

ДИАГНОСТИКА И ЛЕЧЕНИЕ БОЛИ

<https://doi.org/10.21320/1818-474X-2024-2-159-171>

Мультимодальный мониторинг с использованием индекса анальгезии и ноцицепции (ANI) в ходе катетерной абляции сердца у пациентов с синусовым ритмом и кратковременно-индуцируемой предсердной аритмией: проспективное наблюдательное исследование

К.С. Беляков , И.А. Русякова *, В.А. Маринин , Э.З. Шамсутдинова 

ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

Реферат

АКТУАЛЬНОСТЬ: Катетерная абляция (КА) является болезненной процедурой, требующей оценки баланса между ноцицепцией, ассоциированной с хирургической травмой, и антиноцицепцией, связанной с анестезией. **ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ:** Оценить эффективность системы мониторинга «ANI Monitor» для анестезиологии, реанимации, интенсивной терапии у пациентов с синусовым ритмом и кратковременно-индуцируемой (< 1 мин) предсердной аритмией (КИПА). **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ:** В исследовании основную группу составили 94 пациента с КА и ANI Monitor. Группу контроля составили 94 пациента со стандартным (гемодинамическим) мониторингом, отобранные по методу «копи-пара». Интенсивность боли оценивалась по цифровой рейтинговой шкале (ЦРШ). На этапе катетеризации бедренной вены у всех пациентов использована регионарная анестезия, тогда как на этапе КА процедурная седация и/или анальгезия (ПСА) поддерживалась введением пропофола и фентанила (под контролем ANI Monitor). Статистическую обработку информации проводили с использованием программ Statistica 10.0 и SPSS. **РЕЗУЛЬТАТЫ:** Отрицательная корреляция между ЦРШ и ANIm зарегистрирована на этапе КА под ПСА у пациентов с синусовым ритмом и КИПА ($r = -0,37$). Пороговое значение ANIm, равное 56,0, определило пациентов с ЦРШ > 3 баллов с чувствительностью 60 %, специфичностью 100 % и площадью под ROC-кривой AUC 0,81. Значимых изменений гемо-

PAIN MANAGEMENT

Multimodal monitoring using the Analgesia Nociception Index (ANI) during catheter ablation of the heart in patients with sinus rhythm and short-term induced atrial arrhythmia: prospective observational study

K.S. Belyakov , I.A. Ruslyakova *, V.A. Marinin , E.Z. Shamsutdinova 

North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, St. Petersburg, Russia

Abstract

INTRODUCTION: Catheter ablation (CA) is a painful procedure requiring an assessment of the balance between nociception associated with surgical trauma and anesthesia induced antinociception. **OBJECTIVE:** To evaluate the effectiveness of the monitoring system “ANI Monitor” for anesthesia and intensive care in patients with sinus rhythm and short-term induced (< 1 min) atrial arrhythmia (STIAA). **MATERIALS AND METHODS:** The study group of our trial consisted of 94 patients with CA and ANI Monitor. The control group consisted of 94 patients, selected using the “copy-pair” method, with standard (hemodynamic) monitoring. A Numerical Rating Scale (NRS) was used for assessment the intensity of pain. At the stage of femoral vein catheterization in all patients regional anesthesia was performed, at the CA stage, procedural sedation and/or analgesia (PSA) was titrated with the administration of propofol and fentanyl (under the control with ANI Monitor). Statistical data processing was carried out using Statistica 10.0 and SPSS programs. **RESULTS:** At the stage of CA under PSA, negative correlation was found between NRS and ANIm in patients with sinus rhythm and STIAA ($r = -0.37$). At the threshold of 56.0 the sensitivity and specificity of ANIm in detecting NRS > 3 were 60 and 100%, respectively, corresponding to ROC curve AUC of 0.81. Significant changes in hemodynamic reactivity were not registered. It was revealed the reduction of fentanyl administration in patients of the study group (0.04 ± 0.02 and 0.05 ± 0.03 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$, respectively, $p < 0.001$) under

динамической реактивности зарегистрировано не было. Введение фентанила под контролем ANI Monitor демонстрирует снижение дозы у пациентов основной группы ($0,04 \pm 0,02$ и $0,05 \pm 0,03$ мкг/кг/мин соответственно, $p < 0,001$). **ВЫВОДЫ:** ANI Monitor при проведении КА пациентам с синусовым ритмом и КИПА более эффективен в выявлении ноцицептивных повреждающих стимулов в ходе КА сердца по сравнению со стандартным (гемодинамическим) мониторингом. Использование ANI Monitor для контроля введения фентанила создает условия для проведения опиоидсберегающей анестезии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ANI Monitor, интраоперационный мониторинг, катетерная абляция

* *Для корреспонденции:* Русякова Ирина Анатольевна — канд. мед. наук, заведующая отделением реанимации и интенсивной терапии, ассистент кафедры анестезиологии и реаниматологии им. В.Л. Ваневского, ФГБОУ ВО «СЗГМУ им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: irina.ruslyakova@szgmu.ru

☑ *Для цитирования:* Беляков К.С., Русякова И.А., Маринин В.А., Шамсутдинова Э.З. Мультиmodalный мониторинг с использованием индекса анальгезии и ноцицепции (ANI) в ходе катетерной абляции сердца у пациентов с синусовым ритмом и кратковременно-индуцируемой предсердной аритмией: проспективное наблюдательное исследование. Вестник интенсивной терапии им. А.И. Салтанова. 2024;2:159–171. <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2024-2-159-171>

📅 *Поступила:* 26.09.2023

📅 *Принята к печати:* 28.02.2024

📅 *Дата онлайн-публикации:* 27.04.2024

the control of ANI Monitor. **CONCLUSIONS:** ANI Monitor during CA in patients with sinus rhythm and STIAA was more effective in detecting harmful nociceptive stimuli compared to standard (hemodynamic) monitoring. The use of ANI Monitor to control the fentanyl administration could create conditions for opioid-sparing anesthesia.

KEYWORDS: ANI Monitor, intraoperative monitoring, catheter ablation

* *For correspondence:* Irina A. Ruslyakova — Cand. Med. Sci., Head of the Intensive Care Unit, Assistant, V.L. Vanevskii Department of Anaesthesiology and Reanimatology of North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, St. Petersburg, Russia; e-mail: irina.ruslyakova@szgmu.ru

☑ *For citation:* Belyakov K.S., Ruslyakova I.A., Marinin V.A., Shamsutdinova E.Z. Multimodal monitoring using the Analgesia Nociception Index (ANI) during catheter ablation of the heart in patients with sinus rhythm and short-term induced atrial arrhythmia: prospective observational study. Annals of Critical Care. 2024;2:159–171. <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2024-2-159-171>

📅 *Received:* 26.09.2023

📅 *Accepted:* 28.02.2024

📅 *Published online:* 27.04.2024

DOI: 10.21320/1818-474X-2024-2-159-171

Введение

Глобальная распространенность нарушений ритма сердца в 2016 г. составляла 43,6 млн человек, а уже в 2019 г. — 59,7 млн человек [1]. Тип аритмии, неоднородность и вариабельность травматического и рефлексогенного воздействия, интервенционный опыт центров и наличие анестезиологической службы, а также возраст пациентов и коморбидная патология определяют выбор анестетика и глубины седации при катетерной абляции (КА) [2]. Катетерная радиочастотная (РЧ) абляция при сердечных аритмиях является болезненной процедурой. По данным Munkler et al., о процедурной боли сообщили 7,7 % пациентов, а 16 % сообщили о побочных эффектах, например, послеоперационной тош-

