

ВНУТРИВЕННАЯ ЛАЗЕРНАЯ ТЕРАПИЯ У ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ВОЗРАСТА ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ТРАВМЕ

Р. В. Бочаров

Больница скорой медицинской помощи №2, Томск, Россия
634021, Томск, ул. Кошевого, 72, Россия

Intravenous Laser Therapy in Young Children with Thermal Injuries

R. V. Bocharov

Emergency Medical Care Hospital Two, Tomsk, Russia
72, O. Koshevoy St., Tomsk 634021

Цель исследования. Оценить лабораторные и клинические эффекты комбинированной внутривенной лазерной терапии у детей младшего возраста с термическими травмами в острый период ожоговой болезни. **Материалы и методы.** Обследовали детей ($n=40$), средний возраст которых составил $2,67 \pm 0,35$ года, термические поражения — $25,05 \pm 1,01\%$ от общей площади поверхности тела, из них IIIa—IIIb степени — $19,04 \pm 0,85\%$. В группе сравнения ($n=15$) проводилась общепринятая терапия без учета и коррекции исходных и текущих гемостазиологических нарушений. В основной группе ($n=25$) помимо общепринятой терапии с 1-х суток проводились: программируемая антикоагулянтная терапия и внутривенная лазерная терапия при различных частотах облучения аппаратом лазерной терапии «Мустанг 2000-2+» (патент на изобретение №2482894). Курс лазерной терапии составлял от 6 до 16 процедур. Оценивались и сравнивались следующие изучаемые параметры: число лейкоцитов, лейкоцитарный индекс интоксикации, уровень молекул средней массы в плазме больных при длине волны 254 нм, токсогенная зернистость нейтрофилов, сроки отхождения раневого экссудата, площади оперативной пластики и сроки госпитализации. **Результаты.** В сравнительном аспекте у пациентов основной группы показаны положительные лабораторные и клинические эффекты проводимой комбинированной внутривенной лазерной терапии в комплексном лечении ожоговой болезни у детей младшего возраста. Достоверное снижение уровня воспалительной реакции и эндогенной интоксикации приводило к более быстрому очищению ожоговых ран, активной эпителизации, сокращению объемов оперативной пластики. **Заключение.** Комбинированная внутривенная лазерная терапия у детей младшего возраста с термическими поражениями до 40% в острый период ожоговой болезни достоверно обладает противовоспалительными и детоксикационными эффектами. Купирование системной воспалительной реакции методом комбинированной внутривенной лазерной терапии инициирует ранние регенеративные процессы в ожоговой ране, способствует сокращению объемов оперативной пластики и сроков госпитализации, что оптимизирует терапию ожоговой болезни. **Ключевые слова:** дети, ожоги, внутривенное лазерное облучение крови.

Objective: to evaluate the laboratory and clinical effects of combined intravenous laser therapy in young children with thermal injuries in the acute period of burn disease. **Subjects and methods.** Forty children whose mean age was 2.67 ± 0.35 years were examined; thermal injuries accounted for $25.05 \pm 1.01\%$ of the total body surface area; of them degrees IIIa-IIIb was $19.04 \pm 0.85\%$. A comparison group ($n=15$) received conventional therapy without taking into account and correcting baseline and current hemostasiological disorders. On day 1, a study group ($n=25$) had programmed anticoagulant therapy and intravenous laser therapy at different radiation frequencies with a Mustang 2000-2+ laser therapy apparatus (patent for invention No. 2482894) in addition to the conventional therapy. The laser therapy cycle was 6 to 16 sessions. The investigators estimated and compared the following examined parameters: white blood cell count; leukocytic index of intoxication; plasma average mass molecules at a wavelength of 254 nm; toxogenic granularity of neutrophils; wound exudate discharge time; surgical plasty area; and hospitalization time. **Results.** The positive laboratory and clinical effects of the performed combined intravenous laser therapy in the combined therapy of burn disease in young children were comparatively shown in the study group patients. The significant decrease in the level of an inflammatory response and endogenous intoxication led to a rapider burn wound cleansing, active epithelization, and reduced surgical plasty volumes. **Conclusion.** Combined intravenous laser therapy significantly exerts anti-inflammatory and detoxifying effects in young children with 40% thermal injuries in the acute period of burn disease. Abolishing a systemic inflammatory response by combined intravenous laser therapy initiated early regenerative processes in the burn wound and caused reductions in surgical plasty volumes and hospitalization time, which optimizes therapy for burn disease. **Key words:** children, burns, intravenous laser blood therapy.

DOI:10.15360/1813-9779-2014-5-52-58

Адрес для корреспонденции:

Бочаров Роман Владиславович
E-mail: roman_1967@mail.ru

Correspondence to:

