УДК 616-001.17-089+615.212.7+612.113
https://doi.org/10.56871/RBR.2025.32.19.003

ПАТОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА БОЛЕВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ У ОБОЖЖЕННЫХ С УЧЕТОМ ВЕЛИЧИНЫ ФРАКЦИИ КИСЛОРОДА ВО ВДЫХАЕМОЙ ГАЗОВОЙ СМЕСИ

© Вадим Зурабович Дзеранов[1], Евгений Владимирович Зиновьев[1, 2],
Владимир Олегович Сидельников Фон Эссен[1]

[1] Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи имени И.И. Джанелидзе. 192242, г. Санкт-Петербург, ул. Будапештская, д. 3, лит. А, Российская Федерация

[2] Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет. 194100, г. Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2, Российская Федерация

Контактная информация: Вадим Зурабович Дзеранов — врач анестезиолог-реаниматолог отдела термических поражений.
E-mail: dzeranovvadim99@gmail.com https://orcid.org.0009-0005-3669-3325 SPIN: 2072-6268

Для цитирования: Дзеранов В.З., Зиновьев Е.В., Сидельников Фон Эссен В.О. Патофизиологическая динамика болевой чувствительности у обожженных с учетом величины фракции кислорода во вдыхаемой газовой смеси. Российские биомедицинские исследования. 2025;10(3):27–34. https://doi.org/10.56871/RBR.2025.32.19.003

Поступила: 26.05.2025 **Одобрена: 17.07.2025** **Принята к печати: 16.09.2025**

Резюме. ***Введение.*** Боль (ноцицепция) — это неприятное субъективное ощущение, обладающее в зависимости от его локализации и силы различной эмоциональной окраской, сигнализирующее о повреждении или об угрозе существованию организма и мобилизующее системы его защиты, направленные на осознанное избегание действия вредоносного фактора и формирование неспецифических реакций, обеспечивающих это избегание. Ноцицептивная система воспринимает и проводит болевой импульс, формируя реакцию на боль. Антиноцицептивная система — это иерархическая совокупность нервных структур на разных уровнях центральной нервной системы (ЦНС), с собственными механизмами, способная тормозить деятельность болевой (ноцицептивной) системы. ***Цель исследования.*** Провести сравнительное патофизиологическое изучение динамики болевой чувствительности у обожженных с учетом величины фракции кислорода во вдыхаемой газовой смеси (FiO_2). ***Материалы и методы.*** Исследование проводилось в отделе термических поражений ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе». Изучены результаты обследования 106 обожженных обоего пола с глубокими ожогами, которым во время проведения анестезиологического обеспечения и в послеоперационном периоде при выполнении хирургических некрэктомий в условиях искусственной вентиляции легких подавалась кислородно-воздушная смесь в следующих соотношениях: FiO_2 30–35% — у 30% обожженных (45); FiO_2 50–55% — у 45% обожженных (37); FiO_2 75–80% — у 25% обожженных (24). Обожженные были разделены на три группы с учетом фракции кислорода во вдыхаемой газовой смеси (FiO_2). ***Результаты.*** Установлено, что у обожженных 1-й группы развивалась тканевая гипоксия легкой степени. При этом для обеспечения полноценной антиноцицептивной защиты обожженным требовалось повышение доз опиоидного наркотического анальгетика (фентанила) на 18–20%. У обожженных 2-й группы (контрольной) отмечалась нормоксемия, и не требовалось повышение доз опиоидного наркотического анальгетика (фентанила) выше рекомендованных доз с учетом характера и объема оперативного вмешательства. У обожженных 3-й группы количество опиодного наркотического анальгетика (фентанила), необходимого для адекватной аналгезии в процессе анестезиологического обеспечения и послеоперационном периоде, практически не отличалось от контрольной группы. Предложенный нами способ увеличения фракции кислорода во вдыхаемой газовой смеси (FiO_2) более 50% под контролем газового состава артериальной крови позволил снизить болевую чувствительность в два раза и частоту введения опиоидного наркотического анальгетика (фентанила) на 18–20%. ***Заключение.*** Применение высокой фракции кислорода во вдыхаемой газовой смеси (FiO_2) более 50% в течение времени от 180 до 720 минут снижает болевую чувствительность в два раза и частоту внутривенного, внутримышечного и трансдермального введения опиоидного анальгетика (фентанила) на 18–20%.