ноте и эпизодах головной боли [3]. Возможной причиной процедурной боли является повышение активности в областях коры, связанных с болью, предположительно из-за неадекватной блокады афферентных ноцицепторов, возникающих в сердечно-сосудистой системе [4]. Интраоперационная ноцицепция — это центральная модуляция стимулов от хирургического повреждения ткани в поведенческие, вегетативные и гормональные реакции [5]. На сегодняшний день не существует объективной и абсолютной меры ноцицепции и боли [6], а также нет «золотого стандарта» для количественной оценки ноцицепции [7]. Специфичность соматических и вегетативных реакций оказалась недостаточной для оценки ноцицепции, а использование гемодинамических изменений в качестве маркеров адекватного обезболива-

ния привело к чрезмерному применению опиоидов [8]. Неоптимальное введение опиоидов способствует увеличению частоты побочных эффектов, таких как тошнота, рвота, депрессия дыхания, толерантность к опиоидам [9] и вызванная опиоидами гиперальгезия, причем последняя имеет первостепенное значение, поскольку способствует усилению послеоперационной боли и может инициировать механизмы, ответственные за хроническую боль [10]. Мониторинг ноцицепции необходим для оценки баланса между ноцицепцией, вызванной хирургической травмой, и антиноцицепцией, вызванной анестезией.

Мониторинг и модуляция интраоперационной ноцицепции представляют собой сложную проблему [11]. Выбор использования того или иного метода оценки ноцицепции в основном зависит от клинического контекста и общей цели мониторинга [12]. Методики оценки ноцицепции и ограничения методик представлены в Приложении.

Отмечается тенденция к интеграции индексов баланса ноцицепции и анальгезии в анестезиологические мониторы, что позволяет регистрировать другую биометрическую информацию параллельно. Например, индекс CARDEAN (cardiovascular depth of analgesia) был интегрирован в монитор Philips Intellivue®, а индекс HFVI (high frequency variability index) — в монитор MDoloris Medical Systems. HFVI использует тот же алгоритм расчета, что и индекс ANI [13]. Индекс ANI рассчитывается на основе высокочастотного компонента variability сердечного ритма (BCP) [14], модулированного влиянием частоты/ритма дыхания, и отображает мгновенное (ANIi) и 2-минутное скользящее среднее (ANIm) значение индекса ANI. В случае ноцицепции повышается симпатический тонус и снижается парасимпатический тонус, что приводит к снижению значений ANI (ниже 50) и гемодинамической реактивности [15].

Многочисленные исследования свидетельствуют, что вариации индекса ANI идентифицируют и отражают вегетативную реактивность на ноцицептивную стимуляцию при проведении анестезии с ингаляционными [16], ингаляционными анестетиками [17]. Некоторые авторы оценили эффективность ANI Monitor в выявлении ноцицептивных стимулов у пациентов с процедурной седацией и анальгезией (ПСА) [18, 19]. Болезненность катетерной абляции сердечных аритмий диктует необходимость использования объективного мониторинга интраоперационной ноцицепции, однако большинство методик мониторинга ноцицепции имеют ограничения для пациентов с аритмиями (Приложение). Развитие технологий и, в частности, применение 3D-картирования аритмогенных зон перед катетерной абляцией позволило выявлять аритмогенные зоны без индуцирования сердечных аритмий или с кратковременно-индуцируемой аритмией, что позволило нам предположить возможность эффективного применения ANI Monitor у данной категории пациентов.

Цель исследования

Оценить эффективность системы мониторинга «ANI Monitor» для анестезиологии, реанимации, интенсивной терапии у пациентов с синусовым ритмом и кратковременно-индуцируемой (< 1 мин) предсердной аритмией (КИПА) в ходе КА.

В исследовании мы проверили гипотезу о том, что применение ANI Monitor при проведении анестезии в ходе КА улучшит выявление ноцицептивных стимулов и позволит сократить дозу опиоидных анальгетиков у пациентов с синусовым ритмом и кратковременно-индуцируемой (< 1 мин) предсердной аритмией (КИПА).

Материалы и методы

Проспективное наблюдательное исследование было проведено в период с апреля 2022 г. по май 2023 г. (протокол № 4 заседания локального этического комитета ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова от 06.04.2022). В исследование были включены 188 пациентов с III классом по American Society of Anesthesiologists (ASA) [20]. КА проводилась в плановом порядке в рентгенохирургической операционной для лечения больных со сложными нарушениями ритма сердца. Все пациенты в ходе оперативного вмешательства находились под наблюдением с помощью поверхностной электрокардиограммы с четырех отведений и внутрисердечных электрограмм (CARTO® 3, Biosense Webster, Johnson & Johnson Med-Tech, США), частоты дыхательных движений (ЧДД), сатурации (SpO₂) и неинвазивного артериального давления (НИАД), (GE B 30, General Electric Company, США). На момент проведения процедуры у всех пациентов был синусовый ритм. В дальнейшем провоцировали/индуцировали предсердную аритмию, которая была поводом для проведения операции, с целью ее картирования и последующего лечения. При проведении КА в группах учитывали индекс абляции. Основную группу составили 94 пациента с синусовым ритмом и КИПА в ходе проведения КА с мониторингом баланса ноцицепции/антиноцицепции (ANI Monitor). Группу контроля составили 94 пациента, подобранные парно-сопряженным отбором (метод «копи-пара» по типу индуцируемой аритмии, виду и длительности оперативного вмешательства, полу, индексу коморбидной патологии Чарлсона (Charlson Comorbidity Index, CCI). В день операции антиаритмическая терапия проведена препаратами II класса (β-адреноблокаторы). Значения ANI регистрировали в следующих точках: до катетеризации бедренной вены (КБВ) (1); на этапе КБВ (2); после введения фентанила до КА (3); на этапе КА (4); на этапе гемостаза (5). На этапе КБВ по методу Сельдингера под контролем рентгенотелевизионной системы применялась РЧ абляция с использованием лидокаина от 2,5 до 4,5 мг/кг. Уровень

седации в ходе операции варьировал от поверхностного до умеренного (RASS –1/–2) и достигался внутривенным дробным болюсным введением пропофола. Дозирование фентанила осуществлялось по ANI (при снижении индекса < 50). Гемодинамические параметры (частота сердечных сокращений (ЧСС), систолическое артериальное давление (САД), диастолическое артериальное давление (ДАД)), ЧДД, SpO₂, оценка боли по цифровой рейтинговой шкале (ЦРШ) (табл. 1) регистрировались в те же временные точки.

Для фиксации оценки боли по ЦРШ у пациентов с RASS –1/–2 на этапе КА использовался вербальный контакт (вопрос был коротким и повторен трижды).

Оценка по ЦРШ, равная 3 баллам, была принята в качестве порога для сравнения значений ANI, так как ЦРШ > 3 баллов означает наличие боли от умеренной до сильной и используется для старта терапевтических вмешательств. В конце хирургического вмешательства применялась шкала оценки удовлетворенности анестезиологическим сопровождением (ОУАС; Iowa

Satisfaction with Anesthesia Scale [ISAS] в модификации Синбуховой Е.В.) [21], используемая в рутинной практике отделения с января 2020 г.