Bocharov Roman Vladislavovich
E-mail: roman_1967@mail.ru

Введение

Травма, в том числе термическая, является одной из важнейших проблем анестезиологии-реаниматологии [1–4]. Удельный вес детей среди всех пациентов с термическими травмами, по данным исследователей, достигает 75% [5]. Согласно собственным полученным результатам, средний возраст пострадавших детей составляет $4,01 \pm 0,39$ года, и при существующих анатомо-физиологических особенностях развития детского организма генез гипоперфузионных, гемостазиологических нарушений способствуют быстрому росту ожоговой интоксикации и несостоятельности функции органов естественной детоксикации [6]. Проведение некоторых методов детоксикационной терапии сопряжено с трудностью их выполнения: необходимость наложения артериовенозного шунта, доступа к двум и более магистральным сосудам, дренирования грудного лимфатического протока, эксфузии большого объема крови (на массу тела ребенка), и в то же время — гемосорбция, плазмасорбция, лимфосорбция и диализно — фильтрационные методы предусматривают наличие дорогостоящей аппаратуры, малодоступной в общехирургическом стационаре [7]. Внутривенное лазерное облучение крови (ВЛОК) является одним из методов активной детоксикации организма, а именно методом усиления естественной детоксикации [8], включающей венопункцию локтевой или подключичной вены для выполнения процедуры [9–11]. Время процедуры у взрослых пациентов составляет 10 минут на первом сеансе облучения, 15 минут при последующих сеансах и курсом от 3 до 5 сеансов через день, либо экспозицией по 20 минут курсом от 7 до 10 сеансов каждый день [9, 12, 13] без учета исходных гемостазиологических нарушений. Выявленное различие чувствительности клеток крови к низкоинтенсивному лазерному излучению у детей и взрослых [14] и наличие исходных коагулологических изменений определяют необходимость проведения процедуры комбинированной внутривенной лазерной терапии. Целью работы стала оценка лабораторных и клинических эффектов комбинированной внутривенной лазерной терапии (ВЛТ) у детей младшего возраста с термическими травмами в острый период ожоговой болезни.

Материал и методы

Клиническое исследование проведено на базе отделения анестезиологии и реанимации ОГАУЗ «Больница скорой медицинской помощи №2» г. Томска и носило проспективный, контролируемый дизайн. (некорректная формулировка: design — план) Критерии включения: возраст от 1 года до 15 лет; площадь ожогового поражения — от 15 до 40% от общей площади поверхности тела (ОППТ); индекс тяжести поражения (ИТП) — более 30 единиц, указывающий на тяжелое и средней тяжести течение ожогового шока [15]. Критерии исключения: врожденное и/или приобретенное заболевание; отсутствие информированного согласия; термоингаляционное поражение.

В сравнительном аспекте проанализирован клинический и лабораторный материал (некорректная формулировка:

Introduction

Trauma including thermal injury is currently considered as one of the main nowadays problems of anesthesiology-reanimatology [1–4]. According to available data the proportion of children among all the patients with burn injuries reaches 75% [5]. The average age of victims children is $4,01 \pm 0,39$ per year. Existed anatomic-physiological patterns of a children's organism and low perfusion, and disturbance of hemostasis result in a rapid increase in burn intoxication and failure of mechanisms of natural detoxification [6]. Numerous methods of detoxification therapy are associated with the difficulties in implementation: the urgent needs in arteriovenous shunt, access to two or more main vessels, drainage thoracic lymphatic duct, removal of large volume of blood relatively too high to the body weight of the child). At the same time, expensive procedures like hemosorption, plasmadsorption, lymphosorption and dialysis filtration may not be accessible in some general surgery hospitals [7]. Intravenous laser irradiation of blood (ILIB) is one of the methods of active detoxification of the body, directed to strengthening the natural detoxification mechanisms [8]. This methodology includes puncture of the vein elbow or subclavian vein needed to perform the procedure [9–11]. The length of the procedure for adult patients is 10 minutes on the first session of irradiation and 15 minutes in the subsequent one, and a course of 3 to 5 sessions a day, or exposure to 20-minute course of 7 to 10 sessions each day [9, 12, 13] without regard to the source of alterations of hemostasis. Distinct susceptibility of blood cells to low intensive laser radiation in children and adults was noticed [14], and coagulation tests had identified the need for procedures that employed combined intravenous laser therapy.

The purpose of present study was the evaluation of laboratory and clinical effects of combined intravenous laser therapy in younger children with burn injuries in the acute period of burn disease.

Materials and Methods

A controlled, prospective clinical study was carried out at the Department of Anesthesiology and Intensive care of Autonomous Region State Healthcare Department «Emergency hospital №2» of the Tomsk. Checkpoint studies in children with burn injury covered the periods of burn shock and severe burn toxemia: on admission, a day later, on days 3 and 5–7 and 10–12.

Inclusion criteria: age from 1 year to 15 years; the area of burn injury from 15 to 40% of the total body surface area; injury severity index (ITP) for more than 30 units indicating grave or medium gravity for the burn shock [15].

Exclusion criteria: rough congenital and/or acquired pathology; lack of informed consent; terminal condition.

In the main group ($n=25$) average age was 2.85 ± 0.85 years, injury severity index 63.12 ± 3.21 units, the area of damage $25.52 \pm 1.13\%$ of the total body surface, from which the square of the depth IIIA–IIIB degree was $19.04 \pm 3.21\%$. In the comparison group ($n=15$) average age was 3.59 ± 0.76 year, injury severity index was 60.5 ± 5.34 units, the area of damage was $24.31 \pm 1.95\%$ of the total body surface, from which the square of the depth IIIA–IIIB degree was $17.14 \pm 1.25\%$. The groups were matched by age, area of the burn injury and severity index destruction ($P>0.05$).

Critical conditions in obstetrics and neonatology

необходимо конкретизировать план обследования) течения острого периода ожоговой болезни (периоды ожогового шока и острой ожоговой токсемии) у детей с термической травмой. Контрольные точки: при поступлении, через сутки, на 3-и, 5–7-е и 10–12-е сутки. В основной группе ($n=25$) средний возраст составил $2,85 \pm 0,28$ лет, индекс тяжести поражения — $63,12 \pm 3,21$ единиц, площадь поражения — $25,52 \pm 1,13\%$ ОППТ, из которых площади глубиной IIIa–IIIb степени — $19,04 \pm 0,85\%$ ОППТ. Пациентам данной группы в комплексе интенсивного лечения проводились ВЛТ. В группе сравнения ($n=15$) средний возраст составил $3,59 \pm 0,76$ года, индекс тяжести поражения — $60,5 \pm 5,34$ единиц, площадь поражения — $24,31 \pm 1,95\%$ ОППТ, из которых площади глубиной IIIa–IIIb степени — $17,14 \pm 1,25\%$ ОППТ. Пациентам этой группы в комплексе интенсивного лечения методы детоксикационной терапии не проводились, а антикоагулянтная терапия назначалась без учета исходных нарушений в системе гемостаза. Группы были сопоставимы по возрасту, площади ожогового повреждения и индексу тяжести поражения ($p > 0,05$).

