

НИЗКОИНТЕНСИВНОЕ ЛАЗЕРНОЕ ОБЛУЧЕНИЕ КРОВИ И ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЛЯ КОРРЕКЦИИ НАРУШЕНИЙ СИСТЕМЫ ГОМЕОСТАЗА У БЕРЕМЕННЫХ КРЫС С ТЕРМИЧЕСКИМИ ОЖОГАМИ КОЖИ



Т. В. Ковальчук-Болбатун, С. М. Смотрин, А. В. Копыцкий

Гродненский государственный медицинский университет, Гродно, Беларусь

Введение. Лечение ожоговых поражений – одна из наиболее острых и актуальных проблем комбустиологии, несмотря на все достижения современной медицины. При ожогах кожи возникают множественные системные изменения, требующие особого внимания и новых подходов. Низкоинтенсивное лазерное облучение крови – высокоэффективный способ нефармакологического корригирующего воздействия на систему гомеостаза обожженных, но остается неизученным у беременных с термическими ожогами кожи.

Цель исследования. Оценить эффективность низкоинтенсивного лазерного облучения крови для коррекции нарушений системы гомеостаза у беременных крыс с термическими ожогами кожи.

Материал и методы. Экспериментальное исследование проводилось на 81 самке беспородных белых крыс массой 200-250 г, которые были разделены на три группы. Контрольную группу составили беременные интактные крысы, 1-ю опытную группу – крысы с термическим ожогом кожи в раннем периоде беременности, 2-ю опытную группу – крысы с термическим ожогом кожи в раннем периоде беременности, которым выполнялось низкоинтенсивное лазерное облучение крови. Изучались кислородтранспортная функция крови, кислотно-основное состояние и основные биохимические показатели крови.

Результаты. Термические ожоги кожи у крыс в раннем периоде беременности сопровождаются ухудшением кислородтранспортной функции крови (снижение значений PO_2 и SO_2 , уменьшение сродства гемоглобина к кислороду) и развитием метаболического ацидоза, а также наличием эндогенной интоксикации (рост концентрации мочевины и креатинина, повышение уровня печеночных ферментов). Применение низкоинтенсивного лазерного облучения крови позволяет в более короткие сроки улучшить показатели гомеостаза.

Выводы. Низкоинтенсивное лазерное облучение крови улучшает основные показатели кислородтранспортной функции крови и снижает уровень эндогенной интоксикации при ожогах кожи у крыс в раннем периоде беременности.

Ключевые слова: термическая травма, беременность, кожа, гомеостаз, низкоинтенсивное лазерное облучение крови, крыса

Для цитирования: Ковальчук-Болбатун, Т. В. Низкоинтенсивное лазерное облучение крови и его эффективность для коррекции нарушений системы гомеостаза у беременных крыс с термическими ожогами кожи / Т. В. Ковальчук-Болбатун, С. М. Смотрин, А. В. Копыцкий // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. 2022. Т. 20, № 1. С. 62-67. <https://doi.org/10.25298/2221-8785-2022-20-1-62-67>.

Введение

В результате термической травмы, кроме видимого повреждения кожного покрова, происходит ряд взаимосвязанных гемореологических, гемокоагуляционных и микроциркуляторных расстройств [1, 2]. Выделение целого спектра разных медиаторов воспаления приводит к спазму периферических сосудов, централизации кровообращения, повышению свертываемости крови, возникновению микротромбозов, нарушению микроциркуляции, приводящей к развитию тканевой гипоксии и ацидозу [3]. В клинической практике применяется несколько способов коррекции данного патологического состояния, в том числе и воздействие низкоинтенсивным лазерным излучением, в частности внутривенное лазерное облучение крови (ВЛОК), которое благодаря своей уникальной эффективности, отсутствию побочных эффектов и специфических противопоказаний, а также простоте и низкой себестоимости уже давно заняло прочные позиции в современной медицине [4, 5]. Такие эффекты ВЛОК, как улучшение микроциркуляции, уменьшение ишемии в тканях и органах, нормализация энергетического метаболизма кле-

ток, которые находились в условиях гипоксии, противовоспалительное действие, нормализация проницаемости капилляров, уменьшение отека и болевого синдромов, положительно влияют на кислородтранспортную функцию крови и уменьшают эндогенную интоксикацию у пациентов с термической травмой, но не изучены у беременных с термическими ожогами кожи.

Цель исследования – оценить эффективность низкоинтенсивного лазерного облучения крови для коррекции нарушений системы гомеостаза у беременных крыс с термическими ожогами кожи.

