

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

© БАЗИКЯН Э.А., ЧУНИХИН А.А., 2016

УДК 615.849.19.03:616.314-089.23

Базикян Э.А., Чунихин А.А.

### МАЛОИНВАЗИВНЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ОСНОВЕ РОБОТИЗИРОВАННЫХ МУЛЬТИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ХИРУРГИИ И СТОМАТОЛОГИИ

Кафедра хирургии полости рта ГОУ ВПО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова», 127473, г. Москва, Россия

*Проведен краткий исторический экскурс по развитию роботизированных систем и лазерных технологий в медицине. Показана возможность использования лазерного излучения в сложнейших мультифункциональных роботизированных комплексах в различных направлениях — как световой скальпель, для оптической визуализации, лазерного контроля измерений. Выполнены исследования по поиску оптимальных параметров лазерного излучения с возможностью фото-молекулярного воздействия на клетку. Разработан прототип лазерного модуля для роботизированного комплекса с возможностью самостоятельного применения в различных областях медицины.*

**Ключевые слова:** *роботассистированная хирургия; лазерное излучение; фотодинамический эффект; синглетный кислород.*

**Для цитирования:** *Базикян Э.А., Чунихин А.А. Малоинвазивные лазерные технологии на основе роботизированных мультифункциональных комплексов в челюстно-лицевой хирургии и стоматологии. Российский стоматологический журнал. 2016; 20(4): 228-231. DOI 10.18821/1728—2802 2016; 20(5): 228-231*

*Bazikyan E.A., Chunikhin A.A.*

PROSPECTS OF IMPROVEMENT OF MINIMALLY INVASIVE LASER TECHNOLOGIES IN PHOTODYNAMIC THERAPY DENTAL PATHOLOGIES

Department of dental surgery A.I. Evdokimov MSMSU

*The short historical review on the development of robotic systems and laser technologies in medicine. Shown the possibility of using the laser as a module in the toughest multifunctional robotic complexes in different directions — light scalpel, optical imaging, laser measurements control. Conducted investigations to find the optimal parameters of laser radiation with photomolecular effects on the cell. Designed a prototype of the laser module to a complex robot with the ability to self-application in various fields of medicine.*

**Key words:** *robot-assisted surgery, laser radiation, photodynamic effect, singlet oxygen.*

**For citation:** *Bazikyan E.A., Chunikhin A.A. Prospects of improvement of minimally invasive laser technologies in photodynamic therapy dental pathologies. Rossiyskiy stomatologicheskii zhurnal. 2016; 20(5): 228-231. DOI 10.18821/1728—2802 2016; 20(5):228-231*

**For correspondence:** *Chunikhin Andrey Anatol'evich, candidate of medical Science, associate professor, Department of dental surgery A.I. Evdokimov MSMSU; E-mail: docca74@yandex.ru*

**Conflict of interest.** *The authors declare no conflict of interest.*

**Acknowledgments.** *The study had no sponsorship.*

Received 03.03.16

Accepted 24.06.16

Интенсивное развитие науки, техники, электроники и роботостроения начиная со второй половины XX века определило один из главных векторов развития медицины — внедрение роботов и искусственного интеллекта. Последнее десятилетие характеризуется значительным прогрессом в медицинской робототехнике. Разработка компанией Intuitive Surgical, Inc. (США) универсальной роботизированной хирургической системы с дистанционным управлением явилась революционным рубежом в развитии роботизирован-

ной медицины. Сегодня несколько тысяч операций в урологии, гинекологии, абдоминальной хирургии выполняются при помощи робота Da Vinci [1]. Фемтосекундная лазерная система LenSx американской фирмы Alcon является наивысшим достижением в области роботизированной хирургии глазных заболеваний.

Преимущества применения медицинской робототехники очевидны: минимальная инвазивность, высокая точность, быстрая реабилитация больных.

В области головы и шеи находится множество тончайших анатомических структур — мышц, сосудов, нервов, воздухоносных синусов, хирургическое вмешательство на которых требует филигранной точности в манипуляциях врача-хирурга [2]. При лечении

**Для корреспонденции:** *Чунихин Андрей Анатольевич, канд. мед. наук, доцент кафедры хирургии полости рта МГМСУ им. А.И. Евдокимова, E-mail: docca74@yandex.ru*

различных заболеваний слизистой оболочки полости рта необходимы детальный анализ и правильная терапия, основанная на математическом расчете [3]. С такими задачами мог бы справиться роботизированный комплекс для стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. Однако в настоящее время не существует медицинских роботов для проведения минимально инвазивных операций в области головы и шеи. Кроме того, создание отечественной роботизированной хирургической системы необходимо в настоящий момент для реализации программы совершенствования оказания медицинской помощи населению в России.

