

## Механизмы взаимодействия лазерного излучения с биотканями *Mechanisms of laser light interaction with biotissues*

Алексеев Ю.В.<sup>1</sup>, Давыдов Е.В.<sup>1-3</sup>, Луцай В.И.<sup>2</sup>, Дроздова Н.В.<sup>1</sup>

### К ВОПРОСУ О ЗНАЧЕНИИ СОПУТСТВУЮЩЕЙ ГИПЕРТЕРМИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СВЕТОКИСЛОРОДНОЙ И ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ

<sup>1</sup> ФГБУ «ГНЦ ЛМ им. О.К. Скобелкина ФМБА России», г. Москва, Россия;

<sup>2</sup> ФГБОУ ВПО «МГУПП», г. Москва, Россия;

<sup>3</sup> Ветеринарная клиника «Росвет», г. Москва, Россия

*Alekseev Yu. V., Davydov E. V., Lutsay V. I., Drozdova N. V.*  
(Moscow, RUSSIA)

### TO THE QUESTION ON THE IMPORTANCE OF HYPERTHERMIA ACCOMPANYING OXYGEN AND PHOTODYNAMIC THERAPY

Известно, что как светокислородный эффект (СКЭ), так и фотодинамический эффект (ФДЭ) происходят вследствие генерации синглетного кислорода. Однако при проведении терапевтических процедур с наиболее эффективными параметрами имеется некоторый нагрев тканей, который, несомненно, влияет на протекание биохимических процессов на клеточном и тканевом уровнях. Во всяком случае при проведении светокислородной терапии (СКТ) раковых опухолей в эксперименте установлено то, что положительный эффект наблюдается и без гипертермии. Однако эффективность с гипертермией значительно выше. При проведении фотодинамической терапии (ФДТ) рекомендованные параметры облучения составляют: экспозиционные дозы от 150 до 600 Дж/см<sup>2</sup>, при плотности мощности 0,15–0,3 Вт/см<sup>2</sup>. При этом используется и плотность мощности при ФДТ рака кожи 0,4–0,8 Вт/см<sup>2</sup> с хорошими результатами. При СКТ ряда опухолей хорошие результаты получены при экспозиционных дозах 800–850 Дж/см<sup>2</sup> и плотности мощности от 0,43 до 0,96 Вт/см<sup>2</sup> при нагреве тканей от 40 до 43 °С. Следует отметить, что при одинаковых параметрах облучения при ФДТ ( $\lambda \approx 662$  нм) за счет большей энергии кванта и меньшей глубины проникновения излучения в ткани, чем при СКТ ( $\lambda \approx 1264$ –1270 нм) нагрев тканей не менее выражен. Необходимо также учитывать, что при СКЭ в этом диапазоне длин волн энергия частично поглощается водой.

**Цель.** Выяснить динамику нагрева тканей в широком диапазоне параметров облучения с  $\lambda \approx 662$  нм в эксперименте.

**Материалы и методы.** Свинья, возраст 5 мес., порода уржумская. Диодный лазер «АЛХТ ЭЛОМЕД» производства ООО «ЭЛОМЕД», г. Москва, Россия. Измеритель температуры MS 6501 производства Precision MASTECH Enterprises Co., Китай. Проводилось облучение кожи свиньи с мощностью от 0,1 до 1,5 Вт (интервал измерений – 0,1 Вт), плотностью мощности от 0,1 до 1,5 Вт/см<sup>2</sup>, экспозиционными дозами от 6 до 90 Дж/см<sup>2</sup> в течение 1 минуты. Исходная температура кожи – 33,4 °С. Облучение проводилось с проведением анестезии (вводная анестезия – с комбинацией препаратов «Золетил» и «Ксилазин», с последующим ведением на ингаляционной анестезии с препаратом «Изофлуран» в комбинации с «Золетилом»).

**Результаты.** Температура кожи менялась от 39,1 °С при наименьших параметрах облучения до 62,9 °С при наибольших. В интервале плотности мощности от 0,1 до 0,8 Вт/см<sup>2</sup> – 39,1–51,6 °С соответственно.

