

ника относительно БАТ – от 0 до 100 м/с. С увеличением скорости перемещения источника излучения росла величина доплеровского смещения как при облучении на длине волны 670 нм, так и на 850 нм. Таким образом, увеличение скорости перемещения источника лазерного излучения приведет к увеличению соотношения интенсивности доплеровской фракции лазерного излучения к значению исходной длины волны излучения за счет сокращения времени задержки источника излучения в периодах между его приближением к БАТ и его отдалением от БАТ. При движущемся характере источника лазерного излучения соотношение длины волны доплеровской фракции излучения к длине волны базового излучения будет квадратично расти с увеличением скорости перемещения источника излучения. При малой скорости перемещения источника излучения временная задержка между появлением доплеровской и несмещенной компонент лазерного излучения линейно возрастет.

Смелова И.В., Головнева Е.С., Еловских И.В.

ВЛИЯНИЕ ИНФРАКРАСНОГО ЛАЗЕРНОГО ОБЛУЧЕНИЯ СРЕДНЕЙ ИНТЕНСИВНОСТИ НА СОСТОЯНИЕ ТУЧНЫХ КЛЕТОК ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

¹ ФГБОУ ВО «Южно-Уральский ГМУ», г. Челябинск, Россия;

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

Smelova I.V., Golovneva E.S., Yelovskikh I.V. (Chelyabinsk, RUSSIA)

EFFECTS OF INFRARED LASER RADIATION ON AVERAGE INTENSITY AT THE STATE OF THYROID MAST CELLS

Обоснование. Недостаточно исследован вопрос об эффектах лазерного воздействия на щитовидную железу (ЩЖ) и отечной реакции тучных клеток ее стромы.

Цель работы – изучение влияния инфракрасного лазерного облучения средней интенсивности на функциональное состояние тучных клеток ЩЖ.

Материалы и методы. Эксперимент проведен на 21 беспородных половозрелых лабораторных крысах-самцах, разделенных на 4 группы. 1-я – интактные животные; 2, 3, 4-я – лазерное воздействие на ЩЖ интактных крыс, суммарная плотность дозы 112 Дж/см², с выведением животных из эксперимента: через 1 сутки – 2-я группа, через 1 неделю – 3-я группа и через 1 месяц – 4-я группа. Лазерное воздействие осуществлялось аппаратом ИРЭ «Полус» (Россия, длина волны 970 нм). Материал для морфологического исследования забирали в 10% раствор нейтрального формалина, затем готовили гистологические срезы, которые окрашивали толуидиновым синим при pH = 2,0. Морфометрический анализ срезов проводили с подсчетом общего количества тучных клеток, количества целых клеток и клеток в разной степени дегрануляции, коэффициента дегрануляции.

Результаты. Общее количество тучных клеток, как и целых тучных клеток, после облучения в сравнении с контрольной группой достоверно не изменялось. Количество тучных клеток I степени дегрануляции после облучения достоверно уменьшалось через сутки: 2,64 (2,31; 4,40) – 1,21 (0,44; 3,47) и увеличивалось через месяц: 2,64 (2,31; 4,40) – 5,06 (4,40; 6,05). Также изменялось количество тучных клеток II степени дегрануляции через месяц: 1,54 (0,88; 2,53) – 4,51 (2,86; 5,45). В препаратах, полученных через месяц после окончания лазерного среднеинтенсивного облучения ЩЖ, отмечали увеличение общего количества дегранулированных тучных клеток: 5,06 (4,07; 10,56) – 12,87 (10,45; 15,62). Коэффициент дегрануляции мастоцитов в контрольной группе составил 0,53 (0,35; 0,58). После лазерного воздействия он достоверно повышался через месяц – 0,71 (0,59; 0,80).

Заключение. Среднеинтенсивное лазерное воздействие изменяет активность тучных клеток ЩЖ, что может изменить состояние микроциркуляции в органе и функциональную активность тироцитов.

Соловьева А.Г.

ВЛИЯНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ЛАЗЕРА НА ЭНЗИМАТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ЭРИТРОЦИТОВ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ТРАВМЕ

ФГБУ «ННИИТО» Минздрава России, г. Нижний Новгород, Россия

Solovyova A.G. (Nizhny Novgorod, RUSSIA)

EFFECTS OF DIODE LASER RADIATION AT THE ENZYMATIC ACTIVITY OF RED BLOOD CELLS IN EXPERIMENTAL THERMAL INJURY

Обоснование. Изучение метаболизма и токсемического синдрома при ожогах диктует необходимость использования методов коррекции. К эфферентным методам детоксикации относится квантовая гемотерапия (ультрафиолетовое/лазерное облучение крови).

Цель работы – изучение влияния полупроводникового лазера (ППЛ) на регуляторные свойства альдегиддегидрогеназы (АлДГ) и лактатдегидрогеназы (ЛДГ) в прямой (ЛДГпр) и обратной (ЛДГобр) реакциях в эритроцитах крыс в первые часы после ожога.

Материалы и методы. Эксперименты проведены на белых крысах линии Wistar. Животным в условиях тиопенталовой общей анестезии наносили ожог пламенем (10% п. т., 45 сек). Кровь забирали через 1 час после ожога, стабилизировали раствором цитрата натрия (3,8%), в опытах *in vitro* облучали 1 мин в камере для экстракорпорального облучения. Активность и кинетические свойства АлДГ и ЛДГ определяли в гемолизате эритроцитов (1:40). В качестве источника ЭМИ использовали ППЛ Микрон С-01 «Сполах» ($\lambda = 890$ нм, мощность – 0,5 мВт). Полученные результаты обрабатывали с использованием t-критерия Стьюдента.

Результаты. Показано, что излучение ППЛ способствовало увеличению активности АлДГ (более чем на 100%), ЛДГпр (на 70%) и ЛДГобр (более чем на 100%) по сравнению с активностью ферментов до облучения. После облучения выявлена отрицательная корреляция между ЛДГобр и АлДГ ($r = -0,999$; $p < 0,000$). Облучение ППЛ вызвало статистически значимое увеличение каталитической эффективности АлДГ, ЛДГпр, ЛДГобр в 6; 2,5 и 3,7 раза. Выявлено достоверное увеличение сродства ЛДГобр к субстрату в 3 раза после облучения ППЛ по сравнению с показателем крыс с ожогом до облучения. При изучении влияния субстратов лактатдегидрогеназной реакции на активность и кинетические показатели АлДГ в эритроцитах крови крыс с ожогом до и после облучения показано статистически значимое увеличение активности АлДГ более чем на 100% на фоне ППЛ после термической травмы при добавлении и лактата, и пирувата. Внесение пирувата на фоне ППЛ улучшает кинетические показатели АлДГ эритроцитов.

Заключение. Установлено активирующее воздействие излучения ППЛ на регуляторные свойства АлДГ и ЛДГ. Предположительный механизм действия ППЛ заключается в том, что, поглощаясь тканями, излучение ППЛ практически целиком превращается в тепловую энергию молекул, что приводит к их переводу в новое конформационное состояние с другой реакционной способностью, вызывая изменение активности ферментов.

Соловьева А.Г.

ОЦЕНКА РЕГУЛЯТОРНЫХ СВОЙСТВ ОКСИДОРЕДУКТАЗ ПЕЧЕНИ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ТРАВМЕ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ИЗЛУЧЕНИЯ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО КРАСНОГО СВЕТА

ФГБУ «ННИИТО» Минздрава России, г. Нижний Новгород, Россия

Solovyova A.G. (Nizhny Novgorod, RUSSIA)

EVALUATION OF REGULATORY PROPERTIES OF LIVER OXIDOREDUCTASES IN EXPERIMENTAL THERMAL INJURY UNDER LOW-LEVEL RED LIGHT IRRADIATION

Обоснование. Одной из актуальных проблем современной комбустиологии является поиск эффективных способов кор-

рекции нарушений метаболизма, возникающих при ожоговой болезни.

