

(специфика входа), то, преломляясь через особенности реагирования живой системы (специфика биосубстрата), она находит свое выражение в специфике результата, т. е. отклика живой системы. Учитывая многократное дублирование путей достижения конечного результата в живой системе и многообразие регуляторных влияний, можно говорить о различной цене одного типного биологического эффекта. Цена результата определяется количеством затраченной энергии, количеством и качеством вовлеченных структур, степенью расходования энергетического и пластического резерва, напряженностью систем адаптации, вовлеченностью механизмов репарации и состоянием системы после достижения конечного результата. В связи с изложенным ответ живой системы на воздействие ЭМИ в каждом случае представляется специфичным. Сходство результата – относительно, различие механизмов его достижения – абсолютно.

Головнева Е.С.¹, Омеляненко О.Г.¹, Кравченко Т.Г.²

ВЛИЯНИЕ ИНФРАКРАСНОГО ЛАЗЕРНОГО ОБЛУЧЕНИЯ ЗОН ЛОКАЛИЗАЦИИ КРАСНОГО КОСТНОГО МОЗГА НА ОСМОТИЧЕСКУЮ РЕЗИСТЕНТНОСТЬ ЭРИТРОЦИТОВ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ

¹ ГБОУ ВПО «Южно-Уральский ГМУ», г. Челябинск, Россия;

² ГБУЗ ЦОСМП «Челябинский государственный институт лазерной хирургии», г. Челябинск, Россия

*Golovneva E.S., Omeljanenko O.G., Kravchenko T.G.
(Chelyabinsk, RUSSIA)*

EFFECTS OF INFRARED LASER IRRADIATION OF RED BONE MARROW LOCATIONS AT ERYTHROCYTE OSMOTIC RESISTANCE IN THE PERIPHERAL BLOOD

Обоснование. В ранее опубликованных работах мы показали, что воздействие лазерного излучения на костный мозг вызывает снижение содержания эритроцитов периферической крови при однократном облучении с плотностью дозы 90 Дж/см² и при пятикратном облучении с плотностью дозы 450 Дж/см². Возможно, наблюдаемые эффекты связаны с влиянием лазера на состояние мембраны эритроцитов.

Цель работы – изучение осмотической резистентности эритроцитов после лазерного воздействия на костный мозг.

Материалы и методы. В работе использованы 54 беспородные белые крысы. Созданы 3 экспериментальные группы: 1-я – динамический контроль, 2-я – однократное лазерное воздействие («ИРЭ Полюс», 970 нм) на костный мозг с суммарной плотностью дозы 90 Дж/см², 3-я – пятикратное воздействие – 450 Дж/см². Выведение из опыта и забор крови проводили на сроках 1, 3, 7 сут. Осмотическую резистентность эритроцитов изучали спектрофотометрическим методом по М.А. Горшковой с соавт., в модификации.

Результаты исследования показали, что после однократного лазерного воздействия на костный мозг происходит достоверное снижение осморезистентности эритроцитов в 0,45 и 0,9% растворе NaCl на всех сроках наблюдения. После пятикратного воздействия осмотическая резистентность снижалась в первые сутки только в 0,45% растворе NaCl, на 3-и сут – в 0,45 и 0,9% растворе NaCl, а на 7-е сут – только в 0,9% растворе. Резистентность эритроцитов в дистиллированной воде после лазерного воздействия на костный мозг не менялась. При сопоставлении этих данных и содержания эритроцитов в крови можно сделать вывод, что хотя однократное лазерное воздействие на костный мозг с плотностью дозы 90 Дж/см² в первые сутки наблюдения снижает осмотическую резистентность эритроцитов, но их количество в крови еще не успевает уменьшиться, с 3-х сут на фоне низкой осмотической устойчивости отмечается снижение содержания эритроцитов. Так как даже при физиологической концентрации NaCl эритроциты разрушаются сильнее, такое снижение осмотической устойчивости свидетельствует о значительных нарушениях нормальных характеристик их мембраны, что может приводить к повышению внутрисосудистого и внутриклеточного гемолиза в селезенке и печени.

