

10. Скобелкин О.К. и др. Применение лазера в хирургии // Хирургия. 1987. № 5. С. 75–78.
 11. Федоров И.В. и др. Повреждения желчных протоков при лапароскопической холецистэктомии. Казань, 1996. 72 с.
 12. Blomley M.J., Nicholson D.A. et al. Holmium-YAG laser for gall stone fragmentation: on endoscopic tool. 1995. Gut 36. P. 442–445.
 13. Soper N.G. et al. Laparoscopic cholecystectomy: the new «gold standard» // Arch Surg. 1992. Vol. 127. P. 917.
 14. Spaw A.T. et al. Laparoscopic laser cholecystectomy: Analysis of 500 procedures // Surg. Laparosc. Endosc. 1991. Vol. 1. P. 2.
 15. Sun P. et al. Laparoscopic cholecystectomy by ultrasonic dissection // Trans. Biomed. Eng. 1997. Vol. 44. № 6. P. 462–467.
- Поступила в редакцию 19.11.2014 г.
Для контактов: Гульмурадова Наргис Таипулатовна
E-mail: ngulmuradova@list.ru

УДК 616,62-006.6-089:615.849.19

Вельшер Л.З.¹, Стаханов М.Л.², Калинин М.Р.², Горчак Ю.Ю.¹, Ишевский Г.Б.²,
Костин Е.Ю.², Фирсов К.А.¹, Аниканова Е.В.¹, Груздев Н.Ю.³

Непосредственные и отдаленные результаты применения лазерного излучения длиной волны 970 нм в хирургическом лечении больных немышечно-инвазивным раком мочевого пузыря

Velsher L.Z., Stakhanov M.L., Kalinin M.R., Gorchak U.U., Ischevskiy G.B.,
Kostin E.U., Firsov K.A., Anikanova E.V., Gruzdev N.U.

Immediate and long-term outcomes of laser-assisted surgery with laser wavelength 970 nm in patients with non-muscular invasive bladder cancer

¹ Московский государственный медико-стоматологический университет
им. А.И. Евдокимова, кафедра онкологии и лучевой терапии,

² Онкологический центр при ЦКБ № 2 им. Н.А. Семашко ОАО «Российские железные дороги», г. Москва,

³ ООО «Азор», г. Москва

Целью исследований является оценка непосредственных и отдаленных результатов применения полупроводникового диодного лазерного излучения длиной волны 970 нм в хирургическом лечении больных НМИ РМП. Исследование выполнено на 60 больных раком мочевого пузыря стадии T1aN0M0, в хирургическом лечении которых было использовано излучение длиной волны 970 нм лазерного аппарата ЛСП «ИРЭ-Полус» модели ЛСП-0,97/10 (г. Фрязино, Россия). Результаты исследования демонстрируют, что применение светодиодного лазерного излучения не только обеспечивает радикальность хирургического вмешательства и существенно снижает вероятность рецидива рака мочевого пузыря, но и улучшает функциональные результаты лечения в целом. Ключевые слова: немышечно-инвазивный рак мочевого пузыря (НМИ РМП), трансуретральная резекция, диодное лазерное излучение, аппарат ЛСП «ИРЭ-Полус».

The aim of the present study was to compare immediate and long-term outcomes after surgical treatment of patients with non-muscular invasive bladder cancer with laser light emitted with a semiconductor diode laser. 60 patients with T1aN0M0 bladder cancer were included into the study. Laser LSP IRE – Polus, model LSP 0,97/10 (Frjazino, Russia), was used for this. The results obtained have shown that diode laser light both provides both an adequate radical intervention and decreases the risk of bladder cancer recurrence. Such technique also improves functional results of the treatment. Key words: non-muscular invasive bladder cancer, transurethral resection, diode laser light, laser LSP (IRE – Polus).