Цель работы – изучение влияния низкоинтенсивного красного света (люмир) *in vitro* на активность и кинетические свойства оксидоредуктаз в одном из основных органов детоксикации – печени – в ранний период после термической травмы.

Материалы и методы. Эксперименты проведены на белых крысах линии Wistar. Животным в условиях тиопенталовой общей анестезии наносили ожог пламенем (10% п. т., 45 с) и выводили из эксперимента через 1 час после травмы. В 10% гомогенате печени, приготовленном на основе среды выделения (0,25М раствор сахарозы, 0,01М трис-HCl-буфер, pH = 7,5), определяли активность и кинетические свойства альдегиддегидрогеназы (АлДГ), алкогольдегидрогеназы (АДГ) и лактатдегидрогеназы (ЛДГ). Гомогенат облучали *in vitro* 1 мин в камере для экстракорпорального облучения. В качестве ЭМИ использовали источник на основе двухслойных полимерных оптоволокон (диаметр 0,8 мм), красный свет с λ_{max} 630 нм, интенсивность излучения – 1,5 мВт/см². Полученные результаты обрабатывали статистически с использованием t-критерия Стьюдента.

Результаты. Показано статистически значимое повышение активности АлДГ, ЛДГ после облучения красным светом на 80 и 23% по сравнению с активностью ферментов до облучения. Под влиянием красного света снизилась активность АДГ в обратной реакции в гомогенате печени на 21%. Проведенный корреляционный анализ выявил высокую степень положительной корреляции между ЛДГ в прямой реакции и АлДГ ($r = 0,941$; $p < 0,017$), ЛДГ в обратной реакции и АлДГ ($r = 0,970$; $p < 0,006$) в группе животных, гомогенат печени которых облучали красным светом. Установлено, что излучение красного света вызвало повышение каталитической эффективности АлДГ и ЛДГ в прямой реакции в печени в 1,6 и 1,2 раза. Отмечено увеличение сродства исследуемых ферментов к субстратам реакции под влиянием красного света, что обусловлено, вероятно, высоким коэффициентом поглощения (от 75 до 90%) видимого красного излучения тканью печени.

Заключение. Таким образом, выявлен терапевтический эффект красного света в отношении АлДГ, АДГ и ЛДГ, проявляющийся в повышении их активности и кинетических свойств, что свидетельствует о повышении детоксикационной функции печени и понижении выраженности гипоксии.

Соловьева А.Г., Захарова Д.В.

ОЦЕНКА СИСТЕМЫ ЛИПОПЕРОКСИДАЦИИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКИХ ЧАСТОТ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ИШЕМИИ

ФГБУ «ННИИТО» Минздрава России, г. Нижний Новгород, Россия

Solovyova A.G., Zakharova D.V. (Nizhny Novgorod, RUSSIA) ASSESSMENT OF THE LIPOPEROXIDATION SYSTEM UNDER ELECTROMAGNETIC RADIATION OF THE EXTREMELY HIGH FREQUENCIES IN EXPERIMENTAL ISCHEMIA

Обоснование. Широкое применение в медицинской реабилитации низкоинтенсивных электромагнитных излучений (ЭМИ) крайне высокочастотного (КВЧ) диапазона (30–300 ГГц) и отсутствие окончательного представления о физико-химическом механизме действия ЭМИ КВЧ диктует продолжение экспериментальных исследований, связанных с их воздействием на организм.

Цель работы – исследовать влияние ЭМИ КВЧ на про- и антиоксидантный баланс крови крыс с оперативной моделью ишемии дорзального кожного лоскута *in vivo*.

Материалы и методы. Эксперимент проведен на 15 крысах линии Wistar. Сформировано 3 группы: 1-я – интактные здоровые крысы, 2-я – контроль – оперированные животные, 3-я – опыт – оперированные животные с ежедневным накожным облучением ЭМИ КВЧ 53,57–78,33 ГГц (10 мин в дозе

1,2 мДж). У крыс 2-й и 3-й групп на спинке под наркозом выкраивался кожный лоскут на питающей ножке, что приводило к острой ишемии. В качестве источника ЭМИ КВЧ использовали «АМФИТ-0,2/10-01» (мощность 1 мВт). На 7-е сутки в плазме и эритроцитах определяли концентрацию малонового диальдегида (МДА), перекисное окисление липидов (ПОЛ) методом биохемилюминесценции. В эритроцитах исследовали активность каталазы и супероксиддисмутазы (СОД). Результаты обрабатывали с помощью t-критерия Стьюдента.