С момента поступления пациентам основной группы в схему основного лечения включали антикоагулянтную терапию. Дозу нефракционированного гепарина рассчитывали по исходному значению показателя константа коагуляции $r+k$, измеряемого инструментальным способом при помощи аппарата АРП-01 «Меднорд» (НПО Меднорд, Россия) и характеризующего состояние начальных фаз свертывания крови и интенсивность активации системы гемостаза [6]. Создавалось условие гипокоагуляции, контролируемой по хронометрическим показателям гемокоагулограммы, во время которой значения активированного частичного тромбопластинового времени (АЧТВ) и тромбинового времени (ТВ) удлинялись в 1,5–2,5 раза, а величина константы коагуляции $r+k$ соответствовала интервалу 16–28 минут [6]. Антикоагулянт вводился микроструйно, внутривенно, непрерывно в течение суток с помощью шприцевого насоса.

Для проведения процедуры ВЛОК использовали аппарат лазерной терапии (АЛТ) «Мустанг 2000-2+» (НПЦ «Техника», Россия), одноразовый стерильный световод с иглой КИВЛ-01 (ООО НИЦ «Матрикс», Россия), который в асептических условиях освобождали от иглы и фиксирующей «бабочки» и вводили в подключичный катетер. Облучение крови происходило при длине волны 0,63 мкм, мощности 2,5 мВт на выходе световода. Согласно предлагаемой методике выполнения ВЛОК (патент на изобретение №2482894), при первом сеансе время задаваемой частоты низкоинтенсивного лазерного излучения 100 Гц составляло первые 5 минут, а в последующие 5 минут значение частоты излучения изменялось на 1500 Гц. Выбранные частоты лазерного излучения имеют следующие свойства: 100 Гц обеспечивают освобождение биологических мембран от токсических веществ (детоксикацию), и 1500 Гц наиболее эффективно подавляют острые воспалительные процессы [10]. Дальнейшие сеансы проводились через каждые 12 часов, и экспозиция облучения увеличивалась до 7 минут для каждой задаваемой частоты. Курс ВЛОК назначался с конца 1-х суток и составлял от 6 до 16 сеансов.

Динамика значений маркеров системной воспалительной реакции и интоксикации оценивалась по количеству лейкоцитов определяемого с помощью автоматизированного гематологического анализатора «Hema screen 18P» (Hospitex Diagnostics, Италия), по значению уровня молекул средней массы в плазме больных на спектрофотометре СФ-46 («ЛОМО», Россия) при длине волны 254 нм (MCM_{254}) в условных единицах (усл. ед.) по Габриелян Н. И. (1985), по значению лейкоцитарного индекса интоксикации (ЛИИ) по Островскому В.К. (1983) и по значению токсогенной зернистости нейтрофилов (ТЗН,%), вычисляемой в процентном результате при микроскопическом исследовании мазка крови. Дополнительно в обеих группах оценивалась и сравнивалась длительность отхождения раневого экссудата, объемы

In both groups of patients during the intensive treatment the standard infusion therapy, including the volume of physiological needs of the child's body and taking into account pathological loss, was carried out. Detoxification treatment was not conducted.

Upon receipt of all patients revealed changes in blood parameters of hypercoagulation, that ensured the inclusion of anti-coagulant therapy in the protocol of primary treatment. Victims in a comparison group received unfractionated heparin with an unchanging daily dose up to 100 units per kilogram of body weight. In the main group the dose of unfractionated heparin was calculated based on the original value of the indicator «the rate constant coagulation $r+k$ », which is measured by using the device BDA-01 «Mednord» (NGO Mednord, Russia) to characterize the state of the initial phases of blood clotting and the intensity of activation of hemostasis [6]. Hypocoagulation was controlled by chronometric indicators of coagulogram, in which the values of activated partial thromboplastin time (APTT) and trombin time (TV) were lengthened by 1.5–2.5 times, and the value of constants coagulation $r+k$ were corresponded to the interval of 16–28 minutes [6]. Anticoagulant in both groups was introduced by a microjet, intravenously and, continuously, during the day using a syringe pump.

For the procedure ILIB the device of laser therapy «Mustang 2000-2+» (SITC «Technique», Russia) and disposable sterile light guide with a needle KIVL-01 (SIC LLC «matrix», Russia) were used. Under aseptic conditions, disposable light guide was released from the needle, and injected into the subclavian catheter. Irradiation of blood was performed at a wavelength of 0.63 mm at a power 2.5 mW at the output of the optical fiber. According to the proposed methodology of ILIB (patent RF №2482894), at the first session time the frequency laser radiation was 100 Hz during the first 5 minutes, and for the next 5 minutes value of the emission frequency was increased to 1500 Hz. The selected frequencies of laser radiation were based on the following properties: 100 Hz provided the optimal release of biological membranes from toxic substances (detoxification), whereas at 1500 Hz the acute inflammatory processes was most effectively suppressed [10]. Further sessions were held every 12 hours, and exposure time exposure was increased to 7 minutes for each specified frequency. The course of ILIB ranged from 6 to 16 sessions.