Введение

Рак мочевого пузыря составляет третью часть всех онкоурологических заболеваний. Немышечно-инвазивная форма рака мочевого пузыря (НМИ РМП) диагностируется у 75% больных с впервые установленным диагнозом. Характерной особенностью этой формы является выраженная склонность к рецидивированию (50–80%) и к переходу в инвазивные и метастатические формы (10–30%). Рецидивное течение немышечно-инвазивного рака мочевого пузыря обусловлено, в первую очередь, мультицентричным ростом опухолевых очагов, наличием скрытых фокусов *carcinoma in situ* (CIS), а также возможной имплантацией опухолевых клеток во время выполнения оперативного вмешательства, что в свою очередь, обуславливает нерадикальность операции (Русаков И.Г. и Быстров А.А., 2003; Лоран О.Б., 2007; Аполихин О.А. с соавт., 2008; Матвеев Б.П. с соавт.,

2011; Чиссов В.И. с соавт., 2012; Domingez G. et al., 2002; Oosterlink W. et al., 2008).

Основным методом как диагностики, так и лечения больных НМИ РМП является трансуретральная резекция (ТУР) мочевого пузыря, которая может применяться не только в качестве самостоятельного вида лечения, но и в комбинации с адъювантной внутривезикулярной иммунотерапией, способствующей снижению частоты рецидива рака (Русаков И.Г. и Быстров А.А., 2003; Чернышев И.В., 2004; Павленко К.А. с соавт., 2011; Воробцова И.Е. с соавт., 2013; Oosterlink W. et al., 2002; Moskovitz B. et al., 2005; Shen Z. et al., 2008). Однако применение внутривезикулярной лекарственной терапии с использованием цитостатических препаратов и вакцины BCG сопряжено с целым рядом осложнений, влияющих на функциональные результаты лечения в целом, и приводят к снижению качества жизни пациента. Это

побуждает активный поиск новых методов лечения больных поверхностным раком мочевого пузыря. Одним из направлений такого поиска стало применение лазерного излучения. На наш взгляд (Вельшер Л.З. с соавт., 2013), наиболее оптимальным при этом является лазерное излучение длиной волны 970 нм.

Цель исследования

Целью наших исследований стала оценка непосредственных и отдаленных результатов применения полупроводникового диодного лазера, излучающего свет длиной волны 970 нм в хирургическом лечении больных НМИ РМП.

Материалы и методы

Изучены результаты лечения 60 больных НМИ РМП, подвергнутых хирургическому лечению в онкоурологическом отделении ЦКБ № 2 им. Н.А. Семашко ОАО «РЖД» в период 2010–2013 гг. У всех больных имели место солитарные опухоли мочевого пузыря диаметром менее 3 см. Стадия заболевания определена как T1N0M0. Степень анаплазии G1 установлена у 35 больных; степень G2 – у 18; степень G3 – у 7.

Трансуретральная резекция мочевого пузыря с последующей лазерной коагуляцией тканей ложа удаленной опухоли импульсным лазерным излучением длиной волны 970 нм и мощностью 10–15 Вт выполнена 30 больным в возрасте от 37 до 78 лет. Из них мужчин было 26 и женщин – 4. Средний показатель возраста пациентов составил $61,3 \pm 9,6$ года. Наблюдение за пациентами после окончания лечения осуществляли 12–48 мес., что в среднем составило $26,4 \pm 10,2$ мес.

В группу сравнения включено 22 мужчины и 8 женщин в возрасте от 38 до 85 лет, что в среднем составило $58,8 \pm 10,6$ года. Всем больным контрольной группы была выполнена только трансуретральная резекция мочевого пузыря по стандартной методике. Наблюдение за больными этой группы проводили в течение 12–36 мес., что в среднем составило $24,2 \pm 8,07$ мес.

В качестве источника лазерного излучения использован отечественный полупроводниковый аппарат ЛСП «ИРЭ-Полус» модели ЛСП-0,97/10 (г. Фрязино, Россия) (рис. 1).

Излучение от аппарата ЛСП «ИРЭ-Полус» к слизистой оболочке мочевого пузыря передавали по кварцполимерному световоду толщиной 600 мкм (рис. 2 и 3).

Расстояние от торца световода до поверхности тканей, на которые оказывали лазерное воздействие, не превышало 1 мм, но при этом не было непосредственного контакта поверхностей световода и биологической ткани. Длительность импульсов излучения была в пределах от 10 до 100 мс, а длительность интервала между импульсами – 200 мс.

Также на втором этапе лечения всем пациентам обеих групп проведено 6 курсов адъювантной внутривезикулярной химиотерапии препаратом Митомицин-веро 40 мг на одно введение.