Ключевые слова: обожженные, ноцицепция, антиноцицепция, опиоидный наркотический анальгетик (фентанил), анестезиологическое обеспечение, фракция кислорода во вдыхаемой газовой смеси (FiO_2), газовый состав артериальной крови

https://doi.org/10.56871/RBR.2025.32.19.003

PATHOPHYSIOLOGICAL DYNAMICS OF PAIN SENSITIVITY IN BURNED PATIENTS, TAKING INTO ACCOUNT THE VALUE OF THE OXYGEN FRACTION IN THE INHALED GAS MIXTURE

© Vadim Z. Dzeranov[1], Evgeny V. Zinoviev[1, 2], Vladimir O. Sidelnikov Von Essen[1]

[1] Saint-Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine. 3 lit. A Budapestskaya str., Saint Petersburg 192242 Russian Federation

[2] Saint Petersburg State Pediatric Medical University. 2 Lithuania, Saint Petersburg 194100 Russian Federation

Contact information: Vadim Z. Dzeranov — an anesthesiologist and intensive care physician at the Department of Thermal Injuries.
E-mail: dzeranovvadim99@gmail.com https://orcid.org.0009-0005-3669-3325 SPIN: 2072-6268

For citation: Dzeranov VZ, Zinoviev EV, Sidelnikov Von Essen VO. Pathophysiological dynamics of pain sensitivity in burned patients, taking into account the value of the oxygen fraction in the inhaled gas mixture. Russian Biomedical Research. 2025;10(3):27–34. https://doi.org/10.56871/RBR.2025.32.19.003

Received: 26.05.2025 **Revised: 17.07.2025** **Accepted: 16.09.2025**

Abstract. ***Introduction.*** Pain (nociception) is an unpleasant subjective sensation, depending on its localization and strength, having a different emotional coloring, signaling damage or a threat to the existence of the body and mobilizing its defense systems, aimed at conscious avoidance of the action of a harmful factor and the formation of non-specific reactions, ensuring this avoidance. The nociceptive system perceives and conducts a pain impulse, forming a reaction to pain. The antinociceptive system is a hierarchical set of neural structures at different levels of the central nervous system, with its own mechanisms, capable of inhibiting the activity of the pain (nociceptive) system. **Purpose of the study.** To conduct a comparative pathophysiological study of the dynamics of pain sensitivity in burned patients, taking into account the value of the oxygen fraction in the inhaled gas mixture (FiO_2). ***Materials and methods.*** The study was conducted in the Department of Thermal Injuries of the St. Petersburg Scientific Research Institute of Emergency Medicine named after I.I. Dzhanelidze. The results of the examination of 106 burned patients of both sexes with deep burns were studied, who were supplied with an oxygen-air mixture in the following proportions during anesthesiological care and in the postoperative period during surgical necrectomy under artificial ventilation: FiO_2 30–35% — in 30% of those burned (45); FiO_2 50–55% — in 45% of those burned (37); FiO_2 75–80% — in 25% of those burned (24). The burned were divided into 3 groups, taking into account the fraction of oxygen in the inhaled gas mixture (FiO_2). ***Results.*** It was found that those burned in group 1 developed mild tissue hypoxia. At the same time, in order to provide full-fledged antinociceptive protection to those burned, an increase in doses of the opioid narcotic analgesic (fentanyl) by 18–20% was required. Normoxemia was noted in the burned patients of group 2 (control) and no increase in doses of the opioid narcotic analgesic (fentanyl) above the recommended doses was required, taking into account the nature and scope of surgical intervention. In the burned patients of group 3, the amount of opioid narcotic analgesic (fentanyl) necessary for adequate analgesia during anesthesia and the postoperative period practically did not differ from the control group. Our proposed method of increasing the oxygen fraction in the inhaled gas mixture (FiO_2). more than 50% under the control of the gas composition of arterial blood has reduced pain sensitivity by half and the frequency of administration of opioid narcotic. ***Conclusion.*** The use of a high fraction of oxygen in an inhaled gas mixture (FiO_2) of more than 50% over a period of time (from 180 to 720 minutes), reduces pain sensitivity by half and the frequency of intravenous, intramuscular and transdermal administration of an opioid analgesic (fentanyl) by 18–20%.