Актуальными являются разработка и создание отечественной роботизированной системы, не уступающей по своим характеристикам иностранным аналогам, для заместительной и реконструктивной хирургии тканей и органов головы и шеи с возможностью модульного наращивания, позволяющей интегрировать инновационные лазерные технологии для 3D-визуализации и обратной связи, применения однопортовых тончайших эндоскопических манипуляторов с лазерным световодом, нейромониторинга.

Потенциально создание универсального многофункционального роботизированного стоматологического комплекса может идти сразу по нескольким направлениям, таким как разработка модуля механических манипуляторов, модуля контроллеров, лазерного модуля.

Концепция построения робототехнического комплекса для малоинвазивных операций в области головы и шеи включает в себя разработку модуля врача-оператора, модуля манипуляторов, мобильного модуля пациента.

Одним из основных компонентов модуля манипуляторов в роботизированном хирургическом комплексе является лазерная установка. Современная минимально инвазивная хирургия немыслима без лазерных технологий.

Со времени изобретения лазера нашими соотечественниками, лауреатами Нобелевской премии А.М. Прохоровым и Н.Г. Басовым прошло чуть более 50 лет, но за это время оптическая квантовая электроника получила колоссальное развитие в различных областях науки и техники, в том числе в биологии и медицине.

Основными свойствами лазерного излучения являются когерентность, монохроматичность и поляризованность. Когерентность — излучение световой энергии одновременно всеми атомами в одной фазе, что позволяет создавать высокую плотность световой энергии. Монохроматичность — излучение световой энергии с одной частотой колебания, благодаря чему удается концентрировать на значительных расстояниях энергию и мощность, возможность варьировать режимы излучения от непрерывного до импульсного с различной длительностью импульсов. Поляризованность позволяет фокусировать и регулировать плотность энергии на облучаемом объекте за счет ничтожно малой расходимости светового потока. Уникальное сочетание этих свойств позволяет реализовать различные механизмы взаимодействия — как тепловые

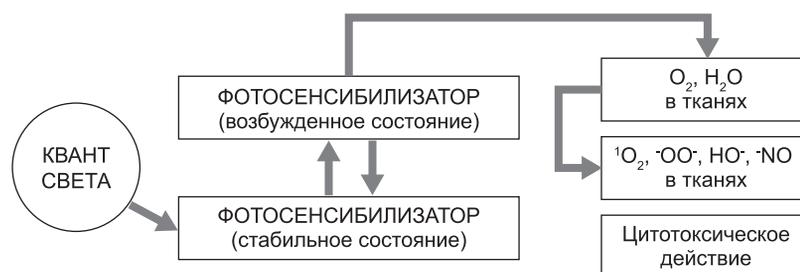


Рис. 1. Схема классического фотодинамического воздействия на клетку.

(плазмообразование, абляция, испарение, плавление, нагрев), так и нетепловые (спектрально-резонансные) воздействия на вещество, оказывающие влияние на сложные атомные и молекулярные системы [4].

В настоящее время выделяют три основных направления развития лазерных систем в медицине:

— методы неинвазивной лазерной диагностики: оптическая когерентная томография для диагностики онкологических заболеваний, лазерный спектральный анализ молекул-биомаркеров в выдыхаемом воздухе для диагностики заболеваний желудочно-кишечного тракта;

— методы лазеротерапии с использованием низкоинтенсивного лазерного излучения, в фотодинамической терапии для избирательного разрушения раковых клеток, патогенных микроорганизмов, атеросклеротических бляшек;

— методы хирургического лазерного лечения в различных областях медицины [5—6].

В роботизированном комплексе для стоматологии лазерный модуль потенциально может использоваться в различных направлениях: как хирургический световой скальпель, позволяющий делать тончайшие разрезы тканей с одномоментной абляцией, коагуляцией и испарением, как оптический прибор с возможностью лазерной 3D-визуализации тканей по принципу обратной связи, а также как лазерный контроллер точности, позволяющий проводить предварительные лазерные измерения перед работой манипуляторов с механическими инструментами, а затем проводить измерение точности проведенных манипуляций.

