрируют возможность использования ПИ в клинической практике в качестве дополнительного показателя, помогающего оценить глубину анестезии. Результаты исследования показали, что существует четкая корреляция между индексом перфузии, началом и окончанием анестезии у детей [28].

Адекватность обезболивания

В исследовании N. Toshiki, посвященном влиянию болевого стимула на ПИ в сознании, включающем 70 здоровых добровольцев разных возрастных групп, показано, что ПИ, в

отличие от ЧСС, значительно снижается при воздействии болевого раздражителя. ПИ может быть независимым параметром, отражающим восприятие болевых раздражителей, и может быть использован для объективной оценки восприятия боли [29]. В ряде исследований указывается также на то, что в старших возрастных группах исследуемых показатели ПИ в ответ на стимул изменяются в меньшей степени [29, 30]. В 2015 г. O. Noiseth et al. в своем исследовании оценивали показатели ПИ у здоровых добровольцев при болевой стимуляции и моделировании гиповолемии (локальной гипотермии исследуемой конечности). Авторы пришли к выводу, что гиповолемия может затруднять диагностику выраженности болевого синдрома с помощью ПИ, так как и гиповолемия, и болевая стимуляция оказывают значимое влияние на ПИ [18].

Пробуждение и восстановление спонтанного дыхания

Lotfy et al. показали, что использование ПИ возможно для прогнозирования успешного отлучения от ИВЛ. По данным многофакторного анализа, единственными независимыми факторами риска повторной интубации были возраст пациента и ПИ. Отсутствие увеличения ПИ в конце пробы самостоятельного дыхания предсказывало риск повторной интубации в 95% случаев. Авторы продемонстрировали, что ПИ может быть дополнительным инструментом при решении вопроса об экстубации пациента и позволит избежать рисков необоснованной повторной интубации [19]. P.P. Liu включал в исследование детей в возрасте от 1 до 5 лет со стабильной гемодинамикой, которым планировалась плановая герниопластика, при этом было показано, что ПИ и биспектральный индекс давали сопоставимые результаты для прогнозирования пробуждения после анестезии севофлураном. Авторы указывают, что при выходе из анестезии сначала появляются признаки вегетативного восстановления (изменения ПИ), затем восстанавливаются стволовые рефлексy, далее появляется рефлекторная двигательная активность, прежде чем дети могут сознательно реагировать на простые команды. Возможность диагностики различных уровней возбуждения во время выхода из анестезии может быть особенно полезна для безопасного пробуждения пациентов в педиатрической практике, а также для увеличения оборота операционной [31]. B. Enekvist et al. провели исследование среди 20 пациентов, не имеющих выраженной соматической патологии, которым было выполнено плановое оперативное вмешательство в условиях общей ингаляционной анестезии севофлураном. Интраоперационно гиповолемии и гипотермии не зарегистрированы, адренергические препараты не вводились. За 15 минут до индукции анестезии корреляция между ПИ и биспектральным индексом составляла $r^2=0,67$ ($p<0,05$), а в период от окончания операции до открытия глаз – $r^2=0,36$ ($p<0,05$). Авторы пришли к выводу, что у гемодинамически стабильных пациентов значения ПИ могут быть полезным

показателем для оценки времени восстановления сознания у пациентов после общей анестезии [32].