Желтов Г.И.¹, Романов О.Г.², Бурко В.Д.³, Соболев Э.Н.⁴

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ (КАВИТАЦИОННАЯ) ЛАЗЕРНАЯ АБЛЯЦИЯ БИОТКАНЕЙ: КВАЗИНЕПРЕРЫВНЫЙ РЕЖИМ ОБЛУЧЕНИЯ

¹ Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси,

г. Минск, Беларусь;

² Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь;

³ Республиканский клинический медицинский центр (РКМЦ), г. Минск, Беларусь;

⁴ Институт лазерных и информационных технологий РАН, г. Москва (Троицк), Россия

Zheltoy G.I., Romanov O.G., Burko V.D., Sobol E.N. (Minsk, BELARUS)

LOW TEMPERATURE (CAVITATION) LASER ABLATION OF BIOLOGICAL TISSUES: QUASICONTINUOUS IRRADIATION MODE

Обоснование. Создание лазерных хирургических инструментов, обеспечивающих прецизионное удаление (абляцию) тканей на априори заданную глубину посредством управления параметрами излучения – предельно актуальная практическая задача. Применительно к потребностям микрохирургии дополнительной представляется необходимость обеспечения высокой избирательности деструктивного действия излучения на ткани для сохранения интактными структур, непосредственно прилежащих к операционной зоне.

Материалы и методы. В качестве альтернативы известным лазерным технологиям, использующим импульсное излучение малой (10^{-12} – 10^{-6} с) длительности в УФ-спектральном диапазоне, рассматривается принципиальная возможность кавитационной, низкотемпературной абляции содержащих воду биотканей при воздействии квазинепрерывного ИК-излучения.

Идея метода состоит в следующем. Воздействие импульса излучения, имеющего достаточно короткий передний фронт, обеспечивает изохорический нагрев ткани вблизи облучаемой поверхности. Возникающая в этом случае биполярная акустическая волна стимулирует формирование кавитационных микропузырьков, которые, интегрируясь, вызывают локальное оптическое просветление облучаемой среды. Таким образом, создаются условия для изохорического нагрева слоя ткани, расположенного глубже зоны оптического просветления. Далее процесс повторяется.

Результаты. Разработана физико-математическая модель термомеханического воздействия импульсного лазерного излучения на биологические ткани, основанная на численном решении трехмерных уравнений движения сплошных сред в форме Лагранжа. Анализ пространственно-временной динамики полей температуры и давления позволяет провести оценку зависимостей эффективности и скорости формирования канала просветления от характеристик излучения и физических свойств среды. Показано принципиальное согласие результатов моделирования с опытом использования в клинической практике лазерной хирургической установки на основе Но-лазера.

Заключение. Предложенная концепция «холодной» лазерной абляции биотканей при квазинепрерывном лазерном облучении, вероятно, требует совершенствования и развития. Авторы будут благодарны за доброжелательную критику и обсуждение.

Мишина Н.А., Власова Т.И., Полозова Э.И.,

Лещанкина Н.Ю., Спирина М.А.

ФУНКЦИОНАЛЬНО-МЕТАБОЛИЧЕСКОЕ КАРДИОПРОТЕКТОРНОЕ ДЕЙСТВИЕ ЛАЗЕРТЕРАПИИ ПРИ СИНДРОМЕ ЭНДОГЕННОЙ ИНТОКСИКАЦИИ

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», г. Саранск, Россия

Mishina N.A., Vlasova T.I., Polozova E.I., Leschankina N.Yu., Spirina M.A. (Saransk, RUSSIA)

FUNCTIONAL METABOLIC CARDIOPROTECTIVE EFFECTS OF LASER THERAPY IN PATIENTS WITH ENDOGENOUS INTOXICATION SYNDROME

Обоснование и цель. В настоящее время доказана ведущая роль эндогенной интоксикации в патогенезе гомеостатических

расстройств при остром перитоните, что во многом определяет тяжесть заболевания и его прогноз. Важным представляется исследование спектра патологических изменений в жизненно важных органах и системах, вызванных эндотоксемией. Нарушения деятельности сердечно-сосудистой системы являются значимыми, поскольку гемодинамические сдвиги потенцируют развитие и прогрессирование полиорганной недостаточности.

