

Т. Н. Манак, П. Н. Исапур, Л. И. Палий

## ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРА В ЭНДОДОНТИИ

УО «Белорусский государственный медицинский университет»

*В статье представлено описание современных лазеров, используемых в стоматологии. Цель написания данной статьи – описание применения современной лазерной терапии при лечении осложненного кариеса. Показаны преимущества обработки корневых каналов с помощью лазеров. Приведены противопоказания для применения лазера в стоматологии. Описана методика фотоактивируемой дезинфекции при эндодонтическом лечении корневых каналов. Приведена систематизация используемых фотосенсибилизаторов.*

**Ключевые слова:** лазеры, лазер Ezlase, обработка корневых каналов лазером, фото активируемая дезинфекция корневых каналов, фотоактиваторы, противопоказания для лазерной терапии в стоматологии.

T. N. Manak, P. N. Isapur, L. I. Paly

## USE OF THE LASER IN ENDODONTIYA

*The article presents the description of modern lasers used in dentistry. The purpose of this article is a description of the use of modern laser therapy in the treatment of complicated caries. Advantages of root canal treatment using lasers are showed as well as a contraindications for laser applications in dentistry. The technique of photoactivated disinfection of endodontic treatment of root canals is described. Also showed a systematization of photosensitizers used.*

**Key words:** lasers, the Ezlase laser, root canal retreatment laser, photo-activated disinfection of root canals, photoactivity, contraindications for laser therapy in dentistry.

**П**роблема эндодонтического лечения известна каждому практикующему стоматологу. Не взирая на внедрение новейших технологий, эндодонтических инструментов и материалов, на практике наблюдается высокий

процент осложнений после проведенного эндодонтического лечения. Новые методы исследования, такие как электронная микроскопия или микробиологические пробы, подтверждают, что эффективно очистить систему корневых кана-

лов за счет только механического удаления инфицированного дентина и некротизированных остатков пульпы не возможно, вне зависимости от использования ручных или ротационных инструментов [12, 13, 22, 23]. Поэтому дезинфекцию корневых каналов следует рассматривать как важнейший этап эндодонтического лечения, в значительной степени влияющий на благоприятный исход. Биологические факторы, такие как сложность корневой морфологии зуба, а также внутриканальная биопленка, заставляют вести поиск новых эффективных методов очистки корневых каналов. Проблема их качественной ирригации выходит на первый план [1, 5, 8, 26].

Все ирригационные техники на сегодняшний момент можно разделить на 5 групп (Van der Sluis, 2007):[15]

- ручная;
- ультразвуковая;
- звуковая (EndoActivator);
- лазерная
- гидродинамическая (RinsEndo, EndoVac).

Новым и интересным направлением в обработке корневых каналов является использование лазеров. Слово «лазер» (laser) – это акроним английской фразы «Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation» означающего «усиление света с помощью стимулированного излучения». Лазер – источник яркого луча света одной длины волны, который расширяется при удалении его от источника. Впервые, в 1939 году, советским физиком В. А. Фабрикантом было заявлено о возможности и условиях получения когерентного оптического излучения. Затем, последовали долгие годы исследований, и только в 1960 году был создан рубиновый лазер. Его со-

здателем стал американский физик Теодор Мейман. В конце 1960 года американские физики А. Джаван, У. Беннет и Д. Эрриотт создали гелий-неоновый лазер. В эндодонтии применение лазеров изучалось с 1970 годов, но широко использовать лазер стали с 1990 годов. С момента изобретения лазера появляются всё новые его виды. В стоматологии применяют лазеры, в которых в качестве порождающей луч среды используются двуокись углерода (CO<sub>2</sub>), эрбий (Er:YAG.) и неодим (Nd:YAG) в соединении с различными веществами (например, сочетания иттрия, алюминия и граната (YAG); иттрия, скандия, галлия и граната (YSGG); а также лазеры аргонового, диодного и эксимерного типов). Все они генерируют свет с определенной длиной волны. Лазеры, используемые в стоматологии, работают в инфракрасном, видимом и ультрафиолетовом диапазоне электромагнитного спектра (рис. 1).