Keywords: burned, nociception, antinoception, opioid narcotic analgesic (fentanyl), anesthetic support, oxygen fraction in the inhaled gas mixture (FiO_2), gas composition of arterial blood

ВВЕДЕНИЕ

Считается, что фракция кислорода во вдыхаемой газовой смеси (FiO_2) влияет на показатели ноцицептивных рецепторов, однако клинических исследований, выполненных по критериям доказательной медицины, мы не обнаружили. Чувствительность рецепторного аппарата, в том числе и опиоидных рецепторов, зависит от ряда факторов, внешних и внутренних, в том числе, по-видимому, и от гипоксии [3, 4, 8]. При снижении насыщения кислородом артериальной крови в условиях высокогорья пострадавшим требуется увеличивать дозы опиоидных анальгетиков для полноценного обезболивания [9, 11], так как у них снижается порог болевой чувствительности [7, 8] за счет того, что развивающаяся гипоксемическая гипоксия изменяет чувствительность опиоидных рецепторов в сторону снижения [6]. Наоборот, при насыщении гемоглобина кислородом, при использовании гипербарической оксигенации, у пациентов снижается интенсивность болевого синдрома [2]. И поэтому указанные работы послужили основанием для проведения данного исследования о возможной связи оксигенации и антиноцицепции у обожженных во время проведения анестезиологического обеспечения и в послеоперационном периоде при проведении хирургических некрэктомий.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель исследования — провести сравнительное патофизиологическое изучение динамики болевой чувствительности у обожженных с учетом величины фракции кислорода во вдыхаемой газовой смеси (FiO_2).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследовано 106 обожженных обоего пола с глубокими ожогами кожи, которым во время проведения анестезиологического обеспечения и в послеоперационном периоде при выполнении хирургических некрэктомий в условиях искусственной вентиляции легких подавалась кислородно-воздушная смесь в следующих соотношениях: FiO_2 30–35% — у 30% обожженных (45); FiO_2 50–55% — у 45% обожженных (37); FiO_2 75–80% — у 25% обожженных (24). Исследование проводилось в отделе термических поражений ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе».

Хирургические некрэктомии, характеристика обожженных и фотографии аппарата искусственной вентиляции легких (ИВЛ) с установленной фракцией кислорода FiO_2 представлены в таблице 1 и на рисунках 1–3.

Дизайн исследования — одноцентровое проспективное исследование, которое проводилось согласно принципам Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» (2013) и «Правилам клинической практики в Российской Федерации» (от 19.06.2003 г. № 266). Проведение данного исследования одобрено локальным Этическим комитетом при ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе» (протокол № 1-02 от 11.02.2025 г.).

Анестезиологическое обеспечение: тотальная внутривенная анестезия с использованием пропофола 1%, рокурония бромида 50 мг, фентанила 0,005%, при необходимости с увеличением дозы. Трехкомпонентная модель анестезии обеспечила надежную антиноцицепцию, раннее пробуждение, высокоэффективное обезболивание. Проводилась оро/трахеальная интубация трахеи и искусственная вентиляция легких воздушно-кислородной смесью.

Мониторинг интраоперационного периода

- При помощи монитора e PM 15 Mindray регистрировались следующие параметры:
  - артериальное давление неинвазивное;
  - кардиомониторирование;
  - насыщение крови кислородом (SpO_2%);

Таблица 1

Хирургические некрэктромии, площадь поражения и характеристика обожженных

Table 1

Surgical necrectomy, lesion area and characteristics of the burned

Характеристика обожженных / Characteristics of burnt	Хирургическая некрэктомия / Surgical necrectomy
	S=поверхностного >10% / S=surface level >10% S=глубокого>5% / S=deep>5%
Мужчины / Men	57 (54%)
Женщины / Women	49 (46%)
Возраст <18 лет / Age <18 years old	Средний возраст от 35 до 75 лет / The average age is from 35 to 75 years
Продолжительность и объем хирургических некрэктомий / Duration and volume of surgical necrectomies	Зависит от площади поверхностного и глубокого поражения тканей (в %) / It depends on the area of the superficial and deep tissue damage (in %)