Критерии включения: 1) планируемая КА; 2) синусовый ритм; 3) III класс по классификации ASA; 4) согласие пациента; 5) возраст пациентов > 18 или < 75 лет.

Критерии исключения: 1) пациенты с экстренными операциями; 2) пациенты с хронической болью или расстройствами вегетативной нервной системы; 3) пациенты с ССИ > 3 баллов; 4) пациенты с индексом массы тела (ИМТ) ≥ 30 кг/м²; 5) пациенты с кардиостимулятором и/или введением атропина. Блок-схема исследования представлена на рис. 1.

Статистическую обработку информации проводили с использованием программ Statistica 10.0 и SPSS. Характеристики пациентов и сравнение в группах проводили с оценкой соответствия распределений количественных показателей нормальному закону (критерий Колмогорова—Смирнова). Для количественных переменных, распределение которых отличалось от нормаль-

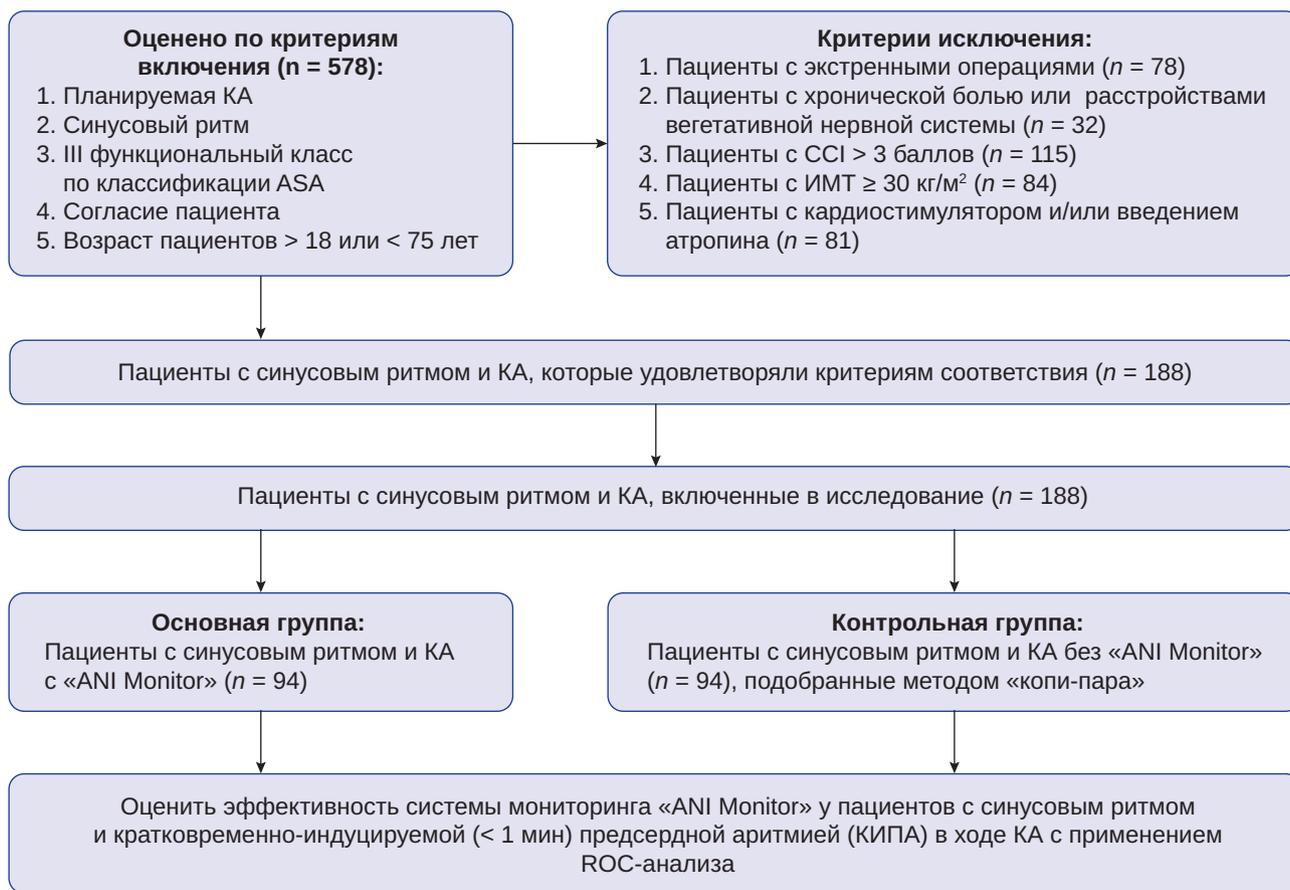


Рис. 1. Блок-схема исследования

ССИ — индекс коморбидной патологии Чарлсона; ИМТ — индекс массы тела; КИПА — кратковременно-индуцируемая предсердная аритмия; КА — катетерная абляция.

Fig. 1. Study flowchart

CCI — Charlson comorbidity index; ИМТ — body mass index (BMI); КИПА — short-term induced atrial arrhythmia (STIAA); КА — (CA) catheter ablation.

Таблица 1. Цифровая рейтинговая (числовая ранговая) шкала боли

Table 1. The Numerical Rating Scale

Пожалуйста, оцените интенсивность боли, которую Вы испытываете в настоящее время										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Боли нет					Умеренная боль				Очень сильная боль	

Примечание: ЦРШ состоит из последовательного ряда чисел от 0 до 10. Пациентам предлагается оценить интенсивность боли цифрами: 0 — боль отсутствует; 5 — умеренная боль; 10 — самая сильная боль, которую себе можно представить.

Note: The NRS consists of a sequential series of numbers from 0 to 10. Patients are asked to rate the intensity of pain using numbers: 0 — no pain; 5 — moderate pain and 10 — the worst pain imaginable.

Таблица 2. Сравнение основной и контрольной групп (n = 188)

Table 2. Comparison of the main and control groups (n = 188)

Параметр	Основная группа (n = 94)	Контрольная группа (n = 94)	p
Возраст, лет	61,38 ± 11,35	53,84 ± 15,10	0,0005*
Женский пол, n (%)	54 (57,40 %)	57 (60,60 %)	0,6564
ИМТ, кг/м ²	28,15 ± 4,94	25,35 ± 3,90	< 0,0001**
ССИ, баллы	2,11 ± 1,17	1,87 ± 1,06	0,2197
Оперативное вмешательство, n (%)			
РЧ-изоляция устьев легочных вен	70 (74,50 %)	66 (70,20 %)	0,3064
РЧ-модификация АВ-соединения	20 (21,30 %)	23 (24,50 %)	
РЧА ДПП	2 (2,10 %)	0 (0 %)	
КА каво-трикуспидального истмуса	2 (2,10 %)	5 (5,30 %)	
Сердечные ритмы на этапе КА, n (%)			
Синусовый ритм	70 (74,50 %)	58 (61,70 %)	0,0081
СВТ	23 (24,50 %)	23 (24,50 %)	
ТП	1 (1,10 %)	5 (5,30 %)	
ФП	0 (0 %)	8 (8,50 %)	
Время абляции, с	52,36 ± 2,06	50,87 ± 0,93	< 0,0001**
Длительность операции, мин	53,46 ± 17,67	50,95 ± 28,00	0,1528
ЦРШ > 3 баллов при КА, n (%)	25 (26,60 %)	20 (21,30 %)	0,3928
Доза фентанила, мкг/кг/мин	0,04 ± 0,02	0,05 ± 0,03	< 0,0001**
Доза пропофола, мг/кг/мин	0,22 ± 0,06	0,27 ± 0,05	0,0609
Осложнения (всего), %	0 (0 %)	3 (3,30 %)	0,1551
Шкала ОУАС, баллы	153,96 ± 3,00	152,30 ± 5,39	0,0494*

*,** Статистически значимые различия.