Перфузионный индекс в риносинусохирургии

Эндоскопические риносинусохирургические вмешательства характеризуются минимальной инвазивностью и травматичностью, низким риском развития значительной кровопотери, высоким процентом хорошего функционального результата и часто могут выполняться в стационаре одного дня. В то же время развитие даже незначительного диффузного кровотечения из мягких тканей и слизистой оболочки полости носа затрудняет визуализацию операционного поля, увеличивает время операции, и в ряде случаев хирургу приходится отказываться от плана оперативного вмешательства или изменять его. Для снижения интенсивности интраоперационного кровотечения анестезиологом часто применяется управляемая гипотония посредством повышения концентрации ингаляционного анестетика или введения дополнительных повышенных дозировок наркотических анальгетиков. Однако эта методика не лишена недостатков и может повышать риски оперативного вмешательства. Кроме снижения артериального давления, эти мероприятия приводят к развитию периферической вазоплегии и повышению диффузной кровоточивости мягких тканей, а также в ряде случаев – к рефлекторной тахикардии. Поэтому в исследованиях, посвященных снижению интенсивности кровотечения при эндоскопических риносинусохирургических вмешательствах, авторы указывают на необходимость контроля глубины анестезии в нормальных пределах [12, 14]. Интраоперационное целевое управление показателями ПИ при ЭРСХ вмешательствах позволяет поддерживать достаточный уровень анестезии без необходимости значительного снижения среднего артериального давления, что повышает безопасность оперативного вмешательства. Интраоперационная нормотензия и адекватная глубина анестезии способствуют более быстрому пробуждению в послеоперационном периоде, что особенно значимо при высоком обороте операционного стола в стационаре одного дня [12]. Для интраоперационного поддержания ПИ в нормальных значениях стоит обратить внимание на возможность применения терлипрессина – синтетического аналога вазопрессина, который успешно используется в акушерской практике. Механизм действия терлипрессина основан на снижении кровотока за счет сужения артериол, венул и вен висцеральных органов. При внутривенном введении терлипрессин также способствует дозозависимому увеличению прокоагулянтной и фибринолитической активности. Терлипрессин активно используется в реализации кровесберегающих технологий в абдоминальной хирургии, а также в акушерстве и гинекологии. Имеются сообщения об эффективном применении терлипрессина для оказания медицинской помощи пациентам с носовыми кровотечениями [33].

Заключение

При анализе публикаций по ключевым словам не было найдено достаточного количества убедительных литературных данных, подтверждающих широкое применение перфузионного индекса во время эндоскопических риносинусохирургических вмешательств. В результате анализа имеющейся информации можно сделать выводы о том, что целевое управление периферической перфузией позволит оптимизировать выполнение ЭРСХ вмешательств в условиях общей анестезии, однако эта область недостаточно изучена, имеются противоречивые данные, необходимы дальнейшие исследования.

Список литературы

1. Lima A.P., Beelen P., Bakker J. Use of a peripheral perfusion index derived from the pulse oximetry signal as a noninvasive indicator of perfusion. Crit Care Med. 2002. vol. 30. no 6. P. 1210-1213. DOI: 10.1097/00003246-200206000-00006.
2. Курсов С.В. Перфузионный индекс в практике анестезиологии и интенсивной терапии (Обзор литературы) // Медицина неотложных состояний. 2015. № 7 (70). С. 20-25.
3. Clinical Applications of Perfusion Index.pdf. [Электронный ресурс]. URL: https://www.masimo.co.uk/siteassets/uk/documents/pdf/clinical-evidence/whitepapers/lab3410f_whitepapers_perfusion_index.pdf (дата обращения: 17.07.2022).
4. Savastano S., Baldi E., Contri E., De Pirro A., Sciutti F., Compagnoni S., Fracchia R., Primi R., Frigerio L., Gentile F.R., Visconti L.O., Palo A. Post-ROSC peripheral perfusion index discriminates 30-day survival after out-of-hospital cardiac arrest. Intern Emerg Med. 2021. vol. 16. no 2. P. 455-462. DOI: 10.1007/s11739-020-02430-z.
5. Hasanin A., Mukhtar A., Nassar H. Perfusion indices revisited. J. Intensive Care. 2017. vol. 5. P. 24. DOI: 10.1186/s40560-017-0220-5.
6. Nakasuji M., Nakasuji K. Causes of arterial hypotension during anesthetic induction with propofol investigated with perfusion index and ClearSight™ in young and elderly patients. Minerva Anesthesiol. 2021. vol. 87. no 6. P. 640-647. DOI: 10.23736/S0375-9393.21.15226-5.
7. Павлов В.Е., Полушин Ю.С., Колотиллов Л.В., Карпищенко С.А. Влияние способа поддержания проходимости дыхательных путей при эндоскопических риносинусохирургических вмешательствах на кровоточивость в области операционного поля // Вестник анестезиологии и реаниматологии. 2022. № 2 (19). С. 32-39.
8. Dessouky O., Hopkins C. Surgical versus medical interventions in CRS and nasal polyps: comparative evidence between medical and surgical efficacy. Curr Allergy Asthma Rep. 2015. vol. 15. no 11. P. 66. DOI: 10.1007/s11882-015-0566-5.