Материал и методы

Экспериментальное исследование проводилось на 81 беременной самке беспородных белых крыс массой 200-250 г, которые были разделены на три группы. Контрольную группу составили беременные интактные крысы, 1-ю опытную группу – крысы с термическим ожогом кожи в раннем периоде беременности, 2-ю опытную группу – крысы с термическим ожогом кожи в раннем периоде беременности, которым выполнялось ВЛОК. Все животные содержались в стандартных условиях вивария при свободном

доступе к воде и пище, на одинаковом пищевом рационе в соответствии с нормами содержания лабораторных животных, 12/12 часовом режиме освещения и темноты. С разрешения этического комитета УО «Гродненский государственный медицинский университет» и согласно Европейской конвенции о гуманном обращении с лабораторными животными ожог наносили на третьи сутки беременности после введения тиопентала натрия (внутрибрюшинно, в дозе 50 мг/кг). Методика выполнения экспериментальной травмы предусматривала ожог III степени освобожденной от шерсти кожи спины. Ожог наносили горячей жидкостью (вода) 99-100°C в течение 15 секунд специально разработанным устройством [6]. В результате воздействия термического агента создавались стандартные по площади (около 12 см²) ожоговые раны, защиту которых от воздействия внешних факторов осуществляли с помощью предохранительной камеры [7]. Для проведения низкоинтенсивного лазерного облучения крови использовали аппарат лазерной терапии «Люзар-МП» (Беларусь), длина волны (λ) 670 нм, мощность на выходе световода 2,0 мВт. Одноразовый стерильный световод с иглой вводили в боковую вену хвоста крысы, время первого сеанса лазерной гемотерапии составило 10 минут, последующие 4 сеанса выполнялись через сутки по 15 минут (рис. 1) [8]. Под наркозом (тиопентал натрия интраперитонеально из расчета 50 мг/кг) на шестые, 13-е, 20-е сутки беременности животные выводились из эксперимента, производился забор смешанной венозной крови путем интракардиальной пункции.

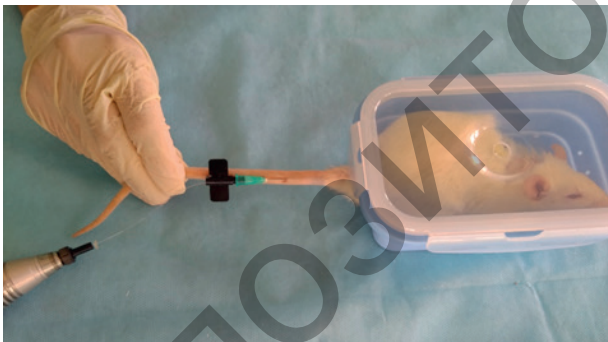


Рисунок 1. – Проведение низкоинтенсивного лазерного облучения крови у крыс с термическими ожогами кожи
Figure 1. – Conducting low-intensity laser blood irradiation in rats with thermal skin burns

На газоанализаторе StatProfilepHOxplus L при 37°C определяли показатели кислородтранспортной функции крови (КТФК): парциальное давление кислорода (pO_2), степень оксигенации (SO_2). Средство гемоглобина к кислороду оценивали по показателю $p50_{\text{реал}}$ (pO_2 крови при 50% насыщении ее кислородом). По формулам Severinghaus рассчитывали значение $p50_{\text{станд}}$ [9]. Кислотно-основное состояние изучали по показателям: парциальное давление углекислого газа (pCO_2), стандартный бикарбонат (SBC), реальный/стандартный недостаток (избыток) буферных оснований (ABE/SBE), гидрокарбонат

(HCO_3^-), концентрация водородных ионов (pH), общая углекислота плазмы крови (TCO_2).

Биохимический анализ крови (общий белок, альбумин, креатинин, мочевины, АСТ, АЛТ, щелочная фосфатаза) выполняли на автоматическом биохимическом анализаторе Mindray BS-300 (Китай).

Расчеты выполнялись при помощи функций базового пакета «base» расширения языка программирования «R», специализированного на статистическом анализе [10]. Применяли методы описательной статистики с вычислением медианы (Me), 25-го и 75-го перцентилей. Сравнение показателей между двумя группами проводилось при помощи непараметрического критерия Манна-Уитни. Различия считались достоверными при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