Воздействие лазерного излучения на кислород является одним из важных свойств, обуславливающих комплексность биохимических реакций в тканях. Известно, что фотомолекулярные реакции, происходящие в клетках под действием лазерного излучения, запускают терапевтический процесс в тканях. Предполагают, что механизм первичных процессов, приводящих к фотодинамической терапии, можно представить следующим образом: молекула фотоенсибилизатора, поглотив квант света, переходит в возбужденное триплетное состояние, энергия которого переходит на внутриклеточные молекулы кислорода в тканях с образованием молекулярного синглетного кислорода (рис. 1).

Благодаря высокой окислительной активности синглетный кислород вступает в химические реакции с биологическими структурами, в частности, окисляет молекулы ароматических аминокислот и разрушает мембранные структуры, запуская реакцию

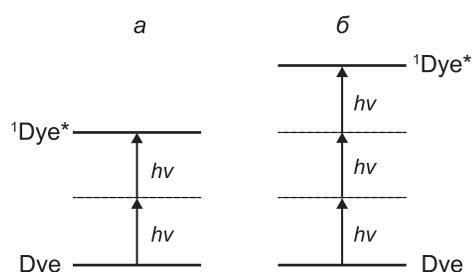


Рис. 2. Заселение возбужденного синглетного состояния при двух- (а) и трехфотонном возбуждении (б) наносекундными волновыми лазерными импульсами (пунктиром показаны наносекундные «виртуальные» состояния электронной системы молекул кислорода, создаваемые полем одного или двух фотонов).

перекисного окисления липидов в клетке или околоклеточном пространстве. Деструкция биологических субстратов приводит также к образованию свободных радикалов, обладающих вторичным повреждающим действием на клетки [7].

Возможность проведения фотодинамической терапии в тканях без применения фотосенсибилизаторов, т. е. способа прямой генерации синглетного кислорода, видится наиболее перспективной для дальнейшего использования в медицинской практике [8—9].

#### Материал и методы

Анализ литературы и научный поиск были направлены на изучение оптимальных параметров лазерного излучения для возможности применения малоинвазивных хирургических лазерных технологий с эффективными фотодинамического воздействия на ткани различных длин волн, частоты импульсов [10]. В работе использовался прототип лазерной установки на основе полупроводниковых кристаллов, собранный с помощью инженеров-физиков. Излучение фокусировалось в оптическом световоде диаметром 500 мкм.

С помощью ИК-спектрометра с фотоумножителем С-1, охлаждаемым жидким азотом, были измерены спектры излучения лазера.

Для регистрации синглетного кислорода использовались модельные среды — водные растворы нафтацена и дифенилизобензофурана в четыреххлористом углеороде. Контроль за реакцией выделения синглетного кислорода осуществлялся с помощью монохроматора методом определения фосфоресценции синглетного кислорода по выцветанию полос поглощения указанных веществ после лазерного облучения.

#### Результаты и обсуждение

При изучении спектра лазерного излучения нами было установлено, что в импульсном наносекундном режиме при излучении с переменной длиной волны 1270—1278 нм максимум поглощения кислорода тканями находится в пределах 1270 нм и в импульсном режиме интенсивность излучения выше в 2 раза. Использование наносекундных импульсов в дальнем инфракрасном лазерном излучении в пределах 1265—1275 нм позволяет глубже проникать в ткани при меньшем нагреве и приводит к более выраженному фотодинамическому эффек-

ту. За счет малого времени жизни и высокой мощности лазерных импульсов за время электронного перехода в молекуле кислорода происходит суммирование энергии двух—трех лазерных фотонов, приводящее к заселению синглетного кислорода в тканях (рис. 2).