Dynamics of markers of systemic inflammatory reaction and intoxication was estimated by a) evaluating the number of leukocytes by automated Hematology analyzer «Hema screen 18P» (Hospitex Diagnostics, Italy), b) level of medium-weight molecules in the plasma of patients as assessed spectrophotometer SF-46 (LOMO, Russia) at a wavelength of 254 nm (MCM_{254}) in conventional units (c.u.) according to N. I. Gabrielyan (1985), c) determining the leukocyte intoxication index (LI) as suggested by V. K. Ostrovsky (1983) and d) computing the neutrophils containing toxic grains (TGN,%) examined by microscopic examination of a blood smear. Additionally, in both groups the duration of the wound exudate, completed area plastic surgery and duration of stay were assessed and compared.

Statistical analysis of data was performed by the methods of parametric statistics with the aid of Statistica 6.0 for Windows. Expected average values and standard deviation in cases of normal distribution were computed. To compare variables in two groups a Student's t -test the Student was employed. Differences between groups were considered significant at $Pp < 0,05$.

Results and Discussion

Burn injuries in children in the main and comparison groups belonged to the category of heavy injuries, with no cardiovascular or respiratory dysfunction. Because of large volume infusion therapy, intravenous injections that caused irritation of the venous tunica intima vessels, fre-

Динамика маркеров воспалительной реакции и эндогенной интоксикации у детей с ожоговой болезнью ($X \pm m$) Dynamics of markers of inflammatory reaction and endogenous intoxication in children with burn disease ($X \pm m$)

Stage of experiment	WBC, $\times 10^9$	WBCII	MAW ₂₅₄ , con.un.	TGN, %
Admission				
Main group ($n=25$)	19,36 \pm 1,44	2,41 \pm 0,28	0,321 \pm 0,005	6,96 \pm 1,73
Comparison group ($n=16$)	20,16 \pm 2,45	2,66 \pm 0,63	0,306 \pm 0,003	9,87 \pm 2,38
After 24 hours				
Main group ($n=25$)	14,61 \pm 0,76	3,37 \pm 0,37	0,342 \pm 0,005	19,03 \pm 2,36
Comparison group ($n=16$)	17,53 \pm 1,77	3,57 \pm 0,46	0,333 \pm 0,007	28,63 \pm 2,84
3 days				
Main group ($n=25$)	10,69 \pm 0,74	1,61 \pm 0,22	0,327 \pm 0,006	18,75 \pm 3,76*
Comparison group ($n=16$)	14,26 \pm 1,02	3,19 \pm 0,53	0,353 \pm 0,009	43,25 \pm 3,17
5–7 days				
Main group ($n=25$)	12,65 \pm 0,69*	1,32 \pm 0,11*	0,313 \pm 0,006*	17,85 \pm 2,49*
Comparison group ($n=16$)	14,61 \pm 1,07	2,49 \pm 0,25	0,405 \pm 0,022	52,83 \pm 3,35
10–12 days				
Main group ($n=25$)	11,19 \pm 0,38*	1,35 \pm 0,12*	0,297 \pm 0,003*	14,94 \pm 2,74*
Comparison group ($n=16$)	15,09 \pm 1,18	2,86 \pm 0,36	0,321 \pm 0,009	37,51 \pm 4,22

Note (примечание). Stage of experiment — период исследования; admission — поступление; Main group — основная группа; Comparison group — группа сравнения; after 24 hours — через 24 часа; WBC — white blood cells (лейкоциты); WBCII — white blood cells index of intoxication (лейкоцитарный индекс интоксикации); MAW₂₅₄, con.un. — molecules of average weight at a wavelength of 254 nm in conventional units (молекулы средней массы при длине волны 254 нанометра в условных единицах); TGN — toxigenous grain of neutrophils (токсогенная зернистость нейтрофилов). * — $p < 0,05$ — the difference is significant between groups in the same stage of experiment (различия достоверны между группами в тот же период наблюдения).

выполненной оперативной пластики и длительность нахождения в стационаре.

Статистический анализ данных выполняли методами параметрической статистики с помощью прикладных программ Statistica 6.0 for Windows. Рассчитывали средние величины и стандартное отклонение для нормального распределения. Для сравнения переменных двух групп пользовались t -критерием Стьюдента. Значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Термические поражения у детей основной и сравнимой групп относились к разряду тяжелых, но не имели кардиоваскулярной или респираторной дисфункции, требующей протезирования нарушенной функции. С учетом предполагаемого проведения достаточно массивной по объему инфузионной терапии, введения растворов, вызывающих раздражение интимы сосудов, частого взятия проб крови, измерения центрального венозного давления и из-за трудности и/или невозможности доступа к периферическому венозному руслу пострадавшим детям младшего возраста проводилась катетеризация центральной (подключичной) вены.

Пациентам основной группы на фоне проведения противошоковой терапии корректировались гемостазиологические нарушения, протекавшие по гиперкоагуляционному типу, с созданием условия гипокоагуляции, контролируемой по предложенным хронометрическим показателям гемокоагулограммы. С конца 1-х суток начинали проводить первый сеанс ВЛТ по предложенной методике. После выполнения лечебной процедуры все пациенты в течение последующих 2–3 часов отмечали снижение болевого синдрома при отсутствии назначения болеутоляющих препаратов. Это выражалось в отсут-

quent blood sampling and measurement of central venous pressure, difficulties/impossibilities to access the peripheral venous channels the affected younger children were catheterized via central (subclavian) vena.