В таблице 1 приведены изменения основных показателей кислородтранспортной функции крови и кислотно-основного состояния на шестые сутки беременности у крыс с термической травмой (ожог выполнен на третьи сутки беременности) и в условиях коррекции методом ВЛОК. У беременных крыс с термическим ожогом кожи наблюдалось снижение величины pO_2 на 37,2% ($p < 0,01$), а также снижение величины SO_2 на 24,2% ($p < 0,05$) в сравнении с контрольной группой, что свидетельствует об ухудшении кислородного обеспечения организма беременной крысы с термической травмой и развитии гипоксии. На шестые сутки беременности $p50_{\text{реал}}$ в 1-й опытной группе увеличилось на 3,5 мм рт. ст. ($p < 0,01$), $p50_{\text{станд}}$ – на 3,7 мм рт. ст. ($p < 0,01$), что указывает на сдвиг кривой диссоциации оксигемоглобина вправо и уменьшение аффинитета гемоглобина к кислороду. Сдвиг кривой диссоциации оксигемоглобина вправо можно расценивать как попытку компенсировать кислородную недостаточность, но в условиях, когда нарушена утилизация кислорода тканями и значительная его часть используется в свободнорадикальных процессах, увеличение потока кислорода в ткани может привести к развитию окислительного стресса [11]. Во 2-й опытной группе, где проводилось низкоинтенсивное лазерное облучение крови с целью коррекции нарушений, вызванных термической травмой, отмечалось меньшее снижение значений pO_2 (на 30,2%, $p < 0,01$) и SO_2 (на 20,3%, $p < 0,01$) в сравнении в контрольной группой. Показатель СГК $p50_{\text{реал}}$ был увеличен на 2,6 мм рт. ст. ($p < 0,01$) в сравнении с контролем, что указывает на сдвиг кривой диссоциации оксигемоглобина вправо, как и в группе без коррекции, но выраженный в меньшей степени.

Кислотно-основное состояние на шестые сутки беременности у крыс с термическими ожогами кожи характеризовалось развитием ацидоза. На это указывает снижение таких показателей, как pH, HCO_3^- , TCO_2 , SBE, ABE, SBC. Снижение pH в жидкостях организма – специфический рефлекторный стимул увеличения частоты и глубины дыхательных движений, вследствие

этого лёгкие выделяют избыток CO_2 , образующийся в результате активации буферных систем [12]. Снижение CO_2 в 1-й опытной группе указывает на то, что у беременных крыс с термической травмой развивается метаболический ацидоз,

при котором гипокапния – способ дыхательной компенсации данного состояния. Во 2-й опытной группе отмечались менее выраженные нарушения кислотно-основного состояния в сравнении с 1-й опытной группой, но все показатели (pH, HCO_3^- , TCO_2 , SBE, ABE, SBC) были достоверно ниже по отношению к контрольной группе.

Таблица 1. – Основные показатели кислородтранспортной функции крови и кислотно-основного состояния на шестые сутки беременности у крыс после термического ожога и в условиях коррекции методом ВЛОК, Me (25; 75%)

Table 1. – The main indicators of the oxygen transport function of blood and the acid-base state on the 6th day of pregnancy in rats after thermal burn and under conditions of correction by the ILBI method, Me (25; 75%)

Показатель	Контроль	Опыт 1 (ожог)	Опыт 2 (ожог + ВЛОК)
n	9	9	9
pO_2 (мм рт. ст.)	21,5 (19,1; 23,1)	13,5 (11,9; 13,9)**	15 (14,2; 16,1)**#
SO_2 (%)	31 (28,1; 31,5)	23,5 (19,6; 27,4)*	24,7 (22,4; 26,2)*
Hb (г/л)	129 (125; 137)	118 (112; 128)*	121 (113; 129)
pH (ед)	7,41 (7,396; 7,413)	7,359 (7,348; 7,37)**	7,371 (7,369; 7,382)*
pCO_2 мм рт. ст.)	45,8 (44,6; 46,3)	42,3 (41,1; 44)*	43,5 (42,8; 44,9)
HCO_3^- (ммоль/л)	25,9 (24,8; 27)	19,2 (18,7; 20,3)**	21,4 (20,7; 22)**#
TCO_2 (ммоль/л)	27,9 (26,4; 29,1)	22,8 (22,1; 23,8)**	23,9 (23,2; 25,2)*
ABE (ммоль/л)	-1,9 (-2,3; -0,8)	-4,2 (-5,5; -3,4)*	-3,8 (-4,7; -2,5)*
SBE (ммоль/л)	-1,5 (-2,2; -0,5)	-3,2 (-4,1; -2,7)*	-2,9 (-3,3; -2)*
SBC (ммоль/л)	25,1 (24,2; 26,7)	20,1 (19,5; 22,1)**	22,1 (21,5; 24,1)*
$\text{p50}_{\text{реал}}$ (мм рт. ст.)	26,1 (25,9; 26,4)	29,6 (28,9; 30,1)**	28,7 (28; 29,2)**
$\text{p50}_{\text{станд}}$ (мм рт. ст.)	26 (25,9; 26,2)	29,7 (29,1; 30,2)**	28,9 (28,6; 29,1)**#