1-я группа обожженных с учетом величины фракции кислорода во вдыхаемой газовой смеси FiO_2 30–35%
Group 1 of those burned, taking into account the value of the oxygen fraction in the inhaled gas mixture FiO_2 30–35%

Рис. 1. Аппарат Drager Savina 300 с установленной фракцией кислорода во вдыхаемой газовой смеси FiO_2 30–35%

Fig. 1. Drager Savina 300 apparatus with an established oxygen fraction in the inhaled gas mixture FiO_2 30–35%

2-я группа обожженных с учетом величины фракции кислорода во вдыхаемой газовой смеси FiO_2 50–55%
Group 2 burned, taking into account the value of the oxygen fraction in the inhaled gas mixture FiO_2 50–55%

Рис. 2. Аппарат Drager Savina 300 с установленной фракцией кислорода во вдыхаемой газовой смеси FiO_2 50–55%

Fig. 2. Drager Savina 300 apparatus with an established oxygen fraction in the inhaled gas mixture FiO_2 50–55%

  - капнометрия ($EtCO_2$%);
  - индекс периферической перфузии (PI).
- В пробах артериальной крови методом газового анализа определяли $PaCO_2$ в мм рт.ст.

Для инфузионной терапии использовали сбалансированные полиионные растворы. Скорость и объем инфузионной терапии оценивали по индексу пульсовой волны, артериальному давлению и почасовому диурезу.

Особенности проведения искусственной вентиляции легких у обожженных при хирургических некрэктомиях, необходимые для дальнейшего анализа

Использовался аппарат Drager Savina 300.

3-я группа обожженных с учетом фракции кислорода во вдыхаемой газовой смеси FiO_2 75–80%
Group 3 burned, taking into account the fraction of oxygen in the inhaled gas mixture FiO_2 75–80%

Рис. 3. Аппарат Drager Savina 300 с установленной фракцией кислорода во вдыхаемой газовой смеси FiO_2 75–80%

Fig. 3. Drager Savina 300 apparatus with an established oxygen fraction in the inhaled gas mixture FiO_2 75–80%

Режим ИВЛ: VC-SIMV, ДО — 6–7 мл/кг массы тела, PEEP — от 5 мм рт.ст.

Содержание кислорода (FiO_2%) во вдыхаемой смеси во время проведения ИВЛ в период проведения анестезиологического обеспечения составляло:

- FiO_2 30–35% — у 30% пациентов (45);
- FiO_2 50–55% — у 45% пациентов (37);
- FiO_2 75–80% — у 25% пациентов (24).

В конце операции (хирургическая некрэктомия) и наркозного периода рассчитывалось количество фентанила, необходимого внутривенного и трансдермального адекватного обезболивания в мкг/кг в час.

Оценивали оксигенацию тканей с использованием следующих методик: пульсоксиметрия, позволяющая определить степень насыщения артериальной крови кислородом и отражающая доставку кислорода к тканям (SpO_2%); церебральная/соматическая оксиметрия, позволяющая оценить степень насыщения кислородом гемоглобина венозной крови (rSO_2%). Разница между SpO_2% и rSO_2% отражает коэффициент утилизации кислорода тканями (KuO_2%). Электроды церебрального/соматического оксиметра накладывались на лоб пациента. С использованием церебрального/соматического оксиметра INVOZ регистрировали степень насыщения кислородом гемоглобина венозной крови (rSO_2%) в головном мозге.

Общий вид церебрального/соматического оксиметра, датчики (сенсоры) для осуществления мониторинга SomaSensor, прикрепленные к обеим сторонам лобной области пациента, представлены на рисунках 4–6.

В газовом составе артериальной крови определяли параметры кислотно-основного состояния (КОС) на мультипараметровом анализаторе газов крови, электролитов, оксиметрических параметров и метаболитов Cobas b221 (Roche, Швейцария) (рис. 6).