Динамическое обследование всем больным после лечения осуществляли на 3, 6, 9 и 12-й мес., а затем через каждые 6 мес. Статистическую обработку полученных



Рис. 1. Полупроводниковый аппарат ЛСП «ИРЭ-Полус» модели ЛСП-0,97/10

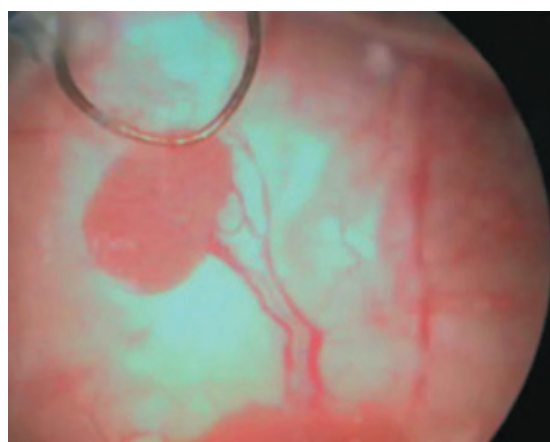


Рис. 2. Трансуретральная резекция мочевого пузыря

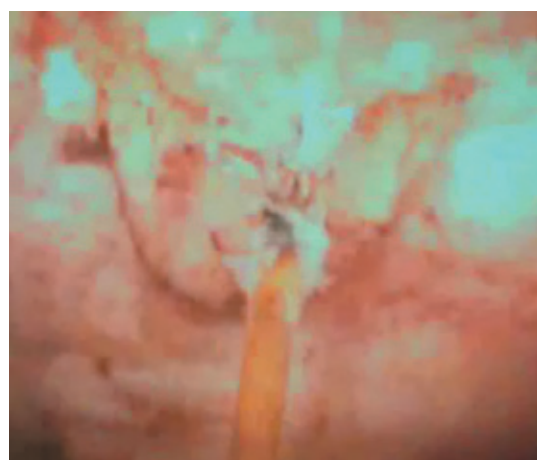


Рис. 3. Лазерная коагуляция тканей ложа удаленной опухоли

результатов проводили с использованием пакета прикладных программ Microsoft office Excel.

Результаты и обсуждение

Объем интраоперационной кровопотери у всех пациентов в обеих группах был одинаков и не превышал 100 мл. Выраженность макрогематурии в течение первых суток послеоперационного периода оценивали у всех

пациентов. Результаты наблюдения за больными НМИ РМП, оперированными с применением диодного лазерного излучения и без такового представлены в табл. 1.

Таблица 1
Результаты применения диодного лазерного излучения
длиной волны 970 нм в хирургическом лечении
больных НМИ РМП

Параметр оценки	С применением лазерного излучения (n = 30)	Без применения лазерного излучения (n = 30)
Объем интраоперационной кровопотери	Не более 100 мл	Не более 100 мл
Выраженность макрогематурии (количество пациентов):		
Не отмечена	7	1
I степень	18	10
II степень	5	15
III степень	0	4
Средний показатель длительности дренирования мочевого пузыря	1,6 дня (от 1 до 3)	2,4 дня (от 1 до 4)
Количество рецидивов в течение первого года после окончания лечения	1 пациент	4 пациента
Количество рецидивов за весь период наблюдения	5 пациентов	13 пациентов
Интраоперационные осложнения	Не зарегистрированы	1 пациент

Анализируя полученные данные, можно констатировать, что в группе пациентов, где было использовано диодное лазерное излучение, макрогематурия отсутствовала или была выражена незначительно у 25 человек, что составило 83,3%, в то время как у пациентов второй группы только у 11 человек (36,6%). Так, при макрогематурии второй и третьей степени дренирование мочевого пузыря уретральным катетером осуществляли в течение 4 суток. Развитие у пациента макрогематурии третьей степени требовало выполнения ирригации полости мочевого пузыря через промывную систему с целью профилактики развития тампонады мочевого пузыря. Следует отметить, что у одного пациента из группы сравнения произошла внутрибрюшная перфорация стенки мочевого пузыря. Данное осложнение потребовало выполнения срочной лапароскопии, ушивания перфорационного отверстия и дренирования брюшной полости.