Примечания

* – $p < 0,05$, достоверные изменения в сравнении с контролем; ** – $p < 0,01$, достоверные изменения в сравнении с контролем; # – $p < 0,05$, достоверные изменения в сравнении с «опыт 1»

Таблица 2. – Основные показатели кислородтранспортной функции крови и кислотно-основного состояния на 13-е сутки беременности у крыс после термического ожога и в условиях коррекции методом ВЛОК, Me (25; 75%)

Table 2. – The main indicators of the oxygen transport function of blood and the acid-base state on the 13th day of pregnancy in rats after thermal burn and under conditions of correction by the ILBI method, Me (25; 75%)

Показатель	Контроль	Опыт 1 (ожог)	Опыт 2 (ожог + ВЛОК)
n	9	9	9
pO_2 (мм рт. ст.)	20,6 (20; 23,7)	15,5 (14,9; 16,3)**	19 (16,8; 20,5)#
SO_2 (%)	30,3 (29,4; 31,6)	24,8 (23,9; 26,1)**	26,6 (24,1; 28,1)*
Hb (г/л)	125 (117; 130)	119 (114; 123)	121 (115; 128)
pH (ед)	7,402 (7,395; 7,411)	7,365 (7,358; 7,371)**	7,385 (7,373; 7,392)**#
pCO_2 (мм рт. ст.)	44,8 (44; 46,2)	43,7 (42,5; 44,1)*	45 (44,5; 47,8)#
HCO_3^- (ммоль/л)	25,4 (24,5; 27,1)	21,3 (20,1; 22)*	23,4 (22,4; 25,1)#
TCO_2 (ммоль/л)	27,7 (26,2; 28,5)	23,8 (22,4; 24,8)*	25,6 (23,9; 27)
ABE (ммоль/л)	-2,9 (-3,3; -1,9)	-3,9 (-4,5; -3,2)*	-3,1 (-4; -1,5)
SBE (ммоль/л)	-1,5 (-2,2; -0,5)	-2,9 (-3,4; -2,1)*	-1,8 (-2,1; -1)#
SBC (ммоль/л)	24,8 (23,9; 25,6)	22,3 (21; 23,7)*	24,1 (22,1; 24,7)
$\text{p50}_{\text{реал}}$ (мм рт. ст.)	26,7 (26,5; 26,9)	28,2 (27,4; 29,1)*	27,6 (27; 28,4)*
$\text{p50}_{\text{станд}}$ (мм рт. ст.)	26,3 (26,2; 26,5)	28 (27,1; 28,9)*	27,5 (26,4; 28)

Примечание

* – $p < 0,05$, достоверные изменения в сравнении с контролем; ** – $p < 0,01$, достоверные изменения в сравнении с контролем; # – $p < 0,05$, достоверные изменения в сравнении с «опыт 1»

На 13-е сутки беременности у крыс с термическими ожогами кожи сохраняются нарушения кислородтранспортной функции крови (pO_2 снижен на 24,8%, SO_2 – на 18,2% ($p < 0,01$), $\text{p50}_{\text{реал}}$ увеличен на 1,5 мм рт. ст., $\text{p50}_{\text{станд}}$ – на 1,7 мм рт. ст., ($p < 0,05$)) и кислотно-основного состояния (pH 7,365 ед. в сравнении с контролем – 7,402, $p < 0,01$). Применение ВЛОК во 2-й опытной группе привело к достоверному увеличению показателей pO_2 , pH, HCO_3^- , SBE в сравнении опытной группой без коррекции, при этом большинство показателей КТФК существенно не отличаются от показателей в контрольной группе (табл. 2).

К 20-м суткам беременности отмечалось улучшение показателей КТФК у экспериментальных животных после термического воздействия, статистически значимых различий между исследуемыми группами не наблюдалось (табл. 3).

В ходе проведенного исследования установлено также, что на шестые сутки беременности у крыс с термическими ожогами кожи отмечалось значительное снижение показателей общего белка (на 18,8%, $p < 0,01$), в том числе и за счет альбуминовой фракции, которое сохранялось на 13-е и на 20-е сутки беременности в сравнении с контрольной группой (табл. 4). Одновременно наблюдался значительный рост концентрации мочевины – на 23,6% – ($p < 0,05$) и креатинина – на 181% ($p < 0,01$). Мочевина, являясь конечным продуктом распада белков и маркером эндогенной интоксикации, может указывать на повышенную

скорость катаболических реакций в ожоговой ране [13]. В группе беременных крыс с термической травмой, которым проводилось ВЛОК на 13-е сутки беременности, наблюдались более высокие значения общего белка в сравнении с аналогичными показателями у животных в 1-й

опытной группе, а на 20-е сутки беременности данные значения не отличались от контрольных показателей.