Полученные материалы исследования обработаны с использованием методов параметрического и непараметрического

Рис. 4. Общий вид церебрального/соматического оксиметра

Fig. 4. General view of the cerebral/somatic oximeter

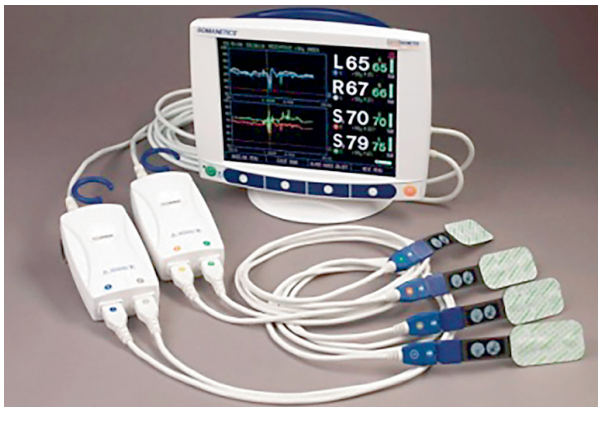

Рис. 5. Общий вид церебрального/соматического оксиметра с датчиками (сенсорами) SomaSensor

Fig. 5. General view of the cerebral/somatic oximeter with "SomaSensor" sensors

анализа. Накопление, корректировка, систематизация исходной информации и визуализации полученных результатов осуществлялись в электронных таблицах Microsoft Office 365 (Excel). Статистический анализ проводился с использованием программы STATISTICA 10.0 (разработчик StatSoft). Для сравнения независимых совокупностей в случаях отсутствия признаков нормального распределения данных использовался U-критерий Манна–Уитни. Данные представлены в виде медианы с межквартильным интервалом (IQR). Для изучения зависимости вероятного оптимального насыщения гемоглобина венозной крови кислородом от параметров назначения доз опиатных анальгетиков, необходимых для эффективного купирования послеоперационного болевого синдрома у обожженных, в качестве базовой математической модели было принято уравнение Карла Людвига фон Берталанфи с модификациями [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Расход фентанила и показатели мониторирования обожженных при хирургических некрэктомиях

Параметры интраоперационного мониторирования обожженных при хирургических некрэктомиях приведены в таблице 2.

Рис. 6. Мультипараметровый анализатор газов крови, электролитов, оксиметрических параметров и метаболитов Cobas b221 (Roche, Швейцария). (Фотография с официального сайта НИИ скорой помощи им. И.И. Джанелидзе)

Fig. 6. Multiparameter analyzer of blood gases, electrolytes, oximetric parameters and metabolites Cobas b221 (Roche, Switzerland). (Photos from the official website of the I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine)

Результаты, приведенные в таблице 2, представлены по следующему принципу: за реперную точку отсчета берется цифра, соответствующая фракции кислорода во вдыхаемой смеси (FiO_2%) 50–55%. Эта группа обожженных служит контрольной.

Расход опиоидного наркотического анальгетика фентанила в группе обожженных, у которых фракция FiO_2% составляла 30–35%, был статистически достоверно выше по сравнению с контрольной группой обожженных на 18–20%. В группе обожженных, у которых FiO_2% составляла 75–80%, количество фентанила, необходимого для адекватной аналгезии в процессе анестезиологического обеспечения, не отличалось от контрольной группы.

Напряжение кислорода в пробах артериальной крови у обожженных с FiO_2% 30–35% было статистически достоверно ниже (гипоксемия), чем в группе обожженных с FiO_2 50–55% и статистически достоверно выше в группе обожженных с FiO_2 75–80% (гипероксия).

Показатели КОС в пробах артериальной крови указывали на наличие компенсированного ацидоза смешанного генеза у обожженных с фракцией кислорода, равной 30–35%. Напряжение кислорода в образцах венозной крови (PvO_2) в группе с фракцией кислорода 30–35% отмечалось выше аналогичных значений, регистрируемых у обожженных контрольной группы.

Регистрировалось возрастание концентрации лактата в артериальной крови у обожженных с FiO_2% 30–35%, тогда как аналогичная величина не отличалась от значений в контрольной группе у обожженных, у которых FiO_2% составило 75–80%.

Значения величин насыщения гемоглобина кислородом артериальной крови (SpO_2%) у обожженных с FiO_2% 30–35% было статистически достоверно ниже, чем у обожженных контрольной группы. У обожженных с фракцией кислорода во вдыхаемой смеси 65–80% насыщение гемоглобина кислородом венозной крови не отличалось от показателей обожженных контрольной группы.

