

билирубина, а также сравнительные исследования фотостойчивости пигмента, локализованного в клетках и в комплексе с альбумином.

Материалы и методы. Фотостойчивость билирубина исследовали в питательной среде MEM (с 10% сыворотки крупного рогатого скота), в которой билирубин в основном связан с альбумином, а также в клетках почки африканской зеленой марьшишки BGM в логарифмической стадии роста. Критерием сенсibilизированного билирубином повреждения клеток служил МТТ-тест, отражающий их метаболическую активность.

Результаты. Показано, что билирубин может оказывать сенсibilизирующее действие на клетки (проявляющееся в снижении их выживаемости) при возбуждении оптическим излучением длиной волны $\lambda = 465$ нм и $\lambda = 520$ нм. Определяющую роль в фотоинактивации клеток играет синглетный кислород. Характерная особенность дозовых кривых фотоинактивации – практически идентичный фотобиологический эффект излучения $\lambda = 465$ нм, соответствующего максимуму спектра поглощения билирубина в комплексе с альбумином, и излучения $\lambda = 520$ нм, соответствующего длинноволновому склону указанного спектра. Это свидетельствует о резком изменении спектральных характеристик билирубина при его связывании с клеточными органеллами. Впервые показано, что включение билирубина в клетки, где он преимущественно локализован в митохондриях, сопровождается многократным усилением его фотохимической устойчивости по сравнению с молекулами пигмента, связанными с альбумином. Среди возможных причин повышенной фотостабильности билирубина в клетках: а) образование наряду с мономерами его димерных форм; б) наличие близко расположенных антиоксидантов; в) замедленная диффузия кислорода, задействованного в реакциях самосенсibilизированного обесцвечивания пигмента; г) тушение триплетного состояния билирубина другими биомолекулами. Установлено, что билирубин, локализованный внутри животных клеток, может выполнять функцию селективного фильтра, экранирующего излучение, потенциально способное вызывать фотоизомеризацию билирубина, связанного с молекулами альбумина крови.

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

ОПТИМИЗАЦИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО ДИАПАЗОНА ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОТОТЕРАПИИ ГИПЕРБИЛУРИНЕМИИ НОВОРОЖДЕННЫХ ДЕТЕЙ

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

Plavsky V.Yu., Mikulic A.V., Leusenko I.A., Tretyakova A.I., Plavskaya L.G., Serdyuchenko N.S., Gao Jing, Xiong Daxi, Wu Xiaodong (Minsk, BELARUS; Sychzhou, CHINA)

OPTIMIZATION OF SPECTRAL RANGE IRRADIATION FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF HYPERBILIRUBINEMIA PHOTOTHERAPY IN NEWBORNS

Обоснование. Проблема повышения эффективности лечения гипербилирубинемии новорожденных детей не утратила своей актуальности, несмотря на широкое применение оптических технологий, направленных на снижение уровня билирубина в крови младенцев.

Цель работы – рассмотрение с позиций фотобиофизики возможных путей повышения эффективности лечения конъюгационной гипербилирубинемии новорожденных за счет оптимизации спектрального диапазона воздействующего излучения и его интенсивности.

Материалы и методы. Процедуру фототерапии детей с синдромом гипербилирубинемии конъюгационного типа

осуществляли с помощью разработанного нами на базе светодиодных источников фототерапевтического аппарата LEDLife. Аппарат обеспечивал возможность воздействия на поверхность тела ребенка либо излучением светодиодных источников плотностью мощности 0,5–2,5 мВт/см² с длиной волны в максимуме спектра испускания $\lambda_{\text{max}} \approx 462$ нм (синяя область спектра), либо одновременно излучением двух типов светодиодных источников: с $\lambda_{\text{max}} \approx 462$ нм и $\lambda_{\text{max}} \approx 505$ нм (сине-зеленая область спектра).

Результаты. Показано, что эффективность фототерапии неонатальной желтухи при использовании узкополосных светодиодных источников зависит не только от положения максимума спектра испускания светодиодов в пределах полосы поглощения билирубина, но и от ширины спектра воздействующего излучения. Установлено, что расширение спектрального диапазона излучения за счет добавления к свету синего диапазона с $\lambda_{\text{max}} \approx 462$ нм зеленой компоненты с $\lambda_{\text{max}} \approx 505$ нм (в условиях одинаковой интегральной плотности мощности) приводит к повышению эффективности снижения уровня общего билирубина в крови новорожденных.

Заключение. Эффект обусловлен гетерогенностью спектральных характеристик билирубина в условиях различного микроокружения, а также зависимостью оптимальной длины волны излучения для фотоизомеризации пигмента от глубины залегания кровеносных сосудов, являющихся местом протекания вышеуказанных фотохимических реакций. Кроме того, расширение спектрального диапазона излучения за счет добавления зеленой компоненты приводит к увеличению выхода люмирубина в результате смещения положения равновесия между *цис-транс*-изомерами билирубина, а также за счет увеличения облучаемых объемов крови, в которых иницируются реакции фотоизомеризации, лежащие в основе терапевтического действия света. Скорость снижения уровня билирубина линейно растет при увеличении интенсивности света, соответствующего спектру поглощения пигмента, в диапазоне 0,5–2,5 мВт/см².

Семенов Б.В., Баранов В.Н.

К МЕХАНИЗМУ БИОТРОПНОГО ДЕЙСТВИЯ СКАНИРУЮЩЕГО РЕЖИМА НИЛИ НА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ТОЧКИ

ФГБОУ ВО «Тюменский государственный индустриальный университет», г. Тюмень, Россия

Semenov B.V., Baranov V.N. (Tyumen, RUSSIA)

TO THE MECHANISM OF BIOTROPIC ACTION OF THE SCANNING MODE OF LOW-LEVEL LASER THERAPY AT BIOLOGICALLY ACTIVE POINTS

Обоснование. Разработка новых методик лазерного действия на биологически активные точки (БАТ), а также медицинской техники, реализующей данные лечебные приемы, является актуальной задачей современной физиотерапии. Известно, что в БАТ усилена микроциркуляторная сеть, имеются обильные артериоло-венулярные анастомозы. Патологические процессы динамично меняют формы гемоглобина, обладающие несколько отличающимися друг от друга спектрами поглощения. Известно, что дезоксигемоглобин поглощает лучше излучение в красной части спектра, чем оксигемоглобин, а поглощение оксигемоглобина несколько выше в инфракрасной части спектра, чем в красной, сдвиг длины волны излучения в процессе лазерного воздействия, в том числе из-за эффекта Допплера, может влиять на акцепцию БАТ лазерного излучения.

Цель работы – проведение математических расчетов возможности воздействия на БАТ доплеровской фракции лазерного излучения длиной волны 670 и 850 нм как наиболее часто применяющегося в клинической практике.

Результаты. В результате математических расчетов показано, что диапазон изменения спектра лазерного воздействия при суммировании вышеуказанных доплеровских составляющих на длине волны 670 нм был от 0 до 0,0035 нм, а при 850 нм – от 0 до 0,0045 нм при изменении скорости источ-