

ПЕРЕКИСНОЕ ОКИСЛЕНИЕ ЛИПИДОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ТКАНИ КРЫС ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫМ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ И НИЗКОИНТЕНСИВНЫМ КРАСНЫМ СВЕТОМ

Баврина А.П.¹

¹*ГБОУ ВПО Нижегородская государственная медицинская академия, Нижний Новгород, Россия, e-mail: annavavr@rambler.ru*

В экспериментах на беспородных белых крысах изучено влияние высокоинтенсивного лазерного излучения красного и инфракрасного диапазонов и широкополосного низкоинтенсивного красного света на процессы перекисного окисления липидов. Установлено, что воздействие на мягкие ткани крыс высокоинтенсивным лазерным излучением вызывало интенсификацию образования промежуточных продуктов липопероксидации и накопления конечных продуктов. Излучение лазера красного спектра оказывало наибольшее влияние на накопление конечных продуктов ПОЛ (оснований Шиффа) в тканях крыс по сравнению с излучением лазера инфракрасного спектра. Показано, что последующее воздействие на зону облучения низкоинтенсивным широкополосным красным светом приводило к нормализации процессов перекисного окисления липидов в тканях крыс. Наиболее эффективно широкополосный красный свет влиял на содержание продуктов перекисного окисления липидов в эксперименте с лазерным излучением инфракрасного спектра.

Ключевые слова: перекисное окисление липидов, красный свет, лазерное излучение

LIPID PEROXIDATION IN TISSUES OF RATS UNDER EXPOSURE TO HIGH-INTENSITY LASER RADIATION AND LOW-INTENSITY RED LIGHT

Bavrina A.P.¹

¹*Nizhny Novgorod State Medical Academy, Nizhny Novgorod, Russia, e-mail: annavavr@rambler.ru*

In experiments on outbred white rats the effects of high-intensity red and infrared laser radiation and low-intensity red light on lipid peroxidation have been studied. The impact on soft tissue of rats to high-level laser radiation caused intensification of formation of the intermediate lipid peroxidation products and accumulation of the final products. The laser radiation red spectrum has the greatest impact on the accumulation of final products of lipid peroxidation (Schiff bases) in the tissues of rats in comparison with the laser radiation of the infrared spectrum. The subsequent influence on the radiation area of low intensity broadband red light caused normalization of lipid peroxidation in rat tissues. The most effective influence the broadband red light had on the content of lipid peroxidation products in experiments with infrared laser radiation.

Keywords: lipid peroxidation, red light, laser radiation

В настоящее время все более широкое применение в медицине находит воздействие на ткани и органы низкоинтенсивными электромагнитными излучениями. При этом исследования по воздействию широкополосного низкоинтенсивного света красного диапазона показывают, что данный тип излучения обладает способностью влиять на функциональное состояние тканей и органов, а также на организм в целом [4, 6], приводя к регенерации тканей после их альтерации различными факторами [5, 10]. В то же время положительное физиологическое действие лазерного света происходит лишь в узком интервале доз облучения, и в дальнейшем происходит снижение его эффективности, вплоть до угнетения функций клеток и тканей [7]. Известно, что свет высоких интенсивностей может вызвать в организме серьезные альтерации не только на тканевом, но и на клеточном и молекулярном уровнях, требующие последующей компенсации. В связи с широким применением в различных областях медицины высокоинтенсивных лазеров поиск

возможных компенсаторных механизмов вызванных ими повреждений представляется актуальным.

Цель исследования

Изучение влияния высокоинтенсивного лазерного излучения красного и инфракрасного диапазонов и широкополосного низкоинтенсивного красного света на процессы перекисного окисления липидов в тканях крыс.

Материалы и методы

Исследования проводились на беспородных белых крысах массой 180–250 г, которые были разделены на следующие группы. Первую группу (контрольную) составили 10 крыс, получивших локальное облучение внутренней поверхности бедра лазерным светом с длиной волны 671 нм и мощностью 50 мВт. Интенсивность излучения лазера в месте светового пятна составила 0,55 Вт/см², время экспозиции каждого поля составило 5 мин (зона облучения была разделена на 9 полей площадью 1 мм²).