В обеих опытных группах наблюдалось значительное увеличение уровня глюкозы в крови (на 62,5% в 1-й опытной группе и на 47,9% во 2-й опытной группе, $p < 0,01$). Так называемая «стрессорная реакция на повреждение. Проведение внутривенной лазерной гемотерапии привело к более быстрому снижению уровня глюкозы в крови беременных крыс с термическими ожогами.

В 1-й опытной группе на шестые сутки беременности отмечался значительный рост концентрации печеночных ферментов (АСТ – на 88,5% ($p < 0,01$), АЛТ – на 218,8% ($p < 0,01$), ЩФ – на 86% ($p < 0,05$)). АСТ и АЛТ оставались увеличенными и на 13-е сутки беременности в сравнении с контрольной группой, что, вероятно, связано с интоксикацией печени продуктами распада ожоговой раны. Однако следует подчеркнуть, что при использовании ВЛОК уже на шестые сутки беременности фиксировалось достоверное снижение уровня печеночных

Таблица 3. – Основные показатели кислородтранспортной функции крови и кислотно-основного состояния на 20-е сутки беременности у крыс после термического ожога и в условиях коррекции методом ВЛОК, Ме (25; 75%)

Table 3. – The main indicators of the oxygen transport function of blood and the acid-base state on the 20th day of pregnancy in rats after thermal burn and under conditions of correction by the ILBI method, Me (25; 75%)

	Контроль	Опыт 1 (ожог)	Опыт 2 (ожог + ВЛОК)
n	9	9	9
pO ₂ (мм рт. ст.)	17,4 (16,5; 20,3)	16,9 (15,4; 17,7)	17,7 (15,5; 21)
SO ₂ (%)	28 (27,1; 28,4)	27,6 (26,1; 28,5)	29,6 (27,9; 31,2)
Hb (г/л)	122 (119; 128)	115 (109; 121)	122 (120; 133)
pH (ед)	7,391 (7,387; 7,398)	7,387 (7,381; 7,398)	7,399 (7,387; 7,411)
pCO ₂ (мм рт. ст.)	45,6 (43,8; 48,7)	46,2 (43,5; 47,1)	46 (44,2; 46,9)
HCO ₃ ⁻ (ммоль/л)	26,8 (25,1; 27,4)	25 (23,1; 25,4)	26,1 (25,7; 26,8)#
TCO ₂ (ммоль/л)	28,1 (26,5; 29,3)	26,9 (25,4; 28)	28,4 (26,8; 29)
ABE (ммоль/л)	-2,3 (-2,6; -1,8)	-3 (-3,8; -2,1)	-1,9 (-2,6; -1)
SBE (ммоль/л)	-1,1 (-1,8; -0,9)	-2,1 (-2,4; -1,5)	-1,7 (-2,1; -0,6)
SBC (ммоль/л)	24,1 (23,7; 25)	23 (21,2; 23,9)	25,1 (23,4; 26,1)
p50 _{реал.} (мм рт. ст.)	27,1 (26,7; 27,6)	27,3 (26,6; 28)	26,8 (26,5; 28,1)
p50 _{станд.} (мм рт. ст.)	26,6 (26,4; 26,8)	27,1 (26,3; 27,4)	27 (26,5; 27,2)

Примечание – # – $p < 0,05$, достоверные изменения в сравнении с «опыт 1»

Таблица 4. – Основные биохимические показатели крови у крыс с термическим ожогом кожи и в условиях коррекции методом ВЛОК, Ме (25; 75%)

Table 4. – The main biochemical parameters of the blood of rats with thermal burns of the skin and under conditions of correction by the ILBI method, Me (25; 75%)