В первой группе «ТУР+лазер» за все время наблюдения рецидив зарегистрирован только у 5 (16,6%) из 30 пациентов. Из них в одном наблюдении в зоне оперативного вмешательства спустя 9 мес. после окончания лечения была выявлена единичная рецидивная опухоль. У трех из пяти пациентов рецидив заболевания выявлен спустя 12 мес. У одного пациента рецидив диагностирован спустя 24 мес. после завершения лечения. После морфологической верификации рецидива опухоли осуществлена ее лазерная абляция у всех пяти пациентов.

Во второй группе рецидив опухоли имел место у 13 (43,3%) из 30 пациентов. У одного пациента рецидив опухоли обнаружен через 6 месяцев после завершения лечения. У трех пациентов – через 9 мес.; у семи пациентов – спустя 12 мес.; у одного пациента – спустя 18 мес. и у одного пациента – спустя 24 мес. У 11 пациентов

выявлены единичные рецидивные опухоли. После морфологической верификации рецидива опухоли у всех 11 больных была выполнена лазерная абляция рецидивной опухоли. У 2 пациентов отмечены множественные рецидивные опухоли. В обоих случаях больным была выполнена радикальная цистэктомия с илеоцистопластикой по Штудеру.

Суммируя результаты наблюдения за пациентами обеих групп, можно заключить следующее. Из 30 пациентов, оперированных с применением диодного лазерного излучения, местный рецидив опухоли на первом году после окончания лечения возник у одного пациента (3,3% случаев), в то время как из 30 пациентов, подвергнутых традиционному хирургическому вмешательству, местный рецидив опухоли зарегистрирован у четырех пациентов (13,3% случаев). По данным R.J. Sylvester et al. (2006), K. Thomas et al. (2008), M. Babjuk et al. (2009) одним из основных клинических прогностических факторов для опухолей грации Ta и T1 является частота рецидива в течение первого года после проведения лечения. Поэтому уменьшение частоты рецидивирования опухоли мочевого пузыря определяет улучшение прогноза течения заболевания.

Учитывая незначительное количество рецидива опухоли у больных на первом году после окончания лечения с использованием диодного лазерного излучения, можно с уверенностью утверждать о достоверном преимуществе данной технологии перед стандартной трансуретральной резекцией мочевого пузыря.

В настоящее время «золотым стандартом» в лечении больных НМИ РМП является ТУР мочевого пузыря. При этом данный вид оперативного вмешательства обладает целым рядом существенных недостатков и ограничений, наиболее значительным из которых оказывается высокий показатель частоты рецидива заболевания, от 50 до 80% (Серегин И.В. с соавт. 2008; Матвеев Б.П. с соавт., 2011; Oosterlink W. et al., 2008). Высокий показатель частоты рецидива в первую очередь обусловлен, как правило, мультицентричным ростом опухоли или наличием не выявленных до и во время операции очагов *carcinoma in situ* (CIS). Также нельзя полностью исключить возможность имплантации опухолевых клеток в стенку мочевого пузыря во время выполнения операции. Для профилактики рецидива опухоли в мочевом пузыре после выполнения ТУР применяют внутривезикулярную лекарственную терапию с цитостатическими препаратами или вакциной BCG, которые, в свою очередь, нередко вызывают развитие других специфических осложнений.

По данным Н.А. Лопаткина с соавт. (1998), О.В. Теодоровича с соавт. (2010), J.P. Richie et al. (2011) применение лазерных технологий значительно улучшает как непосредственные, так и отдаленные результаты лечения больных НМИ РМП. По мнению авторов, основным преимуществом применения лазерного излучения в лечении больных НМИ РМП в сравнении с традиционной ТУР является уменьшение в три и более раз частоты местного рецидива опухоли. Кроме того, при использовании лазерного излучения значительно снижается выраженность болевой симптоматики у оперированных больных, что может быть объяснено, в первую очередь, деструкцией