**Заключение.** Кожа свиней является некоторым аналогом кожи человека, из чего следует, что полученные данные сопоставимы. В эксперименте показано, что при применяемых в ФДТ плотностях мощности, температура кожи существенно возрастает, что, несомненно, оказывает дополнительное воздействие на раковые клетки и здоровые ткани. Специалисты, проводящие ФДТ, также отмечают, что повышение плотности мощности до 1 Вт/см<sup>2</sup> вызывает у пациентов болевые

ощущения, что требует ее снижения, приводящего к удлинению времени процедуры. Однако, как мы видим, и при меньших параметрах имеется некоторая гипертермия, без сомнения являющаяся одним из механизмов ФДТ, то же самое можно сказать и о СКТ, у которых наличествуют некоторая общность и различие. Следует отметить, что при проведении СКТ, как правило, не требуется анестезия, так как через непродолжительное время, даже при большой плотности мощности, наступает анестезирующий эффект. Механизмы этого явления до сих пор не выяснены и нуждаются в дальнейшем изучении.

Астахова Л.В.<sup>1</sup>, Галлямутдинов Р.В.<sup>1</sup>, Головнева Е.С.<sup>1,2</sup>, Серышева О.Ю.<sup>2</sup>

### ВЛИЯНИЕ ФОТОМОДУЛЯЦИИ НА ПЛОЩАДЬ ЯДЕР И КОЛИЧЕСТВО МИОСАТЕЛЛИТОВ В РЕГЕНЕРИРУЮЩЕЙ МЫШЦЕ У ЖИВОТНЫХ РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП

<sup>1</sup> ГБУЗ «Многопрофильный центр лазерной медицины», г. Челябинск, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Челябинск, Россия

*Astakhova L. V., Gallyamutdinov R. V., Golovneva E. S., Serysheva O. U.* (Chelyabinsk, RUSSIA)

### EFFECTS OF PHOTOMODULATION AT THE NUCLEI AREA OF MYOSATELLITES AND THEIR AMOUNT IN THE REGENERATING MUSCLE IN DIFFERENT AGE GROUPS OF ANIMALS

**Цель.** Способность мышечной ткани к регенерации после повреждения обусловлена несколькими взаимосвязанными процессами – пролиферацией миосателлитов, гипертрофией оставшихся жизнеспособных мышечных волокон, фиброзом и неоваскуляризацией. Активация миосателлитных клеток сопровождается изменением их морфометрических и количественных показателей. В рамках данной работы мы исследовали возрастные особенности показателей площади ядер миосателлитов и их количества после инфракрасного лазерного воздействия на регенерирующую мышцу.

**Материалы и методы.** Эксперимент проведен на 32 беспородных крысах, разделенных на 2 группы: юных (возраст 3 месяца) и старых (возраст 30 месяцев). Животные были наркотизированы препаратом Золетил. Сформированные хирургические повреждения икроножной мышцы на левой конечности были опытными, где осуществлялось лазерное воздействие (1060 нм, мощность 2,0 Вт, непрерывный сканирующий режим, 60 с, однократно), повреждения на правой конечности служили динамическим контролем. Выведение животных из эксперимента проводили на сроках 7 и 14 суток после операции и лазерного воздействия. Образцы тканей фиксировали в формалине, готовили гистологические срезы, окрашивали гематоксилин-эозином и пикрофуксином по Ван-Гизону, проводили морфометрический анализ цифрового изображения объектов, статистическую обработку данных непараметрическим методом Манна–Уитни, отличия между группами считали достоверными при  $p \leq 0,05$ .

**Результаты.** Данные морфометрии показали, что площадь ядер миосателлитов после лазерного воздействия на мышцу возросла. У старых крыс на 7-е сутки площадь ядер в опытной группе была  $41,27 \pm 1,54$  мкм<sup>2</sup> против  $32,81 \pm 1,57$  мкм<sup>2</sup> в контроле, на 14-е сутки в опытной группе  $49,66 \pm 1,53$  мкм<sup>2</sup> против  $37,37 \pm 0,81$  мкм<sup>2</sup> в контроле. У юных животных на 7-е сутки площадь ядер в опытной группе  $41,20 \pm 0,79$  мкм<sup>2</sup>, в контрольной  $32,68 \pm 1,07$  мкм<sup>2</sup>; на 14-е сутки в опытной группе  $47,61 \pm 0,84$  мкм<sup>2</sup> против  $35,15 \pm 1,1$  мкм<sup>2</sup> в контрольной. Количество миосателлитов у старых крыс на 7-е сутки в опытной