ССИ — Charlson comorbidity index; ИМТ — индекс массы тела; КА — катетерная абляция; ОУАС — оценка удовлетворенности анестезиологическим сопровождением; РЧ — радиочастотная; РЧА ДПП — радиочастотная абляция дополнительного проводящего пути проведения; СВТ — суправентрикулярная тахикардия; ТП — трепетание предсердий; ФП — фибрилляция предсердий; ЦРШ — цифровая рейтинговая шкала.

*,** Statistically significant differences.

ССИ — Charlson comorbidity index; ИМТ — body mass index (BMI); КА — catheter ablation (CA); ОУАС — assessment of satisfaction with anesthesiological support (OAAS); РЧ — radio frequency (RF); РЧА ДПП — radiofrequency ablation of an additional conduction pathway (RFA DPP); СВТ — supraventricular tachycardia (SVT); ТП — atrial flutter (AFL); ФП — atrial fibrillation (AF); ЦРШ — The Numerical Rating Scale (NRS).

ного значения, данные представлены в виде медианы и квартилей. При сравнительном анализе двух независимых групп использовался критерий Манна—Уитни; при сравнении показателей на этапах оперативного лечения применяли дисперсионный анализ по Фридману и критерий Уилкоксона. Рассчитывался 95%-й доверительный интервал (95 % ДИ). Структура качественных показателей представлена распределением частот (%), сравнение которых в независимых группах выполнялось критерием χ^2 Пирсона. Взаимосвязь количественных показателей оценивалась посредством коэффициента корреляции. Оценка силы связи коэффициентов корреляции проведена по шкале Чеддока. Анализ осуществлялся с помощью метода ранговой корреляции Спирмена. Различия измеряемых величин признавались значимыми при уровне $p < 0,05$. Для вычисления пороговых значений ANI, классифицирующих пациентов на 2 группы по уровню ЦРШ (> 3 и ≤ 3) на этапах КБВ и абляции, выполнялся ROC-анализ с построением характеристической кривой (Receiver Operator Characteristic curve). Диагностическую информативность метода оценивали путем определения площади под ROC-кривой (AUC или Area Under Curve). Точка на ROC-кривой, максимизирующая сумму чувствительности и специфичности классификации, выбиралась в качестве оптимального порогового значения. Результаты диагностического теста с площадью под ROC-кривой AUC, равные 0,8, классифицировались как хорошие.

Результаты исследования

Основная и контрольная группы были сопоставимы по полу, ССИ, функциональному классу ASA, анестезиологическому пособию, виду оперативного вмешательства и его продолжительности, сердечному ритму

до операции и типам КИПА. Были выявлены различия между сравниваемыми группами по возрасту и массе тела. Пациенты основной группы были старше (возраст в основной группе — $61,38 \pm 11,35$ года, в контрольной — $53,84 \pm 15,10$ года, $p = 0,0005$) и имели избыточный вес (ИМТ в основной группе — $28,15 \pm 4,94$ кг/м², в контрольной — $25,35 \pm 3,90$ кг/м², $p < 0,0001$). Различия по времени абляции составили в основной группе $52,36 \pm 2,06$ с, в контрольной — $50,87 \pm 0,93$ с, $p < 0,0001$. Сравнение основной и контрольной групп представлено в табл. 2.

Регистрация значений ANI Monitor проводилась в ходе всего анестезиологического пособия (табл. 3).

На этапе КБВ при проведении РЧ абляции у 22 (23,4 %) пациентов основной группы с синусовым ритмом был выявлен болевой синдром с показателем по ЦРШ > 3 баллов, что сопровождалось снижением показателей ANIi. Выявленная умеренная отрицательная взаимосвязь была статистически значимой ($r = -0,44$; $p < 0,0001$). Пороговое значение ANIi, равное 51,0, разделило пациентов с ЦРШ > 3 и ЦРШ ≤ 3 баллов с чувствительностью 68,18 % и специфичностью 92,96 %. Площадь под ROC-кривой AUC 0,78 (95 % ДИ 0,71–0,85; $p < 0,001$) для ANIi у пациентов на этапе КБВ с РА, что свидетельствует о хорошем качестве информативности прогностической модели. Параллельно регистрировались показатели ANIm. Отрицательная корреляция между ANIm и ЦРШ была статистически значимой ($r = -0,39$; $p < 0,0001$). Пороговое значение ANIm, равное 47,0, разделило пациентов с ЦРШ > 3 и ЦРШ ≤ 3 баллов с чувствительностью 54,55 % и специфичностью 100,00 %. Площадь под ROC-кривой AUC 0,75 (95 % ДИ 0,68–0,82; $p < 0,001$) для ANIm у пациентов на этапе КБВ с РА, что свидетельствует о хорошем качестве информативности прогностической модели. Ретроспективный анализ контрольной группы не выявил указаний в протоколах анестезии и операции о болевом синдроме на эта-

Таблица 3. Количество измерений ANI Monitor на этапах оперативного вмешательства и значения ANI и ЦРШ ($n = 94$)

Table 3. Number of ANI Monitor measurements at the stages of surgery and ANI and NRS values ($n = 94$)

Этапы	Количество измерений, $M \pm SD$		Значения, $Me (Q1-Q3)$		ЦРШ, $M \pm SD$
	ANIi	ANIm	ANIi	ANIm	
До КБВ (фон)	$5,5 \pm 1,3$	$1,5 \pm 0,7$	75,00(65,25–79,00)	69,00 (60,00–76,00)	0
КБВ	$11,0 \pm 1,0$	$3,5 \pm 0,7$	69,50 (52,00–80,00)	68,00 (59,00–79,00)	$0,6 \pm 1,8$
После фентанила до КА	$4,0 \pm 1,0$	$1,0 \pm 0,0$	72,00 (61,00–82,00)	67,00 (54,25–80,00)	0
КА	$53,0 \pm 17,0$	$13,0 \pm 3,0$	70,00 (58,50–78,00)	64,50 (58,00–76,00)	$1,5 \pm 2,4$
Гемостаз	$12,5 \pm 1,9$	$2,5 \pm 0,7$	72,00 (60,50–80,00)	68,00 (60,00–80,00)	0

ANI — индекс анальгезии и ноцицепции; КА — катетерная абляция; КБВ — катетеризация бедренной вены; ЦРШ — цифровая рейтинговая шкала.

ANI — analgesia and nociception index; КА — catheter ablation (CA); КБВ — femoral vein catheterization (FVC); ЦРШ — The Numerical Rating Scale (NRS).

пе КБВ. На этапе КА у пациентов основной группы болевой синдром с оценкой по ЦРШ > 3 баллов был выявлен у 25 (26,60 %) пациентов, тогда как в контрольной — у 20 (21,30 %) пациентов соответственно, $p = 0,3928$. При сравнении гемодинамической реактивности внутри групп по уровню ЦРШ ≤ 3 и ЦРШ > 3 были зарегистрированы следующие изменения, представленные в табл. 4.