чувствительных нервных окончаний стенки мочевого пузыря. При традиционной ТУР воздействуют электрическим током, импульсы которого распространяются по нервным волокнам. Кроме того, применение лазерного излучения, в отличие от электрического тока, не влечет за собой возбуждение *nervus obturatorius*, что позволяет безопасно осуществлять резекцию боковой стенки мочевого пузыря. В случае расположения опухоли в таких труднодоступных участках мочевого пузыря, как передняя его стенка или дивертикул, где традиционная ТУР технически невыполнима, применение лазерного излучения позволяет выполнить абляцию опухолевого узла. По мнению авторов, практически полное отсутствие кровопотери выгодно отличает применение лазерного излучения от традиционных методов эндovesикальной электрохирургии и позволяет производить вмешательства у пациентов с коагулопатией, принимающих антикоагулянтные препараты. Отсутствие значимой гематурии у больных в послеоперационном периоде позволяет воздерживаться от длительного дренирования мочевого пузыря и его ирригации, что в свою очередь снижает риск возникновения воспалительных реакций.

Как отмечают J.P. Richie et al. (2011), одним из основных недостатков применения лазерного излучения при лечении больных НМИ РМП является невозможность забора материала для последующего патоморфологического исследования. Для установления стадии заболевания и определения степени злокачественности опухоли целесообразным является выполнение ТУР-биопсии опухолевого узла. Кроме того, серьезным осложнением может явиться трансуретральная лазерная коагуляция стенки мочевого пузыря с развитием повреждения стенок прилежащих органов малого таза.

Возможность применения и эффективность различных комбинаций органосохраняющего лечения больных НМИ РМП к настоящему времени изучены недостаточно. В отечественной и зарубежной медицинской литературе имеется очень незначительное количество публикаций, посвященных изучению эффективности сочетанного применения ТУР мочевого пузыря с лазерной вапоризацией тканей ложа удаленной опухоли (Мазо Е.Б. с соавт., 1996; Лопаткин Н.А. с соавт., 1998; Теодорович О.В. с соавт., 2010; Hofstetter A.G., 1981, 1992; Beisland H.O. et al., 1986). Практически во всех работах изучается эффективность применения излучения Nd:YAG лазера длиной волны 1064 нм. Однако использование обладающего большой проникающей способностью высокоинтенсивного излучения Nd:YAG лазера сопровождается термическим повреждением стенки мочевого пузыря в зоне резекции на глубину 2–6 мм, что в свою очередь замедляет течение регенеративных процессов, а в ряде случаев может стать причиной перфорации стенки мочевого пузыря.

Заключение

Таким образом, применение импульсного излучения полупроводникового диодного лазера длиной волны 970 нм в качестве хирургического инструмента, обеспечивающего удаление опухоли, не снижает радикальности операции в целом и предотвращает развитие рецидива.

При этом минимизируется вероятность развития всевозможных осложнений, что в свою очередь улучшает не только хирургические и онкологические результаты лечения, но и позволяет существенно улучшить функциональное состояние оперированного органа, что неизбежно положительно сказывается на качестве жизни оперированных больных.