В результате экспериментов доказано наличие прямого возбуждения синглетного кислорода ( $^1\text{O}_2$ ). Детальное изучение временных и спектральных параметров, а также реакционной способности синглетной формы кислорода ( $^1\text{O}_2$ ) показало, что суммарная скорость его дезактивации  $\tau_{\Delta} \approx 200$  нс. Определены оптимальные параметры лазерного излучения. Проведенные исследования позволили создать прототип лазерного модуля для роботического мультифункционального комплекса для малоинвазивной хирургии челюстно-лицевой области. Разработанный прототип может быть самостоятельным хирургическим лазерным комплексом с возможностью, а также может быть интегрирован в роботический медицинский комплекс для стоматологии и челюстно-лицевой хирургии.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Goonewardene S.S., Persad R. Robotic radical prostatectomy, day-case surgery and cardiac health: an opposing paradigm? *J. Robotic Surg.* 2015; 9: 355.
- Робустова Т.Г., Базилян Э.А., Ушаков А.И., Даян А.В. Комплексный клиничко-рентгенологический подход при реконструктивных операциях и синус-лифтинге в области верхней челюсти для дентальной имплантации. *Российская стоматология.* 2008; (1): 61-7.
- Борисенко Г.Г., Лукина Г.И., Базилян Э.А., Ковалева А.М. Оценка изменений слизистой оболочки полости рта при заболеваниях желудочно-кишечного тракта. *Клиническая медицина.* 2009; 87(6): 36—8.
- Шахно Е.А. *Физические основы применения лазеров в медицине. Учебное пособие.* СПб; 2012.
- Серебряков В.А. *Лазерные технологии в медицине.* СПб: СПбГУ ИТМО; 2009.
- Чунихин А.А., Базилян Э.А., Красновский А.А., Сырникова Н.В., Чобанян А.Г. Перспективы совершенствования малоинвазивных лазерных технологий в фотодинамической терапии стоматологических патологий. *Российская стоматология.* 2015; 8 (2): 71—4.
- Генина Э.А. *Методы биофотоники: фототерапия. Учебное пособие.* Саратов: Новый ветер; 2012.
- Moan J., Berg K. The photodegradation of porphyrins in cells that can be used to estimate the lifetime of singlet oxygen. *J. Photochem. Photobiology.* 1991; 53: 549—53.
- Krasnovsky A.A., Drozdova N.N., Roumbal Ya. V., Ivanov A.V., Ambartsumian R.V. Biophotonics of molecular oxygen: activation efficiencies upon direct and photosensitized excitation. *Chin. Opt. Lett.* 2005; 3: S1—S4.
- Чунихин А.А., Базилян Э.А., Сырникова Н.В., Чобанян А.Г. Лабораторная оценка физических и фотохимических свойств нового наносекундного полупроводникового медицинского лазерного генератора. *Бюллетень медицинских интернет-конференций.* 2015; 11(5): 1368—70.

#### REFERENCES

- Goonewardene S.S., Persad R. Robotic radical prostatectomy, day-case surgery and cardiac health: an opposing paradigm? *J. Robotic Surg.* 2015; 9: 355.
- Robustova T.G., Bazikyan E.A., Ushakov A.I., Dayan A.V. Complex clinical and radiological approach in reconstructive surgeries and sinus lift in the upper jaw for dental implants. *Rossiyskaya stomatologiya.* 2008. (1): 61—7. (in Russian)
- Borisenko G.G., Lukina G.I., Bazikyan E.A., Kovaleva A.M. Evalu-

- ation of changes of the oral mucosa in diseases of the gastrointestinal tract. *Klin. med.* 2009; 87 (6): 36—8. (in Russian)
4. Shakhno E.A. *The Physical Basis for the Use of Lasers in Medicine. Tutorial. [Fizicheskie osnovy primeneniya lazerov v meditsine. Uchebnoe posobie]*. St. Petersburg; 2012. (in Russian)
  5. Serebryakov V.A. *Laser Technologies in Medicine. [Lazernye tekhnologii v meditsine]*. St. Petersburg: SPbGU ITMO; 2009. (in Russian)
  6. Chunikhin A.A., Bazikyan E.A., Krasnovskiy A.A., Symnikova N.V., Chobanyan A.G. Prospects of improvement of minimally invasive laser technologies in photodynamic therapy dental pathologies. *Rossiyskaya stomatologiya*. 2015; 8(2): 71—4. (in Russian)
  7. Genina E.A. *Biophotonics Methods: Phototherapy. Tutorial. [Metody biofotoniki: fototerapiya. Uchebnoe posobie]*. Saratov: Novyy veter; 2012. (in Russian)
  8. Moan J., Berg K. The photodegradation of porphyrins in cells that can be used to estimate the lifetime of singlet oxygen. *J. Photochem. Photobiol.* 1991; 53: 549—53.
  9. Krasnovsky A.A., Drozdova N.N., Roumbal Ya. V., Ivanov A.V., Ambartzumian R.V. Biophotonics of molecular oxygen: activation efficiencies upon direct and photosensitized excitation. *Chin. Opt. Lett.* 2005; 3: S1—S4.
  10. Chunikhin A.A., Bazikyan E.A., Symnikova N.V., Chobanyan A.G. Laboratory evaluation of physical and photochemical properties for a new medical nanosecond semiconductor laser light generator. *Byulleten' meditsinskikh internet-konferentsiy*. 2015; 11(5): 1368—70. (in Russian)