Вторая группа (опытная) включала в себя 10 крыс, получивших локальное облучение внутренней поверхности бедра по схеме животных контрольной группы и после этого — три последовательных сеанса воздействия низкоинтенсивным широкополосным красным светом (1 раз в сутки в течение 20 мин). Интенсивность широкополосного света в зоне светового пятна составила 5 мВт/см². В эксперименте использовался свет сверх яркого светодиода с максимумом спектрального диапазона 630 нм и шириной на полувысоте 20 нм.

Третью группу лабораторных животных (интактную) составили 10 крыс, не подвергавшихся облучению.

Эксперимент по влиянию инфракрасного лазера на свободнорадикальное окисление и функциональное состояние тканей крыс проводился по той же схеме: было выделено 3 группы животных в том же количестве, интенсивность лазера в месте светового пятна также составила 0,55 Вт/см², интенсивность красного широкополосного света в зоне светового пятна составила 5 мВт/см². Отличие было только в длине волны лазера, которая составляла 980 нм.

Забор мышечной ткани бедра и сыворотки крови производился на третьи сутки во всех группах животных.

Интенсивность перекисного окисления липидов (ПОЛ) в тканях крыс оценивали по количеству ДК (диеновых конъюгатов), ТК (триеновых конъюгатов) и ОШ (оснований Шиффа). Навеску мышечной ткани, отмытую от крови, гомогенизировали с кварцевым песком с добавлением 0,5 мл физраствора. Продукты ПОЛ измеряли по методу И.А. Волчегорского [3] и выражали в относительных единицах.

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием пакета программ Microsoft Excel. Достоверность показателей в группах оценивалась по критерию Стьюдента. Соответствие опытных данных нормальному распределению проверяли по критерию Колмогорова—Смирнова. Статистически значимыми считались различия при $p \leq 0,05$. Результаты представлялись в виде $M \pm \sigma$, где M – среднее значение, а σ – среднее квадратичное отклонение.

Результаты и их обсуждение

Результаты проведенных исследований при использовании в качестве стресс-фактора мощного лазерного излучения красного и инфракрасного спектров показали типичную картину стресс-реакции, выражавшуюся в интенсификации образования промежуточных продуктов липопероксидации и накопления конечных продуктов (табл. 1).

Таблица 1

Содержание продуктов ПОЛ в мышечной ткани бедра крыс

Группа	Интактная группа	Контрольная группа		Опытная группа	
Вид лазера	Красный и ИК	Красный	ИК	Красный	ИК
ДК	$0,155 \pm 1 \cdot 10^{-4}$	$0,233 \pm 0,0027^{***}$	$0,224 \pm 4,7 \cdot 10^{-4}^{***}$	$0,198 \pm 6,2 \cdot 10^{-4}$	$0,166 \pm 4,5 \cdot 10^{-4}$
ТК	$0,1622 \pm 1,1 \cdot 10^{-4}$	$0,221 \pm 0,015^{***}$	$0,202 \pm 7,7 \cdot 10^{-4}^{***}$	$0,1445 \pm 0,0011$	$0,155 \pm 3,6 \cdot 10^{-4}$
ОШ	$12,12 \pm 3,66$	$25,1 \pm 1,95^*$	$15,8 \pm 0,74^{***}$	$16,5 \pm 1,52$	$12,3 \pm 3,57$

Примечание: * — статистически значимые различия ($p \leq 0,05$) между интактной и контрольной группами;

** — статистически значимые различия ($p \leq 0,05$) между интактной и опытной группами;

*** — статистически значимые различия ($p \leq 0,05$) между контрольной и опытной группами.

В опытах как с красным лазером, так и с инфракрасным лазером было установлено, что в мышечной ткани крыс под действием когерентного излучения происходит повышение содержания ДК и ТК в среднем в 1,4 раза относительно интактной группы животных. Излучение лазера красного спектра оказывало наибольшее влияние на накопление в мышечной ткани конечных продуктов ПОЛ – оснований Шиффа. Разница в содержании данных продуктов в гомогенате ткани составила 2,1 раза. Излучение лазера инфракрасного спектра влияло на образование конечных продуктов ПОЛ в меньшей степени – содержание ОШ в мышечной ткани контрольной группы превышало таковое в интактной группе в 1,3 раза.