Свет лазеров обладает особыми качествами:

- Монохроматичность ( состоит из одной длины волны)
- Однофазность (синхронны точки минимумов и максимумов волн)
- Высокая интенсивность
- Направленность (волны идут параллельно друг другу)

### **Классификация лазеров по техническим характеристикам [15]**

#### **I. По типу рабочего вещества**

- Газовые (аргоновый, криптоновый, гелий-неоновый, CO<sub>2</sub>-лазер; группа эксимерных лазеров).
- Лазеры на красителях (жидкостные). Рабочее вещество представлено органическим растворителем (метанол, этанол или этиленгликоль), в котором растворены химические красители, такие как кумарин, родамин и др. Конфигурация молекул красителя определяет рабочую длину волны.
- Лазеры на парах металлов: гелий-кадмиевый, гелий-ртутный, гелий-селеновый лазеры, лазеры на парах меди и золота.
- Твердотельные. В данном типе излучателей в качестве рабочего вещества выступают кристаллы и стекло. Типичные используемые кристаллы: иттрий-алюминиевый гранат (YAG), иттрий-литиевый фторид (YLF), сапфир (оксид алюминия) и силикатное стекло. Сплошной материал, как правило, активируется добавкой небольшого количества ионов хрома, неодима, эрбия или титана. Примеры наиболее распространенных вариантов – Nd:YAG, титан-сапфир, хром-сапфир (из-

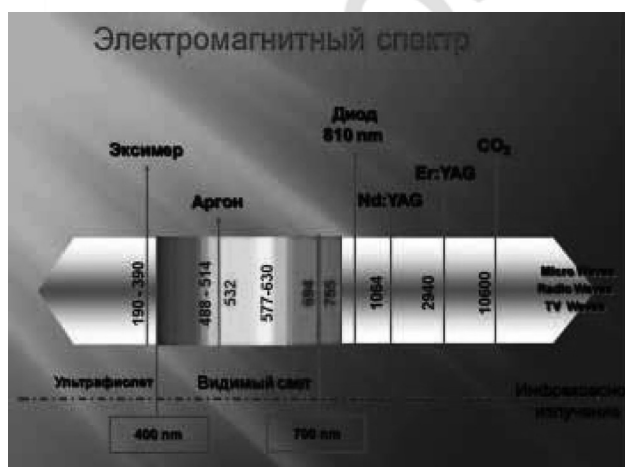


Рис. 1. Электромагнитный спектр света и лазеры. [29]

вестный также как рубин), легированный хромом стронций-литий-алюминиевый фторид (Cr:LiSAI), Er:YLF и Nd: glass (неодимовое стекло).

- Лазеры на основе полупроводниковых диодов.

**II. По способу накачки лазера**, т. е. по пути перевода атомов рабочего вещества в возбужденное состояние

- **Оптические.** В качестве активирующего фактора используется электромагнитное излучение, отличное по квантовомеханическим параметрам от того, которое генерирует аппарат (другой лазер, лампа накаливания и др.)

- **Электрические.** Возбуждение атомов рабочего вещества осуществляется за счет энергии электрического разряда.

- **Химические.** Для накачки этого вида лазеров используется энергия химических реакций.

**III. По мощности генерируемого излучения**

- **Низкоинтенсивные.** Генерируют мощность светового потока порядка милливат. Применяются для проведения физиотерапии.

- **Высокоинтенсивные.** Генерируют излучение с мощностью порядка ват. В стоматологии применяются достаточно широко и могут быть использованы для препарирования эмали и дентина, отбеливания зубов, хирургического воздействия на мягкие ткани, кость.

- **Среднеинтенсивные.** Применяют в косметологии.