Цель работы – экспериментальное исследование влияния лазеротерапии (ЛТ) на функционально-метаболический статус миокарда при синдроме эндогенной интоксикации перитонеального генеза.

Материалы и методы. В основу работы положены экспериментальные исследования на взрослых беспородных половозрелых собаках ($n = 24$). Животным моделировали острый перитонит, на 1, 3 и 5-е сутки заболевания под наркозом проводили релaparотомию, биопсию ткани миокарда и осуществляли забор крови. В крови изучали некоторые маркеры эндогенной интоксикации. Исследовали морфологическое и функциональное состояние миокарда, качественный и количественный состав липидов, интенсивность ПОЛ, активность фосфолипазы А2 (ФЛА2) в ткани миокарда. В первой (контрольной) группе ($n = 12$) проводили инфузионную (внутривенные введения 5% раствора глюкозы и 0,89% раствора хлорида натрия из расчета 50 мл/кг массы животного) и антибактериальную (внутримышечные инъекции 2 раза в сутки раствора гентамицина из расчета 0,8 мг/кг массы тела) терапию. Во второй (опытной) группе ($n = 12$) исследовали влияние внутрисосудистого низкоинтенсивного лазерного излучения на выраженность нарушений гомеостаза и функционально-метаболический статус миокарда. Для проведения ЛТ использовали аппарат «Матрикс», применяли головку КЛ-ВЛОК, световоды КИВЛ-01 (мощность на выходе световода 2 мВт, время воздействия 15 мин). Полученные цифровые данные обрабатывали методом вариационной статистики с использованием критерия t Стьюдента, корреляционную зависимость оценивали по коэффициенту r .

Результаты. ЛТ показала свою эффективность в уменьшении выраженности эндотоксинемии. Сопоставление результатов контрольной и опытной групп выявило достоверное снижение активности ФЛА2 и процессов перекисного окисления липидов, меньшие изменения состава основных мембранообразующих липидов и их фракций с детергентным действием, уменьшение биоэлектрических изменений в миокарде.

Плавский В.Ю., Барулин Н.В., Водчиц А.И., Ходасевич И.А., Грабчиков А.С., Батай Л.Е., Плавская Л.Г., Третьякова А.И., Микулич А.В., Капская Т.С., Орлович В.А.

РЕАКЦИЯ КЛЕТОК ЖИВОТНЫХ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ НЕПРЕРЫВНОГО, КВАЗИНЕПРЕРЫВНОГО И ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

Plavsky V.Yu., Barulin N.V., Vodchits A.I., Khodasevich I.A., Grabchikov A.S., Batai L.E., Plavskaya L.G., Tretyakova A.I., Mikulic A.V., Capskaya T.S., Orlovich V.A. (Minsk, BELARUS)
RESPONSES OF ANIMAL CELLS AT CONTINUOUS, QUASI-CONTINUOUS AND PULSED LASER RADIATION

Обоснование. Последние достижения в области физики и техники лазеров сделали доступными для широкого клинического использования лазерные источники, генерирующие излучение в непрерывном, модулированном, квазинепрерывном и импульсном режимах. Однако преимущества и недостатки указанных режимов регуляторного воздействия излучения отнюдь не очевидны.

Цель работы – провести сравнительные исследования биологической активности непрерывного, квазинепрерывного и импульсного лазерного излучения нано- и пикосекундного временных диапазонов низкой интенсивности при его одинаковой средней плотности мощности (3 мВт/см²).