Отличия зарегистрированы в основной группе по ЧСС между пациентами с ЦРШ > 3 и пациентами с ЦРШ ≤ 3 баллов ($77,76 \pm 17,69$ и $68,81 \pm 14,46$ уд./мин соответственно, $p = 0,0175$). Анализ динамики ЧСС на этапах после введения фентанила до КА и на КА в основной группе продемонстрировал снижение ЧСС с $80,72 \pm 23,84$ уд./мин до $77,76 \pm 17,69$ уд./мин, что составило 3,62 %. Сравнения в контрольной группе выявили различия по ДАД между пациентами с ЦРШ > 3 и пациентами с ЦРШ ≤ 3 баллов ($72,35 \pm 6,14$ и $75,61 \pm 5,15$ мм рт. ст. соответственно, $p = 0,0338$).

Разница в ANI была значимой между пациентами с ЦРШ ≤ 3 и ЦРШ > 3. Показатель ANI у 69 (73,4 %) пациентов основной группы с ЦРШ ≤ 3 составил $72,88 \pm 10,11$, тогда как у 25 (26,6 %) пациентов с ЦРШ > 3 баллов $54,40 \pm 16,09$ соответственно,

$p < 0,0001$. ANIm у 69 пациентов основной группы с ЦРШ ≤ 3 составил $68,30 \pm 11,39$, тогда как у 25 пациентов с ЦРШ > 3 баллов $60,64 \pm 12,80$ соответственно, $p = 0,0084$. На этапе КА у пациентов с синусовым ритмом и КИПА под поверхностной/умеренной седацией (RASS -1/-2) выявлена статистически незначимая отрицательная взаимосвязь между ЦРШ и ANI ($r = -0,15$; $p = 0,1370$). Пороговое значение ANI, равное 56,0, разделило пациентов с ЦРШ > 3 и ЦРШ ≤ 3 баллов с чувствительностью 48,00 % и специфичностью 88,41 %. Площадь под ROC-кривой AUC 0,68 (95 % ДИ 0,64–0,71; $p < 0,001$) для ANI у пациентов с синусовым ритмом и КИПА на этапе КА под умеренной/поверхностной седацией, что свидетельствует о среднем качестве информативности прогностической модели.

Выявленная статистически значимая отрицательная умеренная взаимосвязь между интенсивностью боли с оценкой по ЦРШ и ANIm ($r = -0,37$; $p = 0,0003$) на этапе абляции в основной группе у 94 пациентов представлена на рис. 2.

Пороговое значение ANIm, равное 56,0, разделило пациентов с ЦРШ > 3 и ЦРШ ≤ 3 баллов с чувствительностью 60,00 % и специфичностью 100,00 %. Площадь под ROC-кривой AUC 0,81 (95 % ДИ 0,74–0,88; $p < 0,001$)

Таблица 4. Гемодинамическая реактивность в исследуемых группах при боли с оценкой по ЦРШ ≤ 3 и ЦРШ > 3 ($n = 188$)

Table 5. Hemodynamic reactivity in the study groups when pain NRS ≤ 3 and NRS > 3 ($n = 188$)

Гемодинамическая реактивность	ЦРШ > 3 ($n = 45$)	ЦРШ ≤ 3 ($n = 143$)	p
САД, мм рт. ст.	$126,51 \pm 22,75$	$125,02 \pm 14,39$	0,6539
ДАД, мм рт. ст.	$75,24 \pm 9,68$	$75,55 \pm 7,52$	0,4746
ЧСС, уд/мин	$75,02 \pm 14,42$	$71,08 \pm 12,84$	0,1701
Основная группа ($n = 94$)			
Гемодинамическая реактивность	ЦРШ > 3 ($n = 25$)	ЦРШ ≤ 3 ($n = 69$)	p
САД, мм рт. ст.	$134,00 \pm 27,22$	$130,78 \pm 18,21$	0,8438
ДАД, мм рт. ст.	$77,56 \pm 11,38$	$75,49 \pm 9,48$	0,4652
ЧСС, уд/мин	$77,76 \pm 17,69$	$68,81 \pm 14,46$	0,0175*
Контрольная группа ($n = 94$)			
Гемодинамическая реактивность	ЦРШ > 3 ($n = 20$)	ЦРШ ≤ 3 ($n = 74$)	p
САД, мм рт. ст.	$117,15 \pm 9,84$	$119,65 \pm 5,78$	0,4919
ДАД, мм рт. ст.	$72,35 \pm 6,14$	$75,61 \pm 5,15$	0,0338*
ЧСС, уд/мин	$71,60 \pm 7,99$	$73,20 \pm 10,80$	0,4759
* Статистически значимые различия. ДАД — диастолическое артериальное давление; САД — систолическое артериальное давление; ЦРШ — цифровая рейтинговая шкала; ЧСС — частота сердечных сокращений. * Differences are statistically significant. ДАД — diastolic blood pressure (DBP); САД — systolic blood pressure (SBP); ЦРШ — The Numerical Rating Scale (NRS); ЧСС — heart rate (HR).			

для ANIm у пациентов с синусовым ритмом и КИПА на этапе КА под умеренной/поверхностной седацией, что свидетельствует об очень хорошем качестве информативности прогностической модели.

В результирующей табл. 5 представлены пороговые значения и диагностическая информативность ANI в выявлении боли/ноцицепции у пациентов на этапах КБВ и КА.

Суммарная доза фентанила в основной группе составила $0,04 \pm 0,02$ мкг/кг/мин, тогда как в контрольной $0,05 \pm 0,03$ мкг/кг/мин, соответственно, $p < 0,001$.

Сравнение общей удовлетворенности пациентов по шкале ОУАС в основной и контрольной группах продемонстрировало статистически достоверную разницу между исследуемыми группами (см. табл. 1). Балл по шкале ОУАС у пациентов основной группы был выше, чем у пациентов контрольной ($153,96 \pm 3,00$ и $152,30 \pm 5,39$ соответственно, $p = 0,0494$).

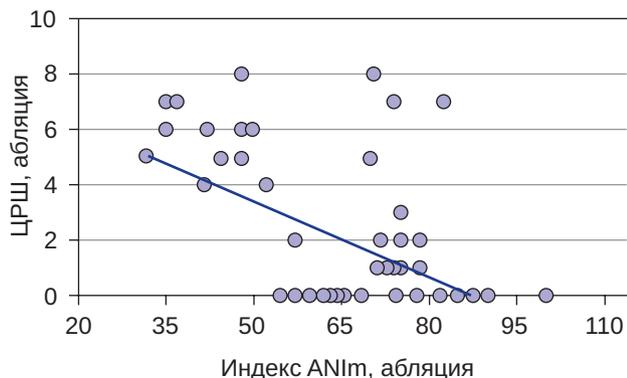


Рис. 2. Корреляция между ЦРШ и ANIm на этапе КА ($n = 94$)

* Равные зарегистрированные значения ANIm (точки) отображаются как одна.

ЦРШ — цифровая рейтинговая шкала.

Fig. 2. Correlation between NRS and ANIm at the CA stage ($n = 94$)

* Equal registered ANIm values (points) are displayed as one.

NRS — The Numerical Rating Scale.

Обсуждение

Мультимодальные подходы, направленные на поддержание оптимального баланса ноцицепции и анальгезии, обеспечивают снижение послеоперационной тошноты и рвоты, остаточной послеоперационной седации и послеоперационной боли и имеют решающее значение для сокращения сроков госпитализации, не связанной с процедурой [22]. Выбор использования того или иного мониторинга в основном зависит от клинического контекста и общей цели мониторинга (Приложение).