9. Georgalas C., Cornet M., Adriaensen G., Reinartz S., Holland C., Prokopakis E., Fokkens W. Evidence-based surgery for chronic rhinosinusitis with and without nasal polyps. *Curr Allergy Asthma Rep.* 2014. vol. 14. no 4. P. 427. DOI: 10.1007/s11882-014-0427-7.
10. Dalziel K., Stein K., Round A., Garside R., Royle P. Endoscopic sinus surgery for the excision of nasal polyps: A systematic review of safety and effectiveness. *Am J. Rhinol.* 2006. vol. 20. no 5. P. 506-519. DOI: 10.2500/ajr.2006.20.2923.
11. Sharma R., Lakhani R., Rimmer J., Hopkins C. Surgical interventions for chronic rhinosinusitis with nasal polyps. *Cochrane Database Syst Rev.* 2014. no 11. P. CD006990. DOI: 10.1002/14651858.
12. Boonmak P., Boonmak S., Laopaiboon M. Deliberate hypotension with propofol under anaesthesia for functional endoscopic sinus surgery (FESS). *Cochrane Database Syst Rev.* 2016. vol. 10. no 10. P. CD006623. DOI: 10.1002/14651858.
13. Павлов В.Е., Карпищенко С.А. Внутривенное применение лидокаина в составе общей комбинированной анестезии в ринопластике // *Folia Otorhinolaryngologiae et Pathologiae Respiratoriae.* 2018. Т. 24. № 3. С. 1-8.
14. Nair S., Collins M., Hung P., Rees G., Close D., Wormald P.J. The effect of beta-blocker premedication on the surgical field during endoscopic sinus surgery. *Laryngoscope.* 2004. vol. 114. no 6. P. 1042-1046. DOI: 10.1097/00005537-200406000-00016.
15. Boezaart A.P., Van der Merwe J., Coetzee A.R. Re: Moderate controlled hypotension with sodium nitroprusside does not improve surgical conditions or decrease blood loss in endoscopic sinus surgery. *J. Clin. Anesth.* 2001. vol. 13. no 4. P. 319-320. DOI: 10.1016/s0952-8180(01)00247-1.
16. Павлов В.Е., Карпищенко С.А. Патент № 2766738 С1 Российская Федерация, МПК A61B 5/00, A61B 17/24. Способ оценки эффективности снижения предполагаемого интраоперационного кровотечения при эндоскопической эндоназальной ринопластике: № 2021102300: заявл. 01.02.2021; опубл. 15.03.2022.
17. Højlund J., Agerskov M., Clemmesen C.G., Hvolris L.E., Foss N.B. The Peripheral Perfusion Index tracks systemic haemodynamics during general anaesthesia. *J. Clin. Monit. Comput.* 2020. vol. 34. no 6. P. 1177-1184. DOI: 10.1007/s10877-019-00420-x.
18. Høiseth L.Ø., Hisdal J., Hoff I.E., Hagen O.A., Landsverk S.A., Kirkebøen K.A. Tissue oxygen saturation and finger perfusion index in central hypovolemia: influence of pain. *Crit Care Med.* 2015. vol. 43. no 4. P. 747-756. DOI: 10.1097/CCM.0000000000000766.
19. Lotfy A., Hasanin A., Rashad M., Mostafa M., Saad D., Mahmoud M., Hamimy W., Fouad A.Z. Peripheral perfusion index as a predictor of failed weaning from mechanical ventilation. *J. Clin. Monit. Comput.* 2021. vol. 35. no 2. P. 405-412. DOI: 10.1007/s10877-020-00483-1.