Материалы и методы. В качестве объектов воздействия использовались: зоопланктон (жабронный рачок) *Artemia salina* L и сперма осетровых рыб. Воздействие осуществляли излучением второй гармоники (длина волны излучения 532 нм, средняя мощность излучения ~30 мВт) Nd: YAG-лазеров, работающих в непрерывном и квазинепрерывном (частота следования импульсов $F = 1$ кГц, длительность импульсов $\tau = 100$ нс) режимах, а также в импульсном режиме при генерации наносекундных ($\tau = 15$ нс, $F = 10$ Гц) и пикосекундных ($\tau = 60$ пс, $F = 20$ Гц) импульсов. Тестом на воздействие лазерного излучения на зоопланктон являлся процент выклева науплиусов из цист после активации яиц в соленой воде в условиях поддержания стабильного теплового режима. Показателями биологического действия излучения на сперму рыб служили данные о продолжительности подвижности сперматозоидов, а также об их криволинейной скорости после активации водой.

Результаты. Впервые показано, что несмотря на существенные различия в пиковых значениях интенсивности воздействующего фактора, как непрерывное и квазинепрерывное излучение, так и излучение нано- и пикосекундного диапазонов способно в определенном интервале дозовых нагрузок оказывать как стимулирующее, так и ингибирующее действие на все исследуемые параметры функциональной активности биологических систем. Характерно, что в случае нано- и пикосекундного режимов стимулирующее действие наблюдается в очень узком диапазоне доз: 30–60 мДж/см². При увеличении дозы наблюдается быстрое подавление функциональных характеристик биологических систем: при дозовой нагрузке 1,8 Дж/см² продолжительность подвижности сперматозоидов сокращается по сравнению с контролем более чем 2 раза. Эффект существенно зависит от спектрального диапазона излучения: при воздействии на зоопланктон излучения с длиной волны 808; 1176 и 1342 нм наблюдается стимуляция выклева науплиусов, а при воздействии излучения 632,8; 976 и 1064 нм – ингибирование. Колоколообразный характер дозовых зависимостей при контроле функциональных характеристик отличающихся по своей структурной организации биологических систем свидетельствует, с одной стороны, о «мягком» регуляторном характере действия лазерного излучения, а с другой стороны – об общебиологическом значении полученных результатов.

Плавская Л.Г.¹, Козленкова О.А.¹, Дудинова О.Н.¹, Микулич А.В.¹, Леусенко И.А.¹, Третьякова А.И.¹, Плавский В.Ю.¹, Gao Jing², Xiong Daxi², Wu Xiaodong²

ФОТОУСТОЙЧИВОСТЬ БИЛИРУБИНА И СЕНСИБИЛИЗИРОВАННОЕ ИМ ФОТОПОВРЕЖДЕНИЕ КЛЕТОК ЖИВОТНЫХ В КУЛЬТУРЕ

¹ Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь;

² Институт биомедицинской инженерии и технологий Китайской академии наук, г. Сучжоу, Китайская Народная Республика

Plavskaya L.G., Kozlenkova O.A., Dudinova O.N., Mikulic A.V., Leusenko I.A., Tretyakova A.I., Plavsky V.Yu., Gao Jing, Xiong Daxi, Wu Xiaodong (Minsk, BELARUS; Sychzhou, CHINA)
PHOTOSTABILITY OF BILIRUBIN AND SENSITIZED BILIRUBIN PHOTODAMAGE OF ANIMAL CELLS IN THE CULTURE

Обоснование. Фототерапия гипербилирубинемии новорожденных детей – яркий пример эффективности пользования оптических технологий в медицине. Вместе с тем в последние годы начали появляться данные, что применение фототерапии при лечении гипербилирубинемии у новорожденных с предельно низкой массой тела (500–700 г) может негативно сказываться на состоянии их здоровья.

Цель работы – изучение закономерностей и механизма сенсibilизированного билирубином повреждения клеток в культуре при воздействии излучения светодиодных источников синей и зеленой областей спектра, соответствующего полосе