Показатель	Шестые сутки беременности			13-е сутки беременности			20-е сутки беременности		
	Контроль	Опыт 1 (ожог)	Опыт 2 (ожог + ВЛОК)	Контроль	Опыт 1 (ожог)	Опыт 2 (ожог + ВЛОК)	Контроль	Опыт 1 (ожог)	Опыт 2 (ожог + ВЛОК)
n	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Общий белок (г/л)	64 (61; 65)	52 (47; 54)**	55 (49; 57)**	62 (60; 65)	53 (49; 57)*	58 (56; 59)#	61 (59; 63)	56 (53; 58)*	62 (59; 62)#
Альбумин (г/л)	31 (28; 33)	23 (21; 25)*	25 (24; 27)#	29 (26; 32)	25 (23; 26)*	26 (23; 27)*	28 (26; 31)	25 (23; 27)	27 (26; 28)
Мочевина (ммоль/л)	5,8 (5,4; 6)	7,1 (6,4; 7,3)*	6,9 (6,1; 7,1)*	5,7 (5,1; 5,9)	6,9 (6,5; 7,5)*	6,7 (6,0; 7,1)*	5,1 (4,3; 5,6)	5,7 (5,1; 6,1)	4,9 (4,4; 6,0)
Креатинин (мкмоль/л)	27 (24; 34)	76 (47; 95)**	56 (37; 64)*	21 (17; 24)	74 (45; 85)**	38 (36; 44)#	24 (22; 30)	54 (37; 75)*	30 (23; 35)#
АСТ (ед/л)	26 (17; 33)	49 (45; 60)**	36 (32; 41)#	22 (20; 37)	46 (42; 51)*	31 (30; 41)#	28 (14; 31)	34 (23; 40)	27 (21; 37)
АЛТ (ед/л)	16 (8; 24)	51 (41; 58)**	29 (25; 38)#	14 (12; 22)	52 (38; 55)*	29 (23; 35)#	24 (18; 27)	40 (32; 41)*	28 (25; 33)#
Щелочная фосфатаза (ед/л)	57 (49; 76)	106 (79; 110)*	70 (62; 77)#	72 (61; 106)	96 (93; 109)	66 (51; 78)#	55 (52; 68)	66 (60; 86)	48 (43; 57)
Глюкоза (ммоль/л)	4,8 (4,5; 5,1)	7,8 (7,5; 8,4)**	7,1 (6,2; 7,7)**	5,0 (4,8; 5,2)	7,6 (7,3; 8,0)**	6,5 (6,0; 7,1)#	4,7 (4,6; 5,0)	6,4 (5,5; 6,9)*	4,8 (4,6; 5,2)

Примечания – * – $p < 0,05$, достоверные изменения в сравнении с контролем; ** – $p < 0,01$, достоверные изменения в сравнении с контролем; # – $p < 0,05$, достоверные изменения в сравнении с «опыт 1»

ферментов (АСТ – на 26,5%, АЛТ – на 43%, ЩФ – на 34% ($p < 0,05$)) в сравнении с 1-й опытной группой.

Таким образом, применение ВЛОК у беременных крыс с термическими ожогами кожи позволяет в более короткие сроки улучшить показатели кислородтранспортной функции крови и уменьшить эндогенную интоксикацию.

Выводы

1. Термические ожоги кожи у крыс в раннем периоде беременности сопровождаются ухудшением кислородтранспортной функции кро-

ви (снижение значений PO_2 и SO_2 , уменьшение сродства гемоглобина к кислороду) и развитием метаболического ацидоза, а также наличием эндогенной интоксикации (рост концентрации мочевины и креатинина, повышение уровня печеночных ферментов).

2. Использование низкоинтенсивного лазерного облучения крови у беременных крыс с термическими ожогами кожи приводит к улучшению кислородтранспортной функции крови (увеличение PO_2 и SO_2 , $p_{50\text{реал.}}$, $p_{50\text{станд.}}$), уменьшению ацидоза, способствует снижению уровня эндогенной интоксикации.