Классификация лазеров по области практического применения

- **Терапевтические.** Представлены, как правило, низкоинтенсивными излучателями, используемыми для физиотерапевтического, рефлексо-терапевтического воздействия, лазерной фотостимуляции, фотодинамической терапии. К этой группе можно отнести диагностические лазеры.

- **Хирургические.** Высокоинтенсивные излучатели, действие которых основано на способности лазерного света рассекать, коагулировать и аблировать (выпаривать) биологическую ткань.

- **Вспомогательные** (технологические). В стоматологии применяются на этапах изготовления и ремонта ортопедических конструкций и эндодонтических аппаратов.

### **Классификация высокоинтенсивных лазеров, используемых в стоматологии**

Тип I: Аргонный лазер, используемый для препарирования и отбеливания зубов.

Тип II: Аргонный лазер, применяемый при операциях на мягких тканях.

Тип III: Nd: YAG, CO<sub>2</sub>, диодные лазеры, применяемые при операциях на мягких тканях.

Тип IV: Er: YAG-лазер, предназначенный для препарирования твердых тканей зуба. В эндодонтии использовался одним из первых.

Тип V: Er, Cr: YSGG-лазеры, предназначенные для препарирования и отбеливания зубов, эндодонтических вмешательств, а также для хирургического воздействия на мягкие ткани. По химической структуре рабочее вещество представляет собой иттрий-скандий-галлиевый гранат, модифицированный атомами эрбия и хрома. Рабочая длина волнового типа излучателей 2780 нм.

Применение лазеров в эндодонтии способствует оптимальной обработке корневого дентина, благодаря лучшему проникающему эффекту лазерного луча в дентинные трубочки [3, 5, 8, 9, 10, 11].

Низкоинтенсивное лазерное излучение оказывает влияние на физиологические процессы на уровне организма, Механизм реализации терапевтического эффекта низкоинтенсивного лазерного излучения на разных уровнях организации биологических систем[11] можно представить следующим образом:

**На атомно-молекулярном уровне:** поглощение света тканевым фотоакцептором → внешний фотоэффект → внутренний фотоэффект и его проявления:

- возникновение фотопроводимости;
- возникновение фотоэлектродвижущей силы;
- фотоэлектрический эффект;
- электролитическая диссоциация ионов (разрыв слабых связей);
- возникновение электронного возбуждения;
- миграция энергии электронного возбуждения;
- первичный фотофизический эффект;
- появление первичных фотопродуктов.

**На клеточном уровне:**

- изменение энергетической активности клеточных мембран;
- активация ядерного аппарата клеток, системы ДНК-РНК-белок;
- активация окислительно-восстановительных, биосинтетических процессов и основных ферментативных систем;
- увеличение образования макроэргов (АТФ);
- увеличение митотической активности клеток, активация процессов размножения.

На клеточном уровне реализована уникальная способность лазерного света – восстанавли-

вать генетический и мембранный аппарат клетки, снижать интенсивность перекисного окисления липидов, обеспечивая антиоксидантное и протекторное действие.

**На органном уровне:**

- понижение рецепторной чувствительности;
- уменьшение длительности фаз воспаления;
- уменьшение отека и напряжения тканей;
- увеличение поглощения тканями кислорода;
- повышение скорости кровотока;
- увеличение количества новых сосудистых коллатералей;
- активация транспорта веществ через сосудистую стенку.

**На уровне целостного организма** (клинические эффекты):

противовоспалительный, противоотечный, фибринолитический, тромболитический, миорелаксирующий, нейротропный, анальгезирующий, регенераторный, десенсибилизирующий, иммунокорректирующий, улучшение регионального кровообращения, гипохолестеринемический, бактерицидный и бактериостатический.