Starting from the end of first night the first session of intravenous laser therapy was begun. After performing the procedure, all patients within the next 2–3 hours noted a decrease in pain syndrome, sandpainkillers became unnecessary. This effect was manifested by the absence of motor and emotional anxiety and active complaints of pain, reduction of tachycardias and tachypneas. In 50% of cases analgetic effect of intravenous laser therapy was accompanied by sedation. In the comparison group in all children the intensity of pain, emotional arousal and active complaints on pain ensured regular use of painkillers and sedatives drugs.

Dynamics of development of systemic inflammatory response and associated endogenous intoxication in children from the main and comparative group in the first hours had the following trends: 1) the rise in the number of leukocytes to $19.36 \pm 1.43 \times 10^9$ and $20.17 \pm 2.46 \times 10^9$, with values of LII 2.65 ± 0.62 and 2.41 ± 0.27 that emphasized the severity of the inflammatory reaction; 2) increasing the level of MCM₂₅₄ to 0.321 ± 0.005 c.u. and 0.310 ± 0.003 c.u. that reflected the accumulation of products of endogenous intoxication; 3) The emergence of TGN $6.96 \pm 1.74\%$ in average vs. $9.87 \pm 2.09\%$ that reflected the process of absorption and accumulation of toxic substances in the cells. Significant differences between groups, however, were not found ($P > 0.05$).

Through the day from the moment of acceptance for the therapy and start of the intensive therapy in primary and comparative groups the values of the endogenous

Critical conditions in obstetrics and neonatology

вии у детей двигательного и эмоционального беспокойства и активных жалоб на боль, снижении тахипноэ и тахикардии. В 50% случаев анальгезирующий эффект ВЛТ сопровождался эффектом седации. В группе сравнения у всех детей интенсивность болевых ощущений и эмоциональное возбуждение требовало регулярного назначения обезболивающих и седативных препаратов.

Динамика развития системной воспалительной реакции и связанной с ней эндогенной интоксикации у детей основной и сравнительной группы в первые часы поступления имела следующий характер. Подъем числа лейкоцитов до $19,36 \pm 1,44 \times 10^9$ и $20,16 \pm 2,45 \times 10^9$, значений ЛИИ — $2,41 \pm 0,28$ и $2,66 \pm 0,63$ соответственно группам подчеркивал выраженность воспалительной реакции. Повышение уровня МСМ₂₅₄ до $0,321 \pm 0,005$ усл. ед. и $0,306 \pm 0,003$ усл.ед. отражало накопление продуктов эндогенной интоксикации. Появление ТЗН — $6,96 \pm 1,73$ и $9,87 \pm 2,38\%$ соответственно группам отражало процесс поглощения и накопления токсичных веществ в нейтрофилах. Различий между полученными данными не найдено ($p > 0,05$).

Через сутки от момента поступления и начала проведения интенсивной терапии в основной и сравнительной группах такие значения параметров эндогенной интоксикации, как ЛИИ и МСМ₂₅₄, имели тенденцию к увеличению — $3,37 \pm 0,37$ и $3,57 \pm 0,46$, и $0,342 \pm 0,005$ и $0,333 \pm 0,007$ усл. ед., соответственно. Определение ТЗН выявило, что в обеих группах дегенеративные изменения нейтрофилов возросли до $19,03 \pm 2,36$ и $28,63 \pm 2,84\%$. В то же время такой маркер воспалительной реакции, как число лейкоцитов, имел тенденции к снижению — $14,61 \pm 0,76 \times 10^9$ и $17,53 \pm 1,77 \times 10^9$, соответственно. Различий между полученными данными не найдено ($p > 0,05$).

Через 3-е суток от начала проведения интенсивной терапии динамика исследуемых маркеров была разнонаправленной. В основной группе установлены снижение числа лейкоцитов до $10,69 \pm 0,74 \times 10^9$, значения ЛИИ — до $1,61 \pm 0,22$, уровня МСМ₂₅₄ — до $0,327 \pm 0,006$ усл. ед., ТЗН — до $18,75 \pm 3,76\%$. В группе сравнения среди полученных данных появились достоверные различия со значениями основной группы. Так, на фоне снижения числа лейкоцитов до $14,26 \pm 1,02 \times 10^9$ ($p = 0,01$) и значения ЛИИ до $3,19 \pm 0,53$ ($p = 0,002$) сохранялись высокие величины параметра МСМ₂₅₄ — $0,353 \pm 0,009$ усл. ед. ($p = 0,026$) и возрастали цифры ТЗН до $43,25 \pm 3,17\%$ ($p < 0,001$).

В период острой ожоговой токсемии (5–7-е и 10–12-е сутки) у пациентов основной группы динамика параметров системной воспалительной реакции и эндогенной интоксикации оставалась стабильной, достоверно не отличаясь от данных на 3-и сутки ($p > 0,05$). Число лейкоцитов составляло $12,65 \pm 0,69$ и $11,19 \pm 0,38 \times 10^9$, значения ЛИИ — $1,32 \pm 0,11$ и $1,35 \pm 0,12$, МСМ₂₅₄ — $0,313 \pm 0,006$ и $0,297 \pm 0,003$ усл. ед. и ТЗН — $17,85 \pm 2,49$ и $14,94 \pm 2,74\%$. В группе сравнения значения изучаемых маркеров достоверно превышали таковые группы сравнения, кроме числа лейкоцитов на 5–7-е сутки. Соответственно, число лейкоцитов составляло

intoxication as LIИ and МСМ₂₅₄ had a trend to increase: 3.37 ± 0.37 vs. 3.57 ± 0.49 , and 0.342 ± 0.004 c.u. vs. 0.333 ± 0.007 c.u. respectively. In both groups degenerative changes of neutrophils as determined by TGN numbers increased to 19.03 ± 2.36 and $28.63 \pm 2.84\%$. At the same time the inflammatory marker — a number of leukocytes possessed a trend to decrease — $14.61 \pm 0.76 \times 10^9$ and $17.53 \pm 1.77 \times 10^9$ respectively.

