

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

и ~4 Вт – для черного торца и излучения 0,97 мкм, что позволяет использовать для проведения ЭВЛК лазеры умеренной мощности независимо от типа и формы оптоволокна. Показано, что лазероиндуцированное кипение крови обеспечивает быструю необратимую денатурацию белков венозных стенок и появление конгломерата разрушенных форменных элементов крови и денатурированных белков – эмболов, которые впоследствии приводят к устойчивой венозной тромбоэмболизации.

Заключение. В работе по моделированию ЭВЛК впервые экспериментально обнаружено возникновение режима сверхинтенсивного пузырькового кипения (СПК) крови, инициированного поглощением лазерного излучения и лазерным нагревом торца световода. В венозном сосуде СПК обеспечивает быструю и эффективную передачу тепла венозным стенкам, а также интенсивное перемешивание и равномерный разогрев крови, чем обеспечивается высокая эффективность ЭВЛК.

Шейко Е.А., Шихлярова А.И., Козель Ю.Ю., Златник Е.Ю., Загора Г.И.

К МЕХАНИЗМУ ВЛИЯНИЯ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ОПТИЧЕСКОГО СВЕТОДИОДНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ (СДИ) НА КЛЕТОЧНЫЕ СИСТЕМЫ СОСУДИСТОЙ ОПУХОЛИ ДЕТЕЙ

ФГБУ «Ростовский научно-исследовательский онкологический институт», г. Ростов-на-Дону, Россия

Sheiko E.A., Shikhlyarova A.I., Kozel Yu.Yu., Zlatnik E.Yu.,

Zakora G.I. (Rostov-on-Don, RUSSIA)

TO THE MECHANISM OF THE EFFECTS OF LOW-LEVEL OPTICAL LED LIGHT ON CELLULAR SYSTEMS IN VASCULAR TUMORS IN CHILDREN

Цель работы – оценка влияния лимфоцитов крови после их облучения монохроматическим красным светом на клетки

культуры гемангиомы, взятой во время операции у детей раннего возраста.

Материалы и методы. Интерфазу опухолевых клеток гемангиомы (КГ) трижды отмывали средой 199, взвесь клеток разводили полной питательной средой до $4 \cdot 10^6$ и распределяли по пенициллиновым флаконам, после чего, не раньше чем через два часа, добавляли к культуре облученные лимфоциты (основная группа), а в контроль – необлученные. Лимфоциты выделяли в градиенте плотности фиколл-верографина ($\rho = 1,078$) из проб периферической венозной крови детей, больных гемангиомами. Воздействие на взвесь лимфоцитов осуществляли с помощью аппарата «Спектр ЛЦ», генерирующего СДИ, в непрерывном режиме ($\lambda = 0,67$ мкм). Доза облучения составила $W = 0,05$ Дж/см². Проводили совместную инкубацию лимфоцитов (клеток-эффекторов) и КГ (клеток-мишеней) в среде RPMI-1640 в течение 24 ч при температуре 37 °C во влажной атмосфере, содержащей 5% CO₂, затем клеточную взвесь окрашивали трипановым синим, подсчитывали процент погибших (окрасившихся) клеток-мишеней и вычисляли индекс цитотоксичности (ИЦ). Достоверность определяли по t-критерию Стьюдента.

Результаты. В основной группе отмечено увеличение процента гибели клеток-мишеней в три раза и возрастание ИЦ; значения обоих показателей статистически достоверно выше, чем в контроле. Это говорит об усилении функциональной активности ЕКК, содержащихся во взвеси лимфоцитов. Значения индекса апоптоза КГ резко возросли (в 4,3 раза) при действии облученных лимфоцитов на культуру КГ по сравнению с действием необлученных лимфоцитов.

Заключение. Полученные нами результаты говорят о том, что проведенное воздействие СДИ на лимфоциты крови, взятые от детей с гемангиомами, способствует повышению их цитотоксичности ЕКК, что проявляется в статистически достоверном усилении их повреждающего эффекта на культуру опухолевых клеток гемангиомы *in vitro*, одним из механизмов реализации которого служит апоптоз.

Лазерные технологии в диагностике различных заболеваний

Laser Technologies for Diagnosis of Different Diseases

Азизов Г.А.², Дуванский В.А.^{1,2}, Мусаев М.М.¹

ИЗМЕНЕНИЯ РЕГИОНАРНОЙ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ ВЕНОЗНЫХ ЯЗВ

¹ ФГБУ «ГНЦ ЛМ ФМБА России», г. Москва, Россия;

² ФГАОУ ВО «Российский университет Дружбы народов», г. Москва, Россия

Azizov G.A., Duvansky V.A., Musaev M.M. (Moscow, RUSSIA)

CHANGES IN REGIONAL MICROCIRCULATION IN VENOUS ULCERS

Цель исследования. Изучить регионарную микроциркуляцию у больных хронической венозной недостаточностью (ХВН) методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ).

Материалы и методы. Обследованы пациенты (151 человек), страдающие хронической венозной недостаточностью. Женщин было 107 (70,9%), мужчин – 44 (29,1%). Возраст обследуемых больных колебался от 20 до 77 лет. Средний возраст больных составил $58,5 \pm 1,6$ года. Применяли лазерный анализатор капиллярного кровотока «ЛАКК-02» (Россия).

Результаты. Анализ результатов ЛДФ-исследования показал, что у больных ХВН, начиная с С2, отмечается повышение в 1,5–3 раза уровня ЛДФ-сигнала по сравнению со здоровыми людьми, выявляются различные нарушения в ритмах колебаний тканевого кровотока. Среднее значение показателя микроциркуляции (ПМ) наиболее увеличено у больных с С4–С6-

стадиями. Уровень флуксуций был уменьшен в 3–4 раза, причем у отдельных больных со стадией С4 наблюдали резкое сглаживание регистрируемой кривой. Заметно измененным оказался и индекс флуксуций (ИФМ), отражающий изменение соотношений низкочастотных и высокочастотных ритмов, что свидетельствует о глубоких нарушениях ритмической структуры колебаний тканевого кровотока. На ЛДФ-граммах отчетливо выявляется уменьшение по своей амплитуде низкочастотных (вазомоторных) колебаний, при этом амплитуда высокочастотных и пульсовых колебаний, напротив, увеличивается. Снижение уровня ЛДФ-сигнала, а также величина флукса у больных ХВН находится в прямой зависимости от стадии.

Заключение. В начальных стадиях ХВН (С1–С3) выявляемые изменения характеризуются прежде всего возникновением и развитием венозного застоя. Застойные явления в тканях приводят к повышению уровня ЛДФ-сигнала с одномоментным уменьшением уровня флуксуций. Прогрессирование ХВН приводит к дальнейшему нарастанию застойных явлений в тканях. Наблюдается прогрессивное «спектральное сужение» ЛДФ-граммы с существенным резким увеличением среднего ПМ и дальнейшим снижением СКО, что свидетельствует о глубоких расстройствах микроциркуляции. Отмечается выраженное подавление вазомоторного ритма и повышение высокочастотных колебаний. Снижение ИФМ свидетельствует о подавлении «активных» вазомоторных механизмов регуляции тканевого кровотока.