Содержание углекислого газа в выдыхаемом воздухе ($EtCO_2$%) и в пробах венозной крови (pCO_2) регистрировалось статистически достоверно ниже в группе обожженных с FiO_2% 30–35% по сравнению с контрольной группой (FiO_2% 50–55%). У обожженных с FiO_2% 75–80% содержание углекислого газа в выдыхаемой смеси и его концентрация в пробах венозной крови не отличались от значений, регистрируемых в контрольной группе.

Индекс перфузии (PI) был статистически достоверно снижен в группе обожженных с FiO_2% 30–35% по сравнению с контрольной группой обожженных и не отличался от контрольной группы, в которой FiO_2% 75–80%.

Почасовой диурез отмечался статистически достоверно ниже у обожженных с FiO_2% 30–35% и не отличался от контрольной группы у обожженных, у которых FiO_2% 75–80%.

ВЫВОДЫ

Применение высокой фракции кислорода во вдыхаемой газовой смеси FiO_2 более 50% в течение времени от 180 до

Таблица 2

Параметры интраоперационного мониторинга обожженных при хирургических некрэктомиях в зависимости от FiO_2% в кислородно-воздушной смеси

Table 2

Parameters of intraoperative monitoring of those burned during surgical necrectomy, depending on FiO_2% in the oxygen-air mixture

Анализируемые параметры / Analyzed parameters	Величина параметров при FiO_2% / The value of the parameters at FiO_2%		
	30–35%	50–55%	65–80%
Расход фентанила (мкг/кг/ч) Median (IQR) / Consumption of fentanyl (mcg/kg/hr) Median (IQR)	10,6 (5,1–6,1) p=0,0456	5,9 (5,1–6,1)	5,8 (5,1–6,0) p=0,5568
rSO_2% (лобная область) Median (IQR) / rSO_2% (frontal area) Median (IQR)	82,2 (81,5–84,0) p=0,0500	70,3 (70,5–67,0)	70,5 (70,0–69,5) p=0,6692
pH / Median (IQR)	7,38 (7,33–7,40) p=0,0471	7,39 (7,37–7,40)	7,42 (7,38–7,42) p=0,7131
pCO_2 (мм рт.ст. / mmHg) Median (IQR)	29 (27,0–31,0) p=0,0493	39,5 (37,0–42,0)	38,7 (36,0–41,0) p=0,8113
pO_2 (мм. рт.ст. / mmHg) Median (IQR)	73,1 (70,3–75,1) p=0,0414	65,8 (64,3–72,4)	68,5 (65,1–71,3) p=0,6543
BE (ммоль/л / mmHg) Median (IQR)	–2,8 (2,3–2,9) p=0,0461	+1,0 (1,0–1,6)	+1,1 (1,0–1,5) p=0,8614
Концентрация лактата в артериальной крови (ммоль/л) Median (IQR) / Concentration of lactate in arterial blood (mmol/l) Median (IQR)	1,16 (1,11–1,21) p=0,04678	0,74 (0,72–0,81)	0,70 (0,67–0,73) p=0,6564
SpO_2 % Median (IQR)	98,6 (98–100) p=0,0465	99,8 (99–100)	99,9 (99–100) p=0,7922
PaO_2 (артериальная кровь) (мм рт.ст.) PaO_2 (arterial blood) (mmHg)	64 (60–72) p=0,031	94 (91–101)	121 (112–136) p=0,039
$EtCO_2$% Median (IQR)	28,7 (27–32) p=0,0423	38,6 (37–43)	38,8 (36–42) p=0,6543
PI Median (IQR)	70,5 (71–74) p=0,6432	70,7 (70–75)	70,9 (79–64) p=0,6792
Диурез (мл/ч) Median (IQR) / Diuresis (ml/hr) Median (IQR)	48,3 (48,2–50,3) p=0,0502	54,3 (56,0–61,4)	55,1 (56,9–60,3) p=0,7023

Примечание: p — по отношению к группе обожженных, получавших фракцию FiO_2% = 50–55%.

Note: p — relative to the group of burned patients who received a fraction of FiO_2% = 50–55%.