Significant differences between groups, however, were also not found ($P > 0.05$).

After 3-th days from the start of the intensive therapy the dynamics of the studied markers were multidirectional. In the main group treatment resulted in reduced number of leukocytes to $10.69 \pm 0.74 \times 10^9$, values LIИ — to 1.61 ± 0.22 , level МСМ₂₅₄ — to 0.327 ± 0.006 c.u., TGN — to $18.75 \pm 3.75\%$. In the group of comparison significant differences with the values of the main group were revealed (decrease in number of leukocytes to 14.26 of 1.07×10^9 ($p = 0.01$) and values of LEAH to 3.19 ± 0.53 ($p = 0.002$). Parameters МСМ₂₅₄ (0.353 ± 0.009 c.u., $p = 0.026$ vs. background) TGN ($43.25 \pm 3.17\%$, $p < 0.001$ vs. background) remained high.

During the acute burn toxemia (days 5–7 and 10–12) in patients of the main group dynamics of the parameters of systemic inflammatory reaction and endogenous intoxication remained stable and not significantly different from the data obtained on day 3 ($P > 0.05$). The numbers were: leukocytes 12.64 ± 0.69 and $11.19 \pm 0.38 \times 10^9$, values LIИ — 1.32 ± 0.11 and 1.35 ± 0.12 , МСМ₂₅₄ — 0.313 ± 0.006 and 0.297 ± 0.003 c.u. and TGN — 17.85 ± 2.49 and $14.91 \pm 2.74\%$. In the group of comparison the values of the studied markers significantly exceeded those in the comparison group, in addition to the number of leukocytes at 5–7 days. Consequently, the numbers of leukocytes were 14.61 ± 1.08 ($p = 0.117$) and 15.09 ± 1.18 ($p < 0.001$), the values of LIИ — 2.49 ± 0.25 ($p < 0.001$) and 2.86 ± 0.36 ($p < 0.001$), levels of МСМ₂₅₄ — 0.405 ± 0.022 c.u. ($p < 0.001$) and 0.322 ± 0.009 c.u. ($p = 0.006$), TGNs — $49.22 \pm 3.74\%$ ($p < 0.001$) and $37.5 \pm 4.22\%$ ($p < 0.001$).

Clinically, the duration of the discharge of the wound exudate in patients of the main group was 6.96 ± 0.43 days, and in patients comparative group — 14.43 ± 0.74 . Square operational plastics in the main group were $1.68 \pm 0.62\%$ of the total body surface, and the compare group — $8.92 \pm 2.03\%$ of the total body surface. The total duration of the stay in a hospital of patients of the basic group was 19.84 ± 1.44 bed-days, and in the group of comparison — 36.94 ± 2.25 .

To our opinion, the estimation of biomarkers of hemostasis and microcirculation allows personalized delivery of low-intensity laser radiation.

Initiated by burn trauma, the systemic inflammatory response from the first hours is accompanied by an endogenous intoxication. The data obtained in the study demonstrated the rise of endogenous intoxication in two study groups that emphasized the possible role of efferent systems of the body.

Decrease of the values of markers of systemic inflammatory reaction and endogenous intoxication in the main

14,61±1,07 ($p=0,117$) и 15,09±1,18×10⁹ ($p<0,001$), величина ЛИИ — 2,49±0,25 ($p<0,001$) и 2,86±0,36 ($p<0,001$), уровень МСМ₂₅₄ — 0,405±0,022 усл. ед. ($p<0,001$) и 0,321±0,009 усл. ед. ($p=0,006$), ТЗН — 52,83±3,35% ($p<0,001$) и 37,51±4,22% ($p<0,001$).

В клиническом аспекте длительность отхождения раневого экссудата у пациентов основной группы в среднем была 6,96±0,43 дней, а у больных сравнительной группы — 14,43±0,74. Площади оперативной пластики в основной группе составили 1,68±0,62% ОППТ, а сравниваемой группы — 8,92±2,03% ОППТ. Общая продолжительность нахождения в стационаре пациентов основной группы составила 19,84±1,44 койко-дней, а в группе сравнения — 36,94±2,25.

По нашему мнению, нивелирование гемостазиологических и, соответственно, микроциркуляторных нарушений позволяет в более полном объеме доставлять поглощенную энергию низкоинтенсивного лазерного излучения клеточным составом крови непосредственно в кровотоке к региону термического поражения и органам естественной детоксикации.

Иницированная ожоговой травмой системная воспалительная реакция уже с первых часов сопровождалась эндогенной интоксикацией. Полученные данные через сутки детектировали подъем уровня эндогенной интоксикации в обеих группах исследования, что указывало на растущую напряженность функционирования эфферентных систем организма.

Снижение в основной группе на 3-и, 5–7-е и 10–12-е сутки значений маркеров системной воспалительной реакции и эндогенной интоксикации указывало на позитивные эффекты проводимой комбинированной ВЛТ. Системные эффекты ВЛТ реализовывались в активации функциональных свойств циркулирующих лейкоцитов, в усилении процессов связывания и выведения токсинов из организма, в торможении процессов развития системной воспалительной реакции. Местные эффекты проявились в стимуляции регенерации поврежденных тканей за счет улучшения микроциркуляции, в снижении длительности отхождения раневого экссудата, в купировании раневого воспалительного процесса, в ускорении процессов эпителизации. Это позволило достоверно уменьшить объемы оперативной пластики и сократить длительность госпитализации.