ANI Monitor позволяет выявлять ноцицептивные стимулы у пациентов в сознании. В нашем исследовании была обнаружена отрицательная умеренная взаимосвязь между ANI и ЦРШ, что означало более низкие баллы ANI с более высокими значениями ЦРШ (т. е. боли) на этапе КБВ у пациентов в сознании под РА. Регистрация индекса ANI на этапе КБВ под РЧ абляцией продемонстрировала наличие болевого синдрома с интенсивностью боли по ЦРШ > 3 у 22 (23,4 %) пациентов с синусовым ритмом. Была выявлена статистически значимая умеренная отрицательная взаимосвязь ($r = -0,44$; $p < 0,0001$) между ЦРШ и индексом ANI, так же, как и между ЦРШ и ANIm ($r = -0,39$; $p < 0,0001$). При пороговом значении ANI 51 и 47 у пациентов с ЦРШ > 3 баллов с площадью под кривой AUC 0,78 и 0,75, что свидетельствует о хорошей информативности прогностической модели. Схожие данные были получены Boselli et al. в исследовании 200 послеоперационных пациентов с пороговыми значениями ANI 57 и 48 для разделения пациентов с NRS > 3 и > 7 с площадью под ROC-кривой (AUC) 0,86 и 0,91 соответственно [23]. Однако данные, полученные исследователями, различаются. Varoni et al. определили взаимосвязь между ANI и The Numerical Rating Scale (NRS) у пациентов в сознании как слабую [19].

Мониторы ноцицепции отражают физиологические и патофизиологические реакции на хирургические стимулы, и поэтому могут использоваться для оценки дополнительных аспектов хирургических стрессовых реакций [24]. Боль с ЦРШ > 3 баллов на этапе КА заре-

Таблица 5. Пороги и информативность ANI Monitor в выявлении боли/ноцицепции ($n = 94$)

Table 5. Thresholds and information content of ANI monitor in the detection of pain ($n = 94$)

Параметры	Этап КБВ		Этап КА под ПСА	
	ANIi	ANIm	ANIi	ANIm
Пороговые значения ANI	51	47	56	56
Площадь под кривой ROC-кривой AUC	0,78 (0,71–0,85)	0,75 (0,68–0,82)	0,68 (0,64–0,71)	0,81 (0,74–0,88)
Чувствительность, %	68,18	54,55	48,00	60,00
Специфичность, %	92,96	100,00	88,41	100,00

КА — катетерная абляция; КБВ — катетеризация бедренной вены; ПСА — процедурная седация и/или анальгезия.

КА — catheter ablation (CA); КБВ — femoral vein catheterization (FVC); ПСА — procedural sedation and/or analgesia (PSA).

гистрирована у 25 (26,5 %) пациентов. Анализ гемодинамической реактивности (ЧСС, САД, ДАД) при наличии боли у пациентов с ЦРШ ≤ 3 и ЦРШ > 3 баллов в ходе операции не показал значимых отличий, тогда как разница в показателях ANI была значимой. Эти результаты согласуются с предыдущими исследованиями и подтверждают тот факт, что гемодинамические переменные недостаточны в качестве инструмента выявления ноцицептивных стимулов [25]. Особенностью исследуемой группы стало наличие КИПА в ходе КА. Именно ANIm или 2-минутное скользящее среднее позволили нивелировать эффекты КИПА (< 1 мин). Пороговое значение для ANIi и ANIm было одинаковым и равно 56 при возникновении боли с ЦРШ > 3 баллов у пациентов на этапе КА, тогда как специфичность и чувствительность различались. Пороговое значение 56 для разделения пациентов с ЦРШ ≤ 3 и ЦРШ > 3 баллов на этапе КА было получено как для ANIi, так и для ANIm, но хорошее качество прогнозной модели достигнуто только для ANIm с AUC 0,81.

Дискутабельным является вопрос об эффективности использования индекса ANI с целью контроля введения опиоидов. В нашей работе титрование дозы опиоидного анальгетика фентанила под контролем ANI позволило статистически значимо ее сократить у пациентов основной группы. Метаанализ шести исследований не выявил различий в интраоперационном введении опиоидов с использованием анальгезии под контролем ANI, тогда как гендерный анализ подгрупп показал эффективность ANI для снижения доз опиоидов у пациентов женского пола [26]. Метаанализ Ma et al. показал, что интраоперационное введение опиоидов было значительно ниже у пациентов с мониторингом NOL (Nociception Level index) и PPI (Pupillary Pain Index), чем у пациентов со стандартным мониторингом; тем не менее не было обнаружено существенных различий между пациентами с контролем ANI и SPI (Surgical Pleth Index) и пациентами со стандартным мониторингом [25].

Ключевым моментом удовлетворенности пациента анестезиологическим сопровождением является отсутствие боли на всех этапах оперативного вмешательства, а также тошноты и рвоты и других негативных последствий. Оценка по шкале ОУАС у пациентов основной группы с ANI Monitor была выше.

ORCID авторов:

Беляков К.С. — 0009-0007-2616-7844

Руслякова И.А. — 0000-0003-1507-833X

Заключение

ANI Monitor при проведении КА пациентам с синусовым ритмом и КИПА более эффективен в выявлении ноцицептивных повреждающих стимулов в ходе КА сердца по сравнению со стандартным (гемодинамическим) мониторингом. Использование ANI Monitor для контроля введения фентанила создает условия для проведения опиоидсберегающей анестезии.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure. The authors declare no competing interests.

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

Author contribution. All authors according to the ICMJE criteria participated in the development of the concept of the article, obtaining and analyzing factual data, writing and editing the text of the article, checking and approving the text of the article.

Этическое утверждение. Проведение исследования было одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова, протокол № 4 от 06.04.2022.

Ethics approval. This study was approved by the local Ethical Committee of North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov (reference number: 4-06.04.2022).

Информация о финансировании. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Декларация о наличии данных. Данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить у корреспондирующего автора по обоснованному запросу.

Data Availability Statement. The data that support the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