20. Hasanin A., Mukhtar A., Nassar H. Perfusion indices revisited. *J. Intensive Care*. 2017. vol. 5. P. 24. DOI: 10.1186/s40560-017-0220-5.
21. Hasanin A., Mohamed S.A.R., El-Adawy A. Evaluation of perfusion index as a tool for pain assessment in critically ill patients. *J. Clin. Monit. Comput.* 2017. vol. 31. no 5. P. 961-965. DOI: 10.1007/s10877-016-9936-3.
22. Abdelhakeem A.K., Amin A., Hasanin A., Mukhtar A., Eladawy A., Kassem S. Validity of Pulse Oximetry-derived Peripheral Perfusion Index in Pain Assessment in Critically Ill Intubated Patients. *Clin. J. Pain*. 2021. vol. 37. no 12. P. 904-907. DOI: 10.1097/AJP.0000000000000982.
23. Ezri T., Steinmetz A., Geva D., Szmuk P. Skin vasomotor reflex as a measure of depth of anesthesia. *Anesthesiology*. 1998. vol. 89. no 5. P. 1281-1282. DOI: 10.1097/00000542-199811000-00041.
24. Hager H. Perfusion Index-A valuable tool to assess changes in peripheral perfusion caused by sevoflurane. *Anesthesiology*. 2003. vol. 99. P. A593.
25. Abdel-Ghaffar H.S., Abdel-Wahab A.H., Roushdy M.M. Using the Perfusion Index to predict changes in the depth of anesthesia in children compared with the A-line Autoregression Index: an observational study. *Braz. J. Anesthesiol.* 2021. P. S0104-0014(21)00198-6. DOI: 10.1016/j.bjane.2021.04.030.
26. Александрович Ю.С., Рыбьянов В.В., Пшениснов К.В., Александрович И.В. Вариабельность ритма сердца у детей во время оториноларингологических операций в условиях общей анестезии // *Анестезиология и реаниматология (Медиа Сфера)*. 2021. № 1. С. 17-24. DOI: 10.17116/anaesthesiology202101117.
27. Сальников В.Г. Состояние периферической гемодинамики в периоперационном периоде: дис. ... канд. мед. наук. Санкт-Петербург, 2010. 135 с.
28. Krishnamohan A., Siriwardana V., Skowno J.J. Using a pulse oximeter to determine clinical depth of anesthesia-investigation of the utility of the perfusion index. *Pediatr Anesth.* 2016. vol. 26. P. 1106-1111.
29. Nishimura T., Nakae A., Shibata M., Mashimo T., Fujino Y. Age-related and sex-related changes in perfusion index in response to noxious electrical stimulation in healthy subjects. *J. Pain Res.* 2014. vol. 7. P. 1-7. DOI: 10.2147/JPR.S57140.
30. Kenney W.L., Armstrong C.G. Reflex peripheral vasoconstriction is diminished in older men. *J. Appl. Physiol.* (1985). 1996. vol. 80. no 2. P. 512-515. DOI: 10.1152/jappl.1996.80.2.512.
31. Liu P.P., Wu C., Wu J.Z., Zhang M.Z., Zheng J.J., Shen Y., He P., Sun Y. The prediction probabilities for emergence from sevoflurane anesthesia in children: A comparison of the perfusion index and the bispectral index. *Paediatr Anaesth.* 2018. vol. 28. no 3. P. 281-286. DOI: 10.1111/pan.13324.

32. Enekvist B., Johansson A. Pulse perfusion value predicts eye opening after sevoflurane anaesthesia: an explorative study. *J. Clin. Monit. Comput.* 2015. vol. 29. no 4. P. 461-465. DOI: 10.1007/s10877-014-9623-1.
33. Павлов В.Е., Полушин Ю.С., Колотилов Л.В. Анестезиологические возможности контроля интраоперационного кровотечения при эндоскопических риносинусхирургических вмешательствах // *Вестник анестезиологии и реаниматологии*. 2022. Т. 19. № 1. С. 75-81. DOI: 10.21292/2078-5658-2022-19-1-75-81.