В сравниваемой группе данные исследуемых параметров подчеркивали усиление инфекционно-воспалительного процесса в ожоговой ране и системной воспалительной реакции в организме, указывали на сохранение высокого уровня эндогенной интоксикации, на нарушение процессов созревания нейтрофилов и снижение их функциональной способности. Это при-

group on days 3, 5–7 and 10–12 indicated the positive impact of combination intravenous laser therapy. Systemic effects of intravenous laser therapy implement in the activation of functional properties of circulating leukocytes to strengthen the processes of binding and removing toxins from the body. These properties of the therapy are supposed to lead to inhibition of systemic inflammatory response. Local effects might stimulate regeneration of damaged tissues by improving microcirculation reducing the duration of discharge of wound exudate, relieving wound from excessive inflammation, and accelerating the process of epithelialization. This allowed significantly reduce both the amount areas of plastic surgery and duration of hospitalization.

Comparison group data emphasized strengthening infectious and inflammatory processes in the burn wound in the body and pointed to the continued high level of endogenous intoxication, increasing the numbers of immature neutrophils, and failure of their functional capabilities. All this lead to a prolonged course of wound inflammation, low reparative activity and prolonged hospitalization.

Conclusion

Programmable combination of anticoagulant therapy and intravenous laser therapy in complex treatment of children with thermal injuries contributes to sustainable reduction of endogenous intoxication and devolution processes of systemic inflammatory responses.

The proposed method of the VLT allows to accelerate the regeneration of burn wounds and assists surgical treatment to reduce the altered area and reduce the time of hospitalization of children with thermal injuries.

водило к длительному течению раневого воспалительного процесса, к низкой репаративной активности, к более длительным срокам госпитализации.

Заклучение

Сочетание программируемой антикоагулянтной терапии и внутривенной лазерной терапии в комплексном лечении детей с термическими травмами способствует устойчивому снижению уровня эндогенной интоксикации, регрессированию процессов системной воспалительной реакции.

Предложенный метод проведения внутривенной лазерной терапии позволяет ускорить регенерацию ожоговой раны, снизить площади оперативного лечения и сократить сроки госпитализации пострадавших детей с термическими поражениями.

Литература

1. Голубев А.М., Сундуков Д.В., Баширова А.Р., Голубев М.А. Морфологические изменения головного мозга при комбинированных отравлениях азалептином в сочетании с этиловым алкоголем. *Общая реаниматология*. 2012; 8 (6): 31–36.
2. Гольдзон М.А., Долгих В.Т., Гириш А.О. Нарушение системной гемодинамики, сократимости и метаболизма миокарда при тяжелой

References

1. Golubev A.M., Sundukov D.V., Bashirova A.R., Golubev M.A. Morfologicheskie izmeneniya golovnogo mozga pri kombinirovannykh otravleniyakh azaleptinom v sochetanii s etilovym alkogolem. *Obshchaya Reanimatologiya*. [Brain morphological changes in acute combined intoxication with asaleptin and ethyl alcohol. *General Reanimatology*]. 2012; 8 (6): 31–36. [In Russ.]