Литература

1. Бочаров, Р. В. Внутривенная лазерная терапия у детей младшего возраста при термической травме / Р. В. Бочаров // *Общая реаниматология*. – 2014. – Т. 10, № 5. – С. 52-58. – doi: 10.15360/1813-9779-2014-5-52-58.
2. Влияние внутривенного лазерного облучения крови на динамику раневого процесса у обожженных / В. А. Дербенев [и др.] // *Лазерная медицина*. – 2008. – Т. 12, № 4. – С. 13-17.
3. Глуткин, А. В. Влияние внутривенного лазерного облучения крови на механизмы транспорта кислорода кровью и прооксидантно-антиоксидантный баланс при термическом ожоге у детей младшего возраста / А. В. Глуткин // *Экстренная медицина*. – 2013. – № 3(7). – С. 39-49.
4. Новые технологии внутривенного лазерного облучения крови [Электронный ресурс] / С. Н. Ералина [и др.]. – Алматы, 2014. – 31с. – Режим доступа: http://www.lasmik.ru/assets/files/89/vlok_2014_1.pdf. – Дата доступа: 27.01.22.
5. Козлов, В. И. Механизмы фотобиостимуляции / В. И. Козлов // *Лазерная медицина*. – 2010. – Т. 14, № 4. – С. 4-13.
6. Устройство для моделирования ожоговой раны у лабораторного животного : пат. BY 7927 / А. В. Глуткин, Т. В. Ковальчук, В. И. Ковальчук. – Оpubл. 28.02.12.
7. Предохранительная камера для экспериментального исследования ожоговой раны у лабораторного животного: пат. BY 7926 / А. В. Глуткин, Т. В. Ковальчук, В. И. Ковальчук. – Оpubл. 28.02.12.
8. Гейниц, А. В. Внутривенное лазерное облучение крови / А. В. Гейниц, С. В. Москвин, А. А. Ачилов. – Москва : ООО «Издательство «Триада», 2012. – 336 с.
9. Saveringhaus, J. W. Blood gas calculator / J. W. Saveringhaus // *J Appl Physiol*. – 1966. – Vol. 21, № 3. – P. 1108-1116. – doi:10.1152/jappl.1966.21.3.1108.
10. What is R? [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.r-project.org/about.html>. – Date of access: 10.04.2021.
11. Sinha, N. Oxidative stress and antioxidants in hypertension-a current review. N. Sinha, P. K. Dabla // *Curr Hypertens Rev*. – 2015. – Vol. 11, № 2. – P. 132-142. – doi: 10.2174/1573402111666150529130922.
12. Патологическая физиология / Н. Н. Зайко [и др.]; под ред.: Н. Н. Зайко, Ю. В. Быца. – 5-е изд. – Москва: МЕДпресс-информ, 2008. – 635 с.
13. Биохимические показатели сыворотки крови крыс при лечении ожоговой раны в условиях влажной среды /

В. Л. Кузнецова [и др.] // *Вестник новых медицинских технологий*. – 2017. – Т. 24, № 3. – С. 104-108. – doi: 10.12737/article_59c4a5664962b7.12610607.

References

1. Bocharov RV. Vnutrivennaja lazernaja terapija u detej mladshogo vozrasta pri termicheskoj travme [Intravenous laser therapy in young children with thermal injuries]. *Obshhaja reanimatologija* [General reanimatology]. 2014;10(5):52-58. (Russian).
2. Derbenev VA, Grebennik SF, Yakubov ESh, Makojev SN. Vlijanie vnutrivennogo lazernogo obluchenija krovj na dinamiku ranevogo processa u obozhzhennyh [Effects of intravenous laser blood irradiation at the dynamics of wound process in patients with combustions]. *Lazernaja medicina*. 2008;12(4):13-17. (Russian).
3. Glutkin AV. Vlijanie vnutrivennogo lazernogo obluchenija krovj na mehanizmy transporta kisloroda krovju i prooksidantno-antioksidantnyj balans pri termicheskom ozhoge u detej mladshogo vozrasta [Effect of intravenous laser irradiation of blood on the mechanisms of oxygen transport in blood and prooxidant-antioxidant balance in thermal burns in young children]. *Ekstrennaja medicina* [Emergency Medicine]. 2013;(3(7)):39-49. (Russian).
4. Eralina SN, Ismailov EL, Abdrasulov RB, Tekesbaev BB, Zholdasov ZhK. Novyje tehnologii vnutrivennogo lazernogo obluchenija krovj [Internet]. Almaty; 2014. 31p. Available from: http://www.lasmik.ru/assets/files/89/vlok_2014_1.pdf. (Russian).
5. Kozlov VI. Mehanizmy fotobiostimuljicii [Photobiostimulation mechanisms]. *Lazernaja medicina*. 2010;14(4):4-13. (Russian).
6. Glutkin AV, Kovalchuk TV, Kovalchuk VI, inventors. Ustrojstvo dlja modelirovanija ozhogovoj rany u laboratornogo zhivotnogo. BY patent 7927. 2012 Feb 28. (Russian).
7. Glutkin AV, Kovalchuk TV, Kovalchuk VI, inventors. Predohranitel'naja kamera dlja eksperimental'nogo issledovanija ozhogovoj rany u laboratornogo zhivotnogo. BY patent 7926. 2012 Feb 28. (Russian).
8. Gejnic AV, Moskvin SV, Achilov AA. Vnutrivennoe lazernoe obluchenie krovj. Moskva: ООО «Издательство «Триада»; 2012. 336 p.
9. Severinghaus JW. Blood gas calculator. *J Appl Physiol*. 1966;21(3):1108-16. doi: 10.1152/jappl.1966.21.3.1108.
10. What is R? [Internet]. Available from: <https://www.r-project.org/about.html>.
11. Sinha N, Dabla PK. Oxidative stress and antioxidants in hypertension-a current review. *Curr Hypertens Rev*. 2015;11(2):132-42. doi: 10.2174/1573402111666150529130922.