Литература

1. Анолихин О.А., Какорина Е.П., Сивков А.В. и др. Состояние урологической заболеваемости в Российской Федерации по данным официальной статистики // Урология. 2008. № 3. С. 3, 5–7.
2. Вельшер Л.З., Стаханов М.Л., Горчак Ю.Ю. и др. Лазерное удаление злокачественных и доброкачественных опухолей мочевого пузыря с помощью излучения отечественного полупроводникового хирургического лазера // Вест. экспер. и клин. хирургии. Прилож.: Мат. сетевой науч.-практ. конф. ОАО «РЖД» «Акт. вопр. абдом. хирург. и онкол.». Воронеж, 16–17 мая 2013. С. 19.
3. Воробцова И.Е., Васильева З.Ж., Коузова Е.Д. и др. Диагностика рецидивов рака мочевого пузыря с помощью FISH-метода, осуществляемого на клетках осадка мочи // Онкоурология. 2013. № 2. С. 35–41.
4. Лопаткин Н.А., Мартон А.Г., Гуцин Б.Л. и др. Электровапоризация в лечении рака мочевого пузыря // Урология и нефрология. 1998. № 5. С. 9–12.
5. Лоран О.Б. Онкоурология сегодня: проблемы и достижения // Мед. вестник. 2007. № 13. С. 7–8.
6. Мазо Е.Б., Чепурнов А.К. Гольмиевый лазер в лечении больных раком мочевого пузыря // Урология и нефрология. 1996. № 4. С. 34–35.
7. Матвеев Б.П. Клиническая онкоурология. М.: «Вердана», 2011. 934 с.
8. Павленко К.А., Кочин А.В., Волков Т.В. Начальный опыт применения адьювантной термохимиотерапии при мышечно-инвазивном раке мочевого пузыря // Онкоурология. 2011. № 1. С. 79–84.
9. Русаков И.Г., Быстров А.А. Хирургическое лечение, химио- и иммунотерапия больных поверхностным раком мочевого пузыря // Практик. онкол. 2003. № 1. С. 107–116.
10. Серегин И.В., Матвеев В.Б., Фигурин К.М. Однократная инстилляция доксорубина после трансуретральной резекции при поверхностном раке мочевого пузыря // Мат. III конгр. РООУ. М., 2–3 октября 2008. С. 115.
11. Теодорович О.В., Забродина Н.Б., Нарышкин С.А. и др. Эндоскопическое лазерное лечение поверхностных опухолей мочевого пузыря с применением лазерного хирургического комплекса «Лазурит» // Мед. технол. 2010. 28 с.
12. Злокачественные новообразования в России в 2010 году (заболеваемость и смертность) // Под ред. В.И. Чиссова, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. М., 2012. 260 с.
13. Чернышев И.В. Оптимизация подходов диагностики и лечения рака мочевого пузыря. Дисс. ... докт. мед. наук. М., 2004. 369 с.
14. Babjuk M., Oosterlink W., Sylvester R.J. et al. Рекомендации по лечению рака мочевого пузыря TaT1 (без инвазии мышечного слоя) // Guidelines of European Association of Urology. 2009.
15. Beisland H.O., Seland P. A prospective randomized study on neodymium-YAG laser irradiation versus TUR in treatment urinary bladder cancer // Scand. J. Urol. Nephrol. 1986. Vol. 20 (3). P. 209–212.
16. Dominguez G., Carballido J., Silva J. et al. p14ARF promoter hypermethylation in plasma DNA as an indicator of disease recurrence in bladder cancer patients // Clin. Cancer Res. 2002. Vol. 8. P. 980–985.
17. Hofstetter A.G. Application of laser in bladder cancer // Semin. Surg. Oncol. 1992. Vol. 8 (4). P. 214–216.
18. Hofstetter A.G., Frank F. Endoscopic neodymium-YAG laser application for destroying bladder tumors // Eur. Urol. 1981. Vol. 7. P. 278–282.

19. Moskovitz B., Meyer G., Kravtsov A. et al. Thermo-chemotherapy of intermediate or high-risk recurrence superficial bladder cancer patients // Ann. Oncol. 2005. Vol. 16. P. 585–589.
20. Oosterlink W., Witres F., Sylvester R. Diagnostic and prognostic factors in non-muscle-invasive bladder cancer and their influence of treatment and outcomes // Eur. Urol. 2008. Vol. 4. P. 321–324.
21. Oosterlink W., Lobel B., Jaksw G et al. European Association of Urology (EAU) Working Group on Oncological Urology. Guidelines on bladder cancer // Eur. Urol. 2002. Vol. 41 (2). P. 105–112.
22. Richie J.P., D'Amico A.V. Онкоурология. М.: Бином, 2011. 896 с.
23. Shen Z., Shen T., Wientjes M.G. et al. Interventricular treatments of bladder cancer: review // Pharm. Res. 2008. Vol. 25 (7).
24. Sylvester R.J., van der Meijden A.P., Oosterlink W. et al. Predicting recurrence and progression in individual patients with stage TaT1 bladder cancer using EORTC risk tables: a combined analysis of 2596 patients from seven EORTC trials // Eur. Urol. 2006. Vol. 49. P. 466–475; discussion 475–477.
25. Thomas K., O'Brein T. Improving transurethral resection of bladder tumor: the gold standard for diagnosis and treatment of bladder tumor // Eur. Urol. Suppl. 2008. Vol. 7. P. 524–528.

Поступила в редакцию 15.08.2014 г.