Поступила 22.05.16

Принята в печать 24.06.16

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2016

УДК 615.46.03:616.314-089.28

Колесов П.А.<sup>1</sup>, Степанова Г.С.<sup>2</sup>, Парунов В.А.<sup>3</sup>

## РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОЙ МЕТОДИКИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ ЗУБНЫХ ПРОТЕЗОВ ИЗ НОВОГО ОТЕЧЕСТВЕННОГО СПЛАВА НА ОСНОВЕ ЗОЛОТА

<sup>1</sup>ФГБОУ «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова»

Минздрава России, 127473, Москва, Россия;

<sup>2</sup>ЗАО «Стридент», 107076, Москва, Россия;<sup>3</sup>ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии»

Министерства здравоохранения Российской Федерации, 119991, Москва, Россия

*В статье показано создание методики изготовления металлокерамических зубных протезов из нового отечественного сплава на основе золота «ПЛАГОДЕНТ-ПЛЮС». Обосновано применение пескоструйной обработки оксидом алюминия с размером частиц 150 мкм при давлении воздуха 4 атм и окисляющего обжига в вакууме в течение 5 мин при температуре 960°C для предварительной обработки поверхности каркаса перед нанесением керамической облицовки.*

*Ключевые слова:* ПЛАГОДЕНТ-ПЛЮС; стоматологические благородные сплавы; золотые сплавы; металлокерамические зубные протезы; адгезия керамики.

*Для цитирования:* Колесов П.А., Степанова Г.С., Парунов В.А. Разработка оптимальной методики изготовления металлокерамических зубных протезов из нового отечественного сплава на основе золота. *Российский стоматологический журнал*. 2016; 20(5): 231-235. DOI 10.18821/1728—2802 2016; 20(5): 231-235

*Kolesov P.A.<sup>1</sup>, Stepanova G.S.<sup>2</sup>, Parunov V.A.<sup>3</sup>*

DEVELOPMENT OF OPTIMAL METHODS OF PRODUCTION OF METAL-CERAMIC DENTAL PROSTHESES OF A NEW DOMESTIC BASE ALLOY OF GOLD

<sup>1</sup>A.I. Evdokimov Moscow state medical dental University named, 127473, Moscow, Russia;<sup>2</sup>«Strident», 107076, Moscow, Russia;<sup>3</sup>Central research Institute of dentistry and maxillofacial surgery of Ministry of health of Russian Federation, 119991, Moscow, Russia

*The article shows a method of manufacturing metal-ceramic dental prostheses from the new domestic-based alloy of gold PRAGODENT-PLUS. Justified the use of sandblasting with aluminium oxide with a particle size of 150 μm at an air pressure of 4 ATM, and oxidised firing in vacuum for 5 minutes at a temperature of 960°C for pre-treatment of the surface of the carcass prior to application of the ceramic veneer.*

*Key words:* PRAGODENT-PLUS; dental noble alloys; gold alloys; metal-ceramic dentures; adhesion of ceramics.

*For citation:* Kolesov P.A., Stepanova G.S., Parunov V.A. Development of optimal methods of production of metal-ceramic dental prostheses of a new domestic base alloy of gold. *Rossiyskiy stomatologicheskii zhurnal*. 2016; 20(5): 231-235. DOI 10.18821/1728—2802 2016; 20(5): 231-235

*For correspondence:* Parunov Vitaliy Anatol'evich, cand. med. sci., senior researcher of the laboratory of development and physico-chemical testing of dental materials and maxillofacial surgery, E-mail: vparunov@mail.ru

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Acknowledgments.** The study had no sponsorship.

Received 17.06.16

Accepted 24.06.16

**Для корреспонденции:** Парунов Виталий Анатольевич, канд. мед. наук, ст. научн. сотр. лаборатории разработки и физико-химических испытаний стоматологических материалов ЦНИИС И ЧЛХ, E-mail: vparunov@mail.ru