Результаты. В эритроцитах контрольной группы отмечена активация ПОЛ: концентрация МДА выросла на 20% ($p = 0,050$) по сравнению с интактными животными. Во 2-й группе выявлено компенсаторное увеличение на 17% ($p = 0,02$) активности каталазы, но снижение на 16% ($p = 0,003$) СОД. После КВЧ-терапии зарегистрировано достоверное снижение ПОЛ в плазме на 14% ($p = 0,003$), в эритроцитах – на 27% по сравнению с контролем, что указывает на повышение устойчивости клеточных мембран. Падение концентрации МДА в плазме на 34% под влиянием ЭМИ КВЧ также подтверждает снижение интенсивности ПОЛ. В опытной группе после облучения возросли общие антиоксидантные резервы крови, а также повысилась активность СОД (на 30%, $p = 0,018$) и каталазы (на 12%, $p = 0,025$) по сравнению с контролем. ЭМИ КВЧ ингибирует ПОЛ в крови за счет активации общей и ферментативной антиоксидантной активности, что, вероятно, происходит вследствие механизмов регуляции первичных реакций каталитического типа, протекающих в липидных слоях мембран клеток.

Заключение. Таким образом, ЭМИ КВЧ с шумовым диапазоном 53,57–78,33 ГГц оказывает регуляторное влияние на про- и антиоксидантные системы, что может быть использовано в коррекции ишемических расстройств и восстановлении нарушенного гомеостаза организма.

Чудновский В.М., Юсупов В.И., Жуков С.А., Ечмаев С.Б., Киселев А.Ю.

ЛАЗЕРОИНДУЦИРОВАННОЕ КИПЕНИЕ КРОВИ В МЕХАНИЗМЕ ЭНДОВЕНОЗНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ОБЛИТЕРАЦИИ

ФГБУН «Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН», г. Владивосток, Россия

Chudnovsky V.M., Yusupov V.I., Zhukov S.A., Yechmaev S.B., Kiselev A.Yu. (Vladivostok, RUSSIA)

LASER-INDUCED BLOOD BOILING IN THE MECHANISM OF ENDOVENOUS LASER OBLITERATION

Обоснование. Работа посвящена актуальной проблеме современной флебологии – установлению физического механизма эндовенозной лазерной коагуляции (ЭВЛК).

Цель работы – экспериментальное обоснование механизма ЭВЛК, основанного на лазероиндуцированной теплопередаче крови на венозные стенки, связанной с ее кипением, как доминирующего процесса в сложном механизме теплообмена, происходящего при эндовазальных лазерных манипуляциях.

Материалы и методы – стеклянные капилляры, наполненные физиологическим раствором (0,9% NaCl); варикозно измененные стволы большой подкожной вены, удаленные при комбинированной флебэктомии и наполненные гепаринизированной кровью; видеозапись УЗ-ассистированных операций ЭВЛК. В экспериментах использовали лазерное излучение длиной волны 0,97; 1,47 и 1,9 мкм; микроскоп Micros MC300, снабженный цифровой камерой DCM-130, а также ИК-термограф FLIR A600.

Результаты. Впервые обнаружено, что под действием непрерывного лазерного излучения, которое интенсивно поглощается водой (1,47; 1,9 мкм), и разогретого лазерным излучением 0,97 мкм кончика оптоволокну, предварительно покрытого слоем углерода, кровь вскипает в режиме сверхинтенсивного пузырькового кипения (СПК). В данном режиме достигается максимально возможная при пузырьковом кипении теплоотдача на венозные стенки и кровь. Определен зависящий от мощности лазерного излучения порог вскипания крови: ~2 Вт для излучения 1,47 мкм