Для контактов: Горчак Юрий Юрьевич
E-mail: oncurolog05@mail.ru

УДК 612.13

Петрищев Н.Н.^{1,2}, Гришачева Т.Г.¹, Михайлова И.А.^{1,2}, Чефу С.Г.^{1,2}, Кувардин Е.С.¹

О возможном влиянии температурных эффектов на светочувствительность микрососудов в присутствии фотосенсибилизаторов

Petrishchev N.N., Gryshachova T.G., Mikhailova I.A., Chifu S.G., Kuvardin E.S.

Possible influence of temperature effects on microvessel photosensitivity in the presence of photosensitizers

¹ Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. И.П. Павлова, г. Санкт-Петербург

² Федеральный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова, г. Санкт-Петербург

Цель. Исследование фотореактивности сосудов микроциркуляторного русла при предварительном введении фотосенсибилизатора «Радахлорин». **Материалы и методы.** Облучение микрососудов брыжейки крыс ($d = 10\text{--}30\text{ мкм}$) производилось излучением лазера («Гранат») (ООО «Алком медика», Санкт-Петербург), длина волны 662 нм, плотность энергии $0,37\text{ Дж/см}^2$. Фотосенсибилизатор «Радахлорин» (Радафарма, Россия); препарат в дозе 5 мг/кг вводили животным в хвостовую вену за 3 часа до облучения. **Результаты.** В группе интактных животных после облучения лазером наблюдалось на первых минутах незначительное увеличение диаметра артериол, а через 6 минут зарегистрировано значимое расширение артериол (на 14%) ($p < 0,05$). Чувствительность венул к лазерному облучению была менее выражена, значимых изменений не наблюдалось. На фоне введенного радахлорина диаметр артериол после облучения уменьшился на 17% ($p < 0,05$), а диаметр венул значимо не изменился. **Выводы.** Проведенный теоретический анализ показал, что реакции микрососудов на лазерное облучение не связаны с тепловым эффектом в результате поглощения гемоглобина и фотосенсибилизатора, а их можно рассматривать как проявление фотодинамического повреждения. **Ключевые слова:** микроциркуляция, фотосенсибилизатор, лазерное излучение.

Purpose. The object of our study was to evaluate microvessels' photoreactivity under the preliminary intravenous injection of photosensitizer (Radachlorin®). **Materials and Methods.** Laser light with wavelength 662 nm, energy density 0.37 J/cm^2 emitted by laser device Granat (Alcom Medica, St.Petersburg, Russia) was delivered to rats' mesenteric microvessels ($d = 10\text{--}30\text{ }\mu\text{m}$). The rats were injected with the photosensitizer intravenously (5 mg/kg) 3 hours before the irradiation. **Results.** Laser irradiation was resulted in the immediate insignificant arteriole widening which was followed by a substantial increase of arteriole diameters (by 14%), ($p < 0.05$) in six minutes after the irradiation. After the Radachlorin intravenous injection and laser irradiation the arteriole diameter was reduced by 17% ($p < 0.05$), while the venule diameter was not considerably changed. **Conclusion.** A theoretical analysis has shown that microvascular reactions to laser irradiation were not the result of heat effects due to hemoglobin and photosensitizer absorption. These effects may be regarded as a result of photodynamic injury to microvessels. **Key words:** microcirculation, photosensitizer, laser radiation.

В механизме фотодинамической терапии (ФДТ) опухолей большое значение придается нарушению микроциркуляции [7]. Как известно, одним из действующих на злокачественные новообразования факторов при ФДТ является накопление фотосенсибилизаторов в стенке микрососудов и генерация синглетного кислорода при облучении их лазерным излучением [3]. Нарушения кровотока, возникающие в микрососудах опухолевой ткани в процессе облучения, могут вызывать гипоксию и, в частности, снизить эффективность процедуры [10]. Местное применение низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ), главным образом красного и инфракрасного

диапазонов, широко используют при лечении воспалительных процессов, трофических язв, для стимуляции заживления ран. Одним из вероятных акцепторов лазерного излучения в этой области являются эндогенные порфирины, входящие в состав ряда ферментов, в том числе NO-синтазы. Активация NO-синтазы в эндотелии приводит к увеличению образования монооксида азота (NO) и вазодилатации [2].

Изучение светочувствительности микрососудов в оптическом диапазоне в присутствии фотосенсибилизаторов дает возможность выявить пути оптимизации ФДТ.