Маринин В.А. — 0000-0002-8141-5149

Шамсутдинова Э.З. — 0009-0003-5800-8697

Литература/References

- [1] Lippi G., Sanchis-Gomar F., Cervellin G. Global epidemiology of atrial fibrillation: An increasing epidemic and public health challenge [published correction appears in Int J Stroke. 2020; 1747493020905964]. *Int J Stroke*. 2021; 16(2): 217–21. DOI: 10.1177/1747493019897870
- [2] Garcia R., Waldmann V., Vanduyhoven P., et al. Worldwide sedation strategies for atrial fibrillation ablation: current status and evolution over the last decade. *Europace*. 2021; 23(12): 2039–45. DOI: 10.1093/europace/euab154
- [3] Münkler P., Attanasio P., Parwani A.S., et al. High Patient Satisfaction with Deep Sedation for Catheter Ablation of Cardiac Arrhythmia. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2017; 40(5): 585–90. DOI: 10.1111/pace.13063
- [4] Karunakaran K.D., Kussman B.D., Peng K., et al. Brain-based measures of nociception during general anesthesia with remifentanyl: A randomized controlled trial. *PLoS Med*. 2022; 19(4): e1003965. DOI: 10.1371/journal.pmed.1003965
- [5] Martini C.H., Boon M., Broens S.J., et al. Ability of the nociception level, a multiparameter composite of autonomic signals, to detect noxious stimuli during propofol-remifentanyl anesthesia. *Anesthesiology*. 2015; 123(3): 524–34. DOI: 10.1097/ALN.0000000000000757
- [6] Ledowski T. Objective monitoring of nociception: a review of current commercial solutions. *Br J Anaesth*. 2019; 123(2): e312–e321. DOI: 10.1016/j.bja.2019.03.024
- [7] von Dincklage F., Ledowski T. Monitoring of nociception: is more always more? *Br J Anaesth*. 2021; 126(2): 352–4. DOI: 10.1016/j.bja.2020.11.014
- [8] Srivastava D., Hill S., Carty S., et al. Surgery and opioids: evidence-based expert consensus guidelines on the perioperative use of opioids in the United Kingdom. *Br J Anaesth*. 2021; 126(6): 1208–16. DOI: 10.1016/j.bja.2021.02.030
- [9] Medrano M.C., Santamarta M.T., Pablos P., et al. Characterization of functional μ opioid receptor turnover in rat locus coeruleus: an electrophysiological and immunocytochemical study. *Br J Pharmacol*. 2017; 174(16): 2758–72. DOI: 10.1111/bph.13901
- [10] Woolf C.J. Central sensitization: implications for the diagnosis and treatment of pain. *Pain*. 2011; 152(3 Suppl): S2–S15. DOI: 10.1016/j.pain.2010.09.030
- [11] Shanthanna H., Uppal V., Joshi G.P. Intraoperative Nociception Monitoring. *Anesthesiol Clin*. 2021; 39(3): 493–506. DOI: 10.1016/j.anclin.2021.03.008
- [12] De Jonckheere J., Bonhomme V., Jeanne M., et al. Physiological Signal Processing for Individualized Anti-nociception Management During General Anesthesia: a Review. *Yearb Med Inform*. 2015; 10(1): 95–101. DOI: 10.15265/IY-2015-004
- [13] Yoshida K., Obara S., Inoue S. Analgesia nociception index and high frequency variability index: promising indicators of relative parasympathetic tone. *J Anesth*. 2023; 37(1): 130–7. DOI: 10.1007/s00540-022-03126-8
- [14] Sayers B.M. Analysis of heart rate variability. *Ergonomics*. 1973; 16(1): 17–32. DOI: 10.1080/00140137308924479
- [15] ANI Monitor V1. Руководство по эксплуатации. MD/PRD/IN16.ANIV1 V.13 — 29 SEP 2021. Доступ по ссылке: <https://mdoloris.com/wp-content/uploads/2022/10/MDPRDIN16.ANIV1-v.13-IFU-RU.pdf>. Дата доступа 10.08.2023. [ANI Monitor V1. User Manual. MD/PRD/IN16.ANIV1 V.13 — 29 SEP 2021. Available at: <https://mdoloris.com/wp-content/uploads/2022/10/MDPRDIN16.ANIV1-v.13-IFU-RU.pdf>. Access date 10/08/2023 (In Russ)]
- [16] Gruenewald M., Ilies C., Herz J., et al. Influence of nociceptive stimulation on analgesia nociception index (ANI) during propofol-remifentanyl anaesthesia. *Br J Anaesth*. 2013; 110(6): 1024–30. DOI: 10.1093/bja/aet019
- [17] Gruenewald M., Herz J., Schoenherr T., et al. Measurement of the nociceptive balance by Analgesia Nociception Index and Surgical Pleth Index during sevoflurane-remifentanyl anesthesia. *Minerva Anesthesiol*. 2015; 81(5): 480–9.
- [18] Soral M., Altun G.T., Dinçer P.Ç., et al. Effectiveness of the Analgesia Nociception Index Monitoring in Patients Who Undergo Colonoscopy with Sedo-Analgesia. *Turk J Anaesthesiol Reanim*. 2020; 48(1): 50–7. DOI: 10.5152/TJAR.2019.45077
- [19] Baroni D.A., Abreu L.G., Paiva S.M., Costa L.R. Comparison between Analgesia Nociception Index (ANI) and self-reported measures for diagnosing pain in conscious individuals: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep*. 2022; 12(1): 2862. DOI: 10.1038/s41598-022-06993-z
- [20] Statement on ASA Physical Status Classification System: <https://www.asahq.org/standards-and-practice-parameters/statement-on-asa-physical-status-classification-system> (Access date: 30/08/2023)
- [21] Синбухова Е.В., Лубнин А.Ю., Данилов Г.В., Струнина Ю.В. Удовлетворенность пациентов анестезией. *Анестезиология и реаниматология*. 2019; (1): 50–6. DOI: 10.17116/anaesthesiology201901150 [Sinbukhova E.V., Lubnin A.Yu., Danilov G.V., Strunina Yu.V. Patient's satisfaction with anesthesia. *Russian Journal of Anesthesiology and Reanimatology*. 2019; 1: 50–6. DOI: 10.17116/anaesthesiology201901150 (In Russ)]
- [22] Jafry A.H., Akhtar K.H., Khan J.A., et al. Safety and feasibility of same-day discharge for catheter ablation of atrial fibrillation: a systematic review and meta-analysis. *J Interv Card Electrophysiol*. 2022; 65(3): 803–11. DOI: 10.1007/s10840-022-01145-9
- [23] Boselli E., Daniela-Ionescu M., Bégou G., et al. Prospective observational study of the non-invasive assessment of immediate postoperative pain using the analgesia/nociception index (ANI). *Br J Anaesth*. 2013; 111(3): 453–9. DOI: 10.1093/bja/aet110
- [24] Hirose M., Okutani H., Hashimoto K., et al. Intraoperative Assessment of Surgical Stress Response Using Nociception Monitor under General Anesthesia and Postoperative Complications: A Narrative Review. *J Clin Med*. 2022; 11(20): 6080. DOI: 10.3390/jcm11206080
- [25] Ma D., Ma J., Chen H., Mu D., Kong H., Yu L. Nociception monitors vs. standard practice for titration of opioid administration in general anesthesia: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Front Med (Lausanne)*. 2022; 9: 963185. DOI: 10.3389/fmed.2022.963185
- [26] Hung K.C., Chang P.C., Hsu C.W., et al. Usefulness of Analgesia Nociception Index for guiding intraoperative opioid administration: a systematic review and meta-analysis. *Minerva Anesthesiol*. 2023; 89(1–2): 74–84. DOI: 10.23736/S0375-9393.22.16697-6