Использование широкополосного красного света после облучения животных когерентным излучением высокой мощности приводило к определенному лечебному эффекту по

содержанию продуктов липопероксидации в мышечной ткани крыс. Как видно из таблицы 1, низкоинтенсивный красный свет снижал уровень ПОЛ в мышечной ткани крыс до нормальных значений (статистически значимые различия между интактной и опытной группами отсутствуют) по сравнению с контрольной группой, в которой он оставался повышенным. Наиболее эффективно широкополосный красный свет влиял на содержание продуктов ПОЛ в эксперименте с лазерным излучением инфракрасного спектра.

Лазерное излучение высокой мощности также оказывало влияние на содержание продуктов липопероксидации в сыворотке крови (табл. 2).

Таблица 2

Содержание продуктов ПОЛ в сыворотке крови крыс

Группа	Интактная группа	Контрольная группа		Опытная группа	
		Красный	ИК	Красный	ИК
ДК	0,208±0,0012	0,263± 8,4•10 ⁻⁴ *.***	0,24± 1,3•10 ⁻⁴ *	0,235± 3,3•10 ⁻⁴ **	0,226± 6•10 ⁻⁴
ТК	0,1396±0,0016	0,177± 4,7•10 ⁻⁴ *.***	0,17± 1,7•10 ⁻⁴ *.***	0,152± 4,7•10 ⁻⁵	0,138± 7•10 ⁻⁵
ОШ	6,84±0,787	17,76± 0,138*.***	14,5± 2,59*.***	7,804± 1,087	8,024± 0,263

Примечание: * — статистически значимые различия ($p \leq 0,05$) между интактной и контрольной группами;

** — статистически значимые различия ($p \leq 0,05$) между интактной и опытной группами;

*** — статистически значимые различия ($p \leq 0,05$) между контрольной и опытной группами.

Изучение продуктов ПОЛ в сыворотке крови лабораторных животных показало наличие опосредованного влияния лазерного излучения высокой мощности на состояние процессов окисления липидов. Как и в случае с исследованием данных продуктов в мышечной ткани, в сыворотке крови происходило статистически значимое повышение содержания продуктов липопероксидации. Следует отметить, что, как и в гомогенате мышечной ткани, в сыворотке крови повышение содержания промежуточных продуктов было примерно одинаковым вне зависимости от спектра лазерного излучения и происходило в среднем в 1,25 раз для ДК и ТК относительно интактной группы животных (см. табл. 2). Однако наблюдались различия в накоплении конечных продуктов в зависимости от диапазона лазерного излучения. Наиболее значимое влияние на содержание ОШ в сыворотке крови оказывало воздействие мощным лазерным излучением красного спектра (превышение

содержания ОШ в контрольной группе в 2,6 раз относительно интактной). При воздействии лазером инфракрасного спектра разница составила 2,1 раза.

Кроме этого, последующее облучение широкополосным красным светом зоны альтерации оказывало стресслимитирующее действие и повышало сопротивляемость организма к использованным в эксперименте стресс-факторам. В таблице 2 показано отсутствие статистических различий между интактной и опытной группой по всем продуктам ПОЛ, кроме ДК в эксперименте с красным лазером. Наиболее значимое снижение продуктов липопероксидации в сыворотке крови характерно для промежуточных продуктов окисления в опыте с инфракрасным лазером и конечных продуктов окисления в опыте с красным лазером.