Critical conditions in obstetrics and neonatology

- термической травме в эксперименте и их коррекция. *Общая реаниматология*. 2012; 8 (3): 14–17.
3. Яковлев В.Н., Левиков Д.И., Марченко Ю.В., Шумаков Д.В., Гончаров П.Н., Кузнецов А.М., Попцов В.Н., Рыбакова М.К., Молочников И.О., Незнамова Н.Г., Савченко М.В., Шайбакова В.Л. Тяжелая сочетанная травма, осложненная повреждением клапанного аппарата сердца. *Общая реаниматология*. 2012; 8 (1): 26–30.
 4. Хубутия М.Ш., Шабанов А.К., Скулачев М.В., Булава Г.В., Савченко И.М., Гребенчиков О.А., Сергеев А.А., Зоров Д.Б., Зиновкин Р.А. Митохондриальная и ядерная ДНК у пострадавших с тяжелой сочетанной травмой. *Общая реаниматология*. 2013; 9 (6): 24–29.
 5. Мухаметзянов А.М., Гизатуллин Т.Р., Хатмуллина К.Р. Клинико-статистическая характеристика детей с ожоговой травмой. Мат-лы 3-го съезда комбустиологов России. М.; 2010: 24–25.
 6. Боcharov Р.В. Фармакологическая оптимизация эфферентных методов детоксикации у детей при тяжелой термической травме: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Томск, 2008: 25.
 7. Лопаткин Н.А., Лопухин Ю.М. Эфферентные методы в медицине. М.: Медицина; 1989: 352.
 8. Лужников Е.А. (ред.). Медицинская токсикология. Национальное руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2012: 149–151.
 9. Москвин С.В., Азизов Г.А. Внутривенное лазерное облучение крови. М.: Матрикс; 2004: 32.
 10. Москвин С.В., Буйлин В.А. Основы лазерной терапии. М.-Тверь: Триада; 2006: 256.
 11. Москвин С.В., Наседкин А.Н., Осин А.Я., Хан М.А. Лазерная терапия в педиатрии. М.: Эксмо; 2010: 480.
 12. Герасимова Л.И. Острая ожоговая токсемия. Патофизиология крови. В кн.: Воробьев А.И., Горбунов Н.А. (ред.). Экстремальные состояния (сборник). М.: Бивитек; 2004: 92–102.
 13. Дербенев В.А., Гребенник С.Ф., Якубов Э.Ш., Макоев С.Н. Влияние внутривенного лазерного облучения крови на динамику раневого процесса у обожженных. *Лазерная медицина*. 2008; 12 (4): 13–17.
 14. Волотовская А.В., Слобозанина Е.И., Улащик В.С. Мембраноклеточные эффекты лазерного облучения крови. *Лазерная медицина*. 2005; 9 (1): 4–9.
 15. Жегалов В.А., Дмитриев Д.Г., Воробьев А.В., Вилков С.А. Тактика оказания квалифицированной медицинской помощи тяжелообожженным, предотвращение ошибок и осложнений. *Вестн. травматологии и ортопедии им. Н.Н.Приорова*. 2003; 3: 91–97.
 2. Goldzon M.A., Dolgikh V.T., Girsh A.O. Narushenie sistemnoi gemodinamiki, sokratimosti i metabolizma miokarda pri tyazheloi termicheskoi travme v eksperimente i ikh korrektsiya. *Obshchaya Reanimatologiya*. [Systemic hemodynamic, myocardial contractile and metabolic disorders in severe thermal injury in the experiment and their correction. *General Reanimatology*]. 2012; 8 (3): 14–17. [In Russ.]
 3. Yakovlev V.N., Levikov D.I., Marchenkov Yu.V., Shumakov D.V., Goncharov P.N., Kuznetsov A.M., Poptsov V.N., Rybakova M.K., Molochnikov I.O., Neznamova N.G., Savchenko M.V., Shaibakova V.L. Tyazhelaya sochetannaya travma, oslozhnennaya povrezhdeniem klappannogo apparata serdtsa. *Obshchaya Reanimatologiya*. [Severe concomitant injury complicated by heart valvular apparatus damage. *General Reanimatology*]. 2012; 8 (1): 26–30.
 4. Khubutiya M.Sh., Shabanov A.K., Skulachev M.V., Bulava G.V., Savchenko I.M., Grebenchikov O.A., Sergeyev A.A., Zorov D.B., Zinovkin R.A. Mitokhondrialnaya i yadernaya DNK u postradavshikh s tyazhelei sochetannoi travmoi. *Obshchaya Reanimatologiya*. [Mitochondrial and nuclear DNA in patients with severe polytrauma. *General Reanimatology*]. 2013; 9 (6): 30–35.
 5. Mukhametzyanov A.M., Gizatullin T.R., Khatmullina K.R. Kliniko-statisticheskaya kharakteristika detei s ozhogovoi travmoi. Materialy 3-go syezda kombustsiologov Rossii. [Clinical and statistical characteristics of children with burn injury. Proceedings of the 3rd Congress of Combustologists of Russia]. Moscow; 2010: 24–25. [In Russ.]
 6. Bocharov R.V. Farmakologicheskaya optimizatsiya efferentnykh metodov detoksikatsii u detei pri tyazheloi termicheskoi travme: avtoref. dis. ... kand. med. nauk. [Pharmacological optimization of efferent detoxification methods in children with severe thermal injury: Abstract of Cand. Med. Sci. Thesis]. Tomsk, 2008: 25. [In Russ.]
 7. Lopatkin N.A., Lopukhin Yu.M. Efferentnye metody v meditsine. [Efferent methods in medicine]. Moscow: Meditsina Publishers; 1989: 352. [In Russ.]
 8. Luzhnikov E.A. (red.). Meditsinskaya toksikologiya. Natsionalnoe rukovodstvo. [Medical toxicology. National guide]. Moscow: GEOTAR-Media; 2012: 149–151. [In Russ.]
 9. Moskvina S.V., Azizov G.A. Vnutrivennoe lazernoe obluchenie krovi. [Intravenous laser blood radiation]. Moscow: Matriks; 2004: 32. [In Russ.]
 10. Moskvina S.V., Buiyin V.A. Osnovy lazernoi terapii. [Fundamentals of laser therapy]. Moscow- Tver: Triada; 2006: 256. [In Russ.]
 11. Moskvina S.V., Nasedkin A.N., Osin A.Ya., Khan M.A. Lazernaya terapiya v pediatrii. [Laser therapy in pediatrics]. Moscow: Eksmo; 2010: 480. [In Russ.]
 12. Gerasimova L.I. Ostraya ozhogovaya toksemiya. Patofiziologiya krovi. V kn.: Vorobyev A.I., Gorbunov N.A. (red.). Ekstremalnye sostoyaniya (sbornik). [Acute burn toxemia. Blood pathophysiology. In: Vorobyev A.I. Gorbunov N.A. (eds.). Extreme states (collected articles)]. Moscow: Bivitek; 2004: 92–102. [In Russ.]
 13. Dербenev V.A., Grebennik S.F., Yakubov E.Sh., Makoev S.N. Vliyaniye vnutrivennogo lazernogo oblucheniya krovi na dinamiku ranevogo protsesssa u obozhzhennykh. [Impact of intravenous laser blood radiation on the time course of wound process changes in the burned]. *Lazernaya Meditsina*. 2008; 12 (4): 13–17. [In Russ.]
 14. Volotovskaya A.V., Slobozhanina E.I., Ulashchik V.S. Membranokletochnye efekty lazernogo oblucheniya krovi. [Cell membrane effects of laser blood radiation]. *Lazernaya Meditsina*. 2005; 9 (1): 4–9. [In Russ.]
 15. Zhegalov V.A., Dmitriev D.G., Vorobyev A.V., Vilkov S.A. Taktika okazaniya kvalifitsirovannoi meditsinskoi pomoshchi tyazheleobozhzhennym, predotvrashcheniye oshibok i oslozhnenii. [Tactics for rendering qualified medical care to the severely burned, prevention of errors and complications]. *Vestnik Travmatologii i Ortopedii Imeni N.N.Priorova*. 2003; 3: 91–97. [In Russ.]

Поступила 04.02.14

Submitted 04.02.14