Приложение/Appendix

Таблица П1. Мониторинг ноцицепции			
Table П1. Monitoring of nociception			
Мониторинг ноцицепции	Методика измерения	Пороговые значения ноцицептивного стимула для анестезии	Ограничения методики в соответствии с инструкцией производителя
Многоканальная система функциональной спектроскопии ближнего инфракрасного диапазона (fNIRS) (CW7, Tech En, Massachusetts, США)	fNIRS длина волны 690 и 830 нм и частота 25 Гц Изменения в оксигенации гемоглобина в зависимости от церебральной активности	Ноцицептивный стимул изменяет концентрацию $\pm 0,3$ мМ оксигенированного гемоглобина в определенных областях мозга (например, соматосенсорной и лобно-полярной коре)	Артефакты движения Шумовые помехи Гемодинамические изменения, не связанные с мозговой активностью Потребность в нескольких оптических датчиках
Монитор реакции на анестезию головного мозга (BARM, Medtech Cortical Dynamics Ltd., Австралия)	Электроэнцефалография	Индекс коркового состояния (CS) и коркового входа (CI) и его модификации	Не определен уровень ноцицепции при анестезии Детский возраст
Монитор спектральной энтропии (Модуль E-Entropy к мониторам пациента, GE Healthcare, Финляндия)	Электроэнцефалография Электромиография	$\Delta SE-RE$ менее 10	Не определен уровень ноцицепции при анестезии Детский возраст
Монитор для контроля глубины анестезии и анальгезии CONOX, QM 7000-M (Fresenius Kabi, Германия)	Электроэнцефалография Электромиография	qNOX Index 61–99 — пациент, склонный к реакции на болевую стимуляцию; 40–60 — пациент едва ли будет реагировать на болевую стимуляцию; 0–39 — низкая вероятность реакции на болевую стимуляцию	Блокаторы нервно-мышечной передачи Использование в качестве единственных параметров для дозировки анестетика Наличие в анамнезе психиатрического, неврологического заболевания, наркотической, алкогольной зависимости Прием лекарственных средств, влияющих на ЦНС Дефибрилляция Детский возраст
Ноцицептивный флексорный рефлекс (НФР, Нейрософт, Россия)	Электромиография	> 31,9 мА — слабый ноцицептивный стимул (постановка ларингеальной маски); > 42,9 мА — сильный ноцицептивный стимул (кожный разрез)	Ожирение Миопатии Блокаторы нервно-мышечной передачи Детский возраст

Мониторинг ноцицепции	Методика измерения	Пороговые значения ноцицептивного стимула для анестезии	Ограничения методики в соответствии с инструкцией производителя
Пупиллометрия анальгезии (PRD/PPI IDMED, Франция)	Размер зрачка Зрачковый световой рефлекс и рефлекторное расширение зрачка Ответ на болевую стимуляцию	Амплитуда расширения зрачка (PRD) < 25 % (<30 % у детей) Зрачковый индекс боли (PPI) > 7	Птоз Косоглазие Анизокория Помутнение роговицы Афферентные и эфферентные зрачковые дефекты Неостигмин Дроперидол Метоклопрамид Клонидин Вазоактивные препараты Холинергические препараты Опиоидные анальгетики (высокие дозы)
Методика измерения кожной проводимости (Med-Storm Innovations, AS, Норвегия)	Амплитуда флуктуаций SC (ASCF) и число флуктуаций SC в секунду (NFSC) в зависимости от влажности кожи	Значение 0–0,07 соответствует WBFS 0 (нет боли), в пределах 0,13–0,21 соответствует WBFS 1–3 (слабая боль), 0,21–0,26 — WBFS 4–5 (умеренная боль), 0,26–0,33 — WBFS 6–8 (выраженная боль) и 0,40–0,7 — WBFS 8–10 (интенсивная боль)	Температура кожи Температура окружающей среды Холинергические и антихолинергические препараты Снижение симпатической активности при глубокой анестезии Детский возраст
Хирургический плетизмографический индекс (SPI, GE Healthcare, Финляндия)	SPI объединяет нормализованную амплитуду фотоплетизмографической волны (PPGA) и нормализованный интервал сердечных сокращений (HBI) в алгоритм, который отображает значения SPI	SPI < 20 — низкий уровень хирургического стресса; > 50 — высокий уровень хирургического стресса	Антиаритмики Кардиостимулятор Хронотропные препараты Эфедрин Гипертоническая болезнь Плохой сигнал и слабый плетизмографический импульс Тахикардия Положение пациента Выраженная гипотермия Сердечная аритмия Не может быть использован для других областей тела, кроме пальца Детский возраст
Монитор PMD-200™ с индексом NOL (Medasense Biometrics Ltd., Израиль)	Частота пульса, вариабельность частоты пульса (0,15–0,4 Гц) Амплитуда фотоплетизмографической волны (PPGA) Число флуктуаций в секунду (NFSC) Акселерометр (движение) Периферическая температура	Индекс NOL > 25 может указывать сильную ноцицептивную реакцию и на необходимость анальгезии NOL в диапазоне 0–25 предполагает адекватную анальгезию NOL < 10 при хирургической стимуляции может указывать на чрезмерную анальгезию	Хронотропные препараты Вазоактивные препараты Детский возраст

Мониторинг ноцицепции	Методика измерения	Пороговые значения ноцицептивного стимула для анестезии	Ограничения методики в соответствии с инструкцией производителя
Система мониторинга «ANI Monitor» для анестезиологии, реанимации, интенсивной терапии (Metrodoloris SAS, Франция)	Высокочастотный диапазон ВСР и дыхательная аритмия	Индекс ANI < 50 — высокая вероятность ноцицептивного стимула; > 80 — низкая вероятность ноцицептивного стимула	Мерцательная аритмия Кардиостимулятор (некоторые виды) Трансплантация сердца (период ИК): Препараты, влияющие на сердечную синусоидальную деятельность (атропин) Частота дыхания менее 9 циклов/мин Отсутствие дыхания Переменный дыхательный объем во время измерения, т. е. 64-х с) Прерывистое дыхание
Монитор CARDEAN (Alpha-2 Ltd, Lyon, Франция)	Сердечный ритм Неинвазивное артериальное давление	Индекс CARDEAN > 60 — соматосимпатический рефлекс и высокая вероятность ноцицептивного стимула; ≤ 60 — барорефлекс блуждающего нерва и низкая вероятность ноцицептивного стимула	Сердечная аритмия Инотропные препараты Хронотропные препараты Вазоактивные препараты
<p>Примечание: ANI — индекс анальгезии и ноцицепции; ASCF — амплитуда флуктуаций в секунду; CARDEAN — индекс глубины анальгезии; CI — индекс коркового входа; CS — индекс коркового состояния; HBI — нормализованный интервал сердечных сокращений; NFSC — число флуктуаций в секунду; WBFS — шкала оценки боли Вонг–Бейкер; NOL — уровень ноцицепции; PPGA — амплитуда фотоплетизмографической волны; PPI — зрачковый индекс боли; PRD — амплитуда расширения зрачка; RE — энтропия реакции; SE — энтропия состояния; SPI — хирургический плетизмографический индекс; АД — артериальное давление; ВАШ — визуальная аналоговая шкала; ВСР — вариабельность сердечного ритма; ИК — искусственное кровообращение; НФР — ноцицептивный флексорный рефлекс; ЧСС — частота сердечных сокращений.</p> <p>Note: ANI — analgesia and nociception index; ASCF — amplitude of fluctuations per second; CARDEAN index — The CARdiovascular Depth of Analgesia index; CI — cortical input; CS — composite cortical state; HBI — normalized heart rate interval; NFSC — number of fluctuations per second; WBFS — The Wong–Baker Faces Pain Rating Scale; NOL — nociception level; PPGA — photoplethysmographic wave amplitude; PPI — pupillary pain index; PRD — amplitude of pupil dilation; RE — reaction entropy; SE — state entropy; SPI — surgical plethysmographic index; АД — blood pressure (BP); ВАШ — visual analogue scale (VAS); ВСР — heart rate variability (HRV); ИК — Extracorporeal circulation (EC); НФР — nociceptive flexor reflex (NFR); ЧСС — heart rate (HR).</p>			