720 минут снижает болевую чувствительность в два раза и частоту внутривенного, внутримышечного и трансдермального введения опиоидного анальгетика (фентанила) на 18–20%.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие пациентов на публикацию медицинских данных.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contribution. Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

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

Consent for publication. Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information within the manuscript.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брин В.Б. Физиология человека в схемах и таблицах. СПб.; М.; Краснодар: Лань; 2017.
2. Лебедева Е.А., Беляевский С.А., Давыденко А.В. и др. Гипербарическая оксигенация как метод снижения интенсивности болевого синдрома у пациентов с синдромом диабетической стопы. В кн.: Новые технологии в неотложной хирургии и анестезиологии-реаниматологии. Материалы межрегиональной научно-практической конференции с международным участием. Владикавказ; 2018: 34–36.
3. Шанин Ю.Н., Парамонов Б.А., Зиновьев Е.В., Сидельников В.О. Окислительный стресс как типовой патологический процесс. Клиническая патофизиология. 2002;2:3–8.
4. Зиновьев Е.В., Мовчан К.Н., Чичков О.В. и др. Влияние ранних некрэктомий на течение ожоговой болезни. Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2005;1(3):345.
5. Варфоломеева Е.М., Мовчан К.Н., Зиновьев Е.В. и др. Возможности использования методов функциональной диагностики при контроле эффективности противошоковой терапии у пострадавших с обширными глубокими ожогами кожи. Новые Санкт-Петербургские врачебные ведомости. 2006;4:63–65.
6. Слепушкин В.Д., Колесников А.Н., Дзеранов В.З., Хасуева А.У., Короева М.О. Руководство для врачей по использованию технологии церебральной/соматической оксиметрии INVOS. 2-е изд., доп. Владикавказ; 2023.
7. Зиновьев Е.В., Солошенко В.В., Костяков Д.В., Гогохия Т.З., Коуров А.С., Пятаков С.Н. Прогноз результата кожной пластики по параметрам микроциркуляции в ожоговой ране. Журнал им. Н.В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь». 2022;11(3):412–418. DOI: 10.23934/2223-9022-2022-11-3-412-418.
8. Jae Hong Park, Dong Kyu Lee, Huyn Kang et al. The principles of presenting statistical results using figures. Korean J Anesthesiol. 2022;75(20):139–150. DOI: 10/4097/kia.21508.
9. Kaczmarski P., Karuga F., Szmyd B. et al. The role of inflamation, hypoxia, and opiod receptor expression in pain modulation in patients suffering from obstructive sleep apnea. Int J Mol Sci. 2022;23(16):9080. DOI: 10.3390/ijms23169080.
10. Lirk P., Rathmell J.P. Opioid-free anaesthesia it is too early to adopt opioid-free anaesthesia today. Eur J Anaesthesiol. 2019;30(4):250–254. DOI: 10/1097/EJA.000000000000965
11. Noel-Jorand M.C., Bragard D., Plaghki L. Pain Ptrception under chronic high-altitude hypoxia. Eur J Neurosci. 1996;8(10):2075–2079. DOI: 10.1111/j.1460-9568.1996.tb00728.
12. Perrin L., Bisdorff M., Saxena S. et al. Predicting personalized remifentanil effect site concentration for surgical incision using the nociception level index: A prospective calibration and validation study. Europ J Anarsth. 2022;30(12):918–927. DOI: 10.1097/EJA.0000000000001751.
13. Sang Kyu Kwak, Jonghae Kim. Tranparency consideration for describing statistical analyses in research. Korean J Anesthesiol. 2021;74(6):488–495. DOI: 10.4097/kia.21203.
14. Seok Kyeong Oh, Young Ju Won, Byung Gun Lim. Surgical pleth index monitoring in perioperative pain management: usefulness and limitations. Korean J Anesthesiol. 2024;77(1):31–45. DOI: 10./kia.23158.
15. Биомедицинская информатика. Компьютерные приложения в здравоохранении и биомедицине. Под ред. Э.Х. Шортлиффа, Дж.Дж. Чимино; отв. ред. М.Ф. Чанг; перевод с англ. под ред. Г.Э. Улумбековой, А.Н. Наркевича, Р.С. Козлова. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2024. DOI: 10.33029/9704-8204-9-BIN-2024-1-744.