Снижение уровня молекулярных продуктов ПОЛ в тканях контрольных групп животных может быть связано с повышением активности антиоксидантных ферментов под действием низкоинтенсивного красного света [2], высвобождением окиси азота, которая ингибирует дыхание вследствие образования связи с цитохром с-оксидазой [9], стимуляцией процессов синтеза АТФ [8]. В предыдущих работах [1] нами было выявлено положительное влияние низкоинтенсивного красного света на активность супероксиддисмутазы, каталазы и глутатион-s-трансферазы при различных альтерациях тканей и органов, в том числе при воздействии лазерным излучением высокой мощности на мягкие ткани крыс.

Выводы

1. Низкоинтенсивный красный свет обладает корректирующим действием, направленным на нормализацию активности антиоксидантной системы и в дальнейшем — на снижение уровня окислительной деструкции белков и липидов.

2. Использование продуктов ПОЛ в качестве показателя адаптационных реакций организма при действии низкоинтенсивным красным светом на фоне стресс-реакции подтвердило эффективность их применения при моделировании альтерации животных высокоинтенсивным лазерным излучением.

Список литературы

1. Баврина А.П. Широкополосный красный свет как фактор, регулирующий свободнорадикальное окисление после облучения мышечной ткани крыс мощным лазером / А.П. Баврина, В.А. Монич, С.Л. Малиновская, В.В. Борзиков, О.О. Баринов, К.О. Миронова // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. — 2014. — № 2(1). — С. 112–115.

2. Владимиров Ю.А., Осипов А.Н., Клебанов Г.И. Фотобиологические принципы применения лазерного излучения // Биохимия. — 2004. № 1. — С. 81–103.
3. Волчегорский И.А. Сопоставление различных подходов к определению продуктов перекисного окисления липидов в гептан-изопропанольных экстрактах крови / И.А. Волчегорский, А.Г. Налимов, Б.Г. Яровинский, Р.И. Лифшиц // Вопросы медицинской химии. — 1989. — № 1. — С. 127–31.
4. Кару Т.Й. Клеточные механизмы низкоинтенсивной лазерной терапии // Успехи современной биологии. — 2001. — Т. 121, — № 1. — С. 110–120.
5. Мачнева Т.В. Влияние низкоинтенсивного лазерного излучения синего, зеленого и красного диапазонов на свободнорадикальные процессы в крови крыс при экспериментальном эндотоксическом шоке / Т.В. Мачнева, Н.В. Космачева, Ю.А. Владимиров, А.Н. Осипов // Биомедицинская химия. — 2013. — № 59. — С. 411–424.
6. Миронова В.В., Физюкова Г.Г., Соломатина Н.Н. Использование светотерапии при деструктивных формах периодонтита // Фундаментальные исследования. — 2014. — № 4. — С. 318–324.
7. Петрищев Н.Н., Янтарева Л.И., Фокин С.И. Зависимость фотоэффекта инфракрасного лазерного излучения от плотности потока мощности и функционального состояния биообъекта (инфузорий *Spirostomuni ambiguum*) // Лазерная медицина. — 2005. — № 3. — С. 43–48.
8. Karu T. Primary and secondary mechanisms of action of visible to near-IR radiation on cells // Journal of Photochemistry and Photobiology. B. — 1999. — № 49. — P. 1–17.
9. Mason M.G. Nitric oxide inhibition of respiration involves both competitive (heme) and noncompetitive (copper) binding to cytochrome c oxidase / M.G. Mason, P. Nicholls, M.T. Wilson, C.E. Cooper // Proc. Natl. Acad. Sci. USA — 2006. — № 103. — P. 708–713.
10. Monich V. Low-power light and isolated rat hearts after ischemia of myocardium / V. Monich, O. Drugova, V. Lazukin, A. Bavrina // Journal of Photochemistry and Photobiology. B. — 2011. — № 105. — P. 21–24.

Рецензенты:

Корягин А.С., д.б.н., проф. кафедры биохимии и физиологии Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, г. Нижний Новгород;
Плескова С.Н., д.б.н., в.н.с. лаборатории биохимии и молекулярной биологии Томского государственного университета, г. Томск.