12. Zajko NN, et al.; Zajko NN, Byc JuV, editors. Patologicheskaja fiziologija. 5th ed. Moskva: MEDpress-inform; 2008. 635 p. (Russian).
13. Kuznetsova VL, Soloveva AG, Peretyagin SP, Kostina OV, Presnyakova MV, Peretyagin PV, Luzan AS. Biohimicheskie pokazateli syvorotki krovi krys pri lechenii

ozhogovoj rany v uslovijah vlazhnoj sredy [Biochemical parameters of blood serum in rats during therapy of thermal injury in the water environment]. *Vestnik novykh medicinskih tehnologij* [Journal of new medical technologies]. 2017;24(3):104-108. doi: 10.12737/article_59c4a5664962b7.12610607. (Russian).

LOW-INTENSITY LASER BLOOD RADIATION AND ITS EFFICIENCY FOR CORRECTION OF HOMEOSTASIS DISORDERS IN PREGNANT RATS WITH THERMAL SKIN BURNS

T. V. Kovalchuk-Bolbatun, S. M. Smotryn, A. V. Kapyski
Grodno State Medical University, Grodno, Belarus

Background. Treatment of burn injuries is one of the most acute and urgent problems of combustiology, despite all the achievements of modern medicine. With skin burns, multiple systemic changes occur that require special attention and new approaches. Low-intensity laser blood irradiation is a highly effective method of non-pharmacological corrective effect on the homeostasis system of burned patients, but remains unexplored in pregnant women with thermal skin burns.

The aim of the research. To evaluate the effectiveness of low-intensity laser blood irradiation for the correction of disorders of the homeostasis system in pregnant rats with thermal skin burns.

Material and methods. An experimental study was carried out on 81 female outbred white rats weighing 200-250 g, which were divided into three groups. The control group consisted of pregnant intact rats, the first experimental group - rats with thermal skin burns in the early period of pregnancy, the second experimental group - rats with thermal skin burns in the early period of pregnancy, which underwent low-intensity laser blood irradiation. The oxygen transport function of blood, acid-base status and basic biochemical parameters of blood were studied.

Results. Thermal burns of the skin in rats in the early period of pregnancy are accompanied by a deterioration in the oxygen transport function of the blood (a decrease in PO_2 and SO_2 values, a decrease in the affinity of hemoglobin for oxygen) and the development of metabolic acidosis, as well as the presence of endogenous intoxication (an increase in the concentration of urea and creatinine, an increase in the level of liver enzymes). The use of low-intensity laser irradiation of blood makes it possible to improve homeostasis indices in a shorter time.

Conclusions. Low-intensity laser irradiation of blood improves the main indicators of the oxygen transport function of the blood and reduces the level of endogenous intoxication during skin burns in rats in the early period of pregnancy.

Keywords: thermal injury, pregnancy, skin, homeostasis, low-intensity laser blood irradiation, rat

For citation: Kovalchuk-Bolbatun TV, Smotryn SM, Kapyski AV. Low-intensity laser blood radiation and its efficiency for correction of homeostasis disorders in pregnant rats with thermal skin burns. *Journal of the Grodno State Medical University*. 2022;20(1):62-67. <https://doi.org/10.25298/2221-8785-2022-20-1-62-67>.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Финансирование осуществляется в рамках задания государственной программы научных исследований «Изучить пути формирования и оптимизации аллостатических состояний при стрессовых воздействиях различной природы» № 20210366, дата регистрации 26.03.2021 г.

Financing. Funding is carried out within the framework of the task of the state program of scientific research "To study the ways of the formation and optimization of allostatic conditions under stressful influences of various nature" No. 20210366, registration date 26.03.2021.

Соответствие принципам этики. Исследование одобрено локальным этическим комитетом.

Conformity with the principles of ethics. The study was approved by the local ethics committee.

Об авторах / About the authors

*Ковальчук-Болбатун Татьяна Викторовна / Kovalchuk-Bolbatun Tatsiana, e-mail: 7881632@mail.ru, ORCID: 0000-0002-4315-7046

Смотрин Сергей Михайлович / Smotryn Siarhei, e-mail: s.smotrin@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3944-1124

Копыцкий Андрей Витальевич / Kapyski Andrey, e-mail: andrey_cop@mail.ru, ORCID: 0000-0002-1862-4300

* – автор, ответственный за переписку / corresponding author

Поступила / Received: 03.12.2021

Принята к публикации / Accepted for publication: 26.01.2022