REFERENCES

1. Brin V.B. Human physiology in diagrams and tables. Saint Petersburg; Moscow; Krasnodar: Lan'; 2017. (In Russian).
2. Lebedeva E.A., Belyaevsky S.A., Davydenko A.V. et al. Hyperbaric oxygenation as a method for reducing the intensity of pain in patients with diabetic foot syndrome. In: New technologies in emergency surgery and anesthesiology-resuscitation. Proceedings of the interregional scientific and practical conference with international participation. Vladikavkaz; 2018: 34–36. (In Russian).
3. Shanin Yu.N., Paramonov B.A., Zinoviev E.V., Sidelnikov V.O. Oxidative stress as a typical pathological process. Clinical Pathophysiology. 2002;(2):3–8. (In Russian).

4. Zinoviev E.V., Movchan K.N., Chichkov O.V. et al. The influence of early necrectomy on the course of burn disease. Bulletin of the Russian Military Medical Academy. 2005;1(3):345. (In Russian).
5. Varfolomeeva E.M., Movchan K.N., Zinoviev E.V. et al. Possibilities of using functional diagnostic methods in monitoring the effectiveness of anti-shock therapy in victims with extensive deep skin burns. Novye Sankt-Peterburgskie Vrachebnye Vedomosti. 2006;4:63–65. (In Russian).
6. Slepushkin V.D., Kolesnikov A.N., Dzeranov V.Z., Khasueva A.U., Koroeva M.O. Guide for physicians on the use of INVOS cerebral/somatic oximetry technology. 2nd ed., suppl. Vladikavkaz; 2023. (In Russian).
7. Zinoviev E.V., Soloshenko V.V., Kostyakov D.V., Gogokhia T.Z., Kourov A.S., Pyatakov S.N. Estimation of microcirculation parameters in a burn wound for prediction of skin grafting outcomes after tangential necrectomy. Russian Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care. 2022;11(3):412–418. (In Russian). DOI: 10.23934/2223-9022-2022-11-3-412-418.
8. Jae Hong Park, Dong Kyu Lee, Huyn Kang et al. The principles of presenting statistical results using figures. Korean J Anesthesiol. 2022;75(20):139–150. DOI: 10/4097/kia.21508.
9. Kaczmarski P., Karuga F., Szmyd B. et al. The role of inflamation, hypoxia, and opiod receptor expression in pain modulation in patients suffering from obstructive sleep apnea. Int J Mol Sci. 2022;23(16):9080. DOI: 10.3390/ijms23169080.
10. Lirk P., Rathmell J.P. Opioid-free anaesthesia it is too early to adopt opioid-free anaesthesia today. Eur J Anaesthesiol. 2019;30(4):250–254. DOI: 10/1097/EJA.000000000000965
11. Noel-Jorand M.C., Bragard D., Plaghki L. Pain Ptrception under chronic high-altitude hypoxia. Eur J Neurosci. 1996;8(10):2075–2079. DOI: 10.1111/j.1460-9568.1996.tb00728.
12. Perrin L., Bisdorff M., Saxena S. et al. Predicting personalized remifentanil effect site concentration for surgical incision using the nociception level index: A prospective calibration and validation study. Europ J Anarsth. 2022;30(12):918–927. DOI: 10.1097/EJA.0000000000001751.
13. Sang Kyu Kwak, Jonghae Kim. Tranparency consideration for describing statistical analyses in research. Korean J Anesthesiol. 2021;74(6):488–495. DOI: 10.4097/kia.21203.
14. Seok Kyeong Oh, Young Ju Won, Byung Gun Lim. Surgical pleth index monitoring in perioperative pain management: usefulness and limitations. Korean J Anesthesiol. 2024;77(1):31–45. DOI: 10./kia.23158.
15. Biomedical informatics. Computer applications in health and biomedicine. Edited by E.H. Shortliffe, J.J. Cimino; responsible. editor M.F. Chang; translation from English edited by G.E. Ulumbekova, A.N. Narkevich, R.S. Kozlov. Moscow: GEOTAR-Media; 2024. (In Russian). DOI: 10.33029/9704-8204-9-BIN-2024-1-744.