Световой поток высокой интенсивности при взаимодействии с тканями вызывает  $t[3]$  термический эффект, который зависит от его мощности и может вызывать последовательно ряд изменений в тканях:

- Коагуляцию
- Ожог
- Обугливание
- Сгорание
- Испарение

При взаимодействии с живой тканью, содержащей воду, происходит её вскипание с явлениями микровзрывов, отмечается давление образованных паров на ткань. При этом суммируется давление света и паров и формируется общее ударное воздействие лазерного излучения. Механизм взаимодействия высокоинтенсивного лазерного излучения с тканями зависит от вида и состояния ткани организма (на которую оказывается световое излучение): её плотности, состава, степени водонасыщаемости, состояния поверхности (цвет, гладкость), теплопроводности, теплоемкости, акустических, механических, физико-химических свойств, микроструктуры (гетерогенность и гомогенность) и других. Степень поглощения светового потока тканью определяется длиной волны лазера и функциональным состоянием ткани. Первичные эффекты излучения высокоинтенсивных лазеров вызывают

в тканях вторичные эффекты: акустические (высокая температура с парообразованием вызывает микровзрывы) сопровождающиеся расщеплением и вибрацией, включая ультразвуковые колебания, ударные волны, явления электрострикции и другие, оказывающие на ткани определенное биологическое действие. Важные свойства ткани при взаимодействии с лазером: содержание воды, меланина, гемоглобина. Свет лазера поглощается входящим в состав биологической ткани веществом: хромофором. Им могут быть пигменты (меланин), кровь, вода и другие. Каждый тип лазера рассчитан на свой хромофор, энергия лазера калибруется, учитывая свойства хромофора и область применения самого лазера. [3]

Лазерные технологии открывают новое перспективное направление в лечении тканей периодонта, кариеса и его осложнений. Сегодня доступны лазеры с широким диапазоном характеристик, и поэтому возможно их многообразное применение в различных областях стоматологии. [10, 12, 13, 15, 18, 19, 23, 24, 26–33, 36]. Среди их преимуществ перед другими техниками:

- полная нейтрализация жизнедеятельности микрофлоры, как аэробной, так и анаэробной;
- оперативное устранение болевых симптомов
- пломбирование каналов выполняется одновременно с лазерной стерилизацией
- эффективное высушивание канала
- отличный гемостаз
- пульпэктомия
- запечатывание боковых канальцев в системе корневых каналов (за счет оплавления ткани и образование стекловидной поверхности канала).

Все вышеперечисленное влияет на благоприятный конечный результат лечения. В многочисленных исследованиях зарубежных авторов отмечается высокая антибактериальная и противовоспалительная активность лазерных излучений [28, 29, 30–33]. Эрбиевый лазер на сегодняшний день завоевал прочные позиции в медицине в целом, и при одонтопрепарировании в эндодонтии в частности. Доказано что энергия эрбиевого лазера имеет более эффективные показатели поглощения водой чем, например, энергия углекислого лазера. Это расширяет диапазон глубин коагуляции и, следовательно, обеспечивает более широкий спектр процедур [2, 4,



21, 25]. Лучи эрбиевого лазера, также имеют высокий коэффициент поглощения в кристаллах гидроксиапатита, что, в том числе, позволяет использовать его для работы с твёрдыми тканями зуба и интрукорневым дентином.

Диодный лазер с длиной волны 940 нм позволяет в максимальной степени поглощать энергию лазера гемоглобином и оксидом гемоглобина, что благоприятно для гемостаза. При этом коэффициент поглощения энергии лазера водой остается высоким, что позволяет осуществлять эффективные разрезы тканей, пульпэктомии [10, 22, 27].

Недостатком данных лазеров является:

- возможный перегрев окружающих тканей
- невозможно использовать лазер в корневых каналах с трещинами, широкими верхушками корневых каналов.

Характеристика диодного лазера Ezlase. Длина волны:  $940 \pm 15$  нм

- Точность установки мощности:  $\pm 10\%$
- Режимы подачи мощности: Постоянное излучение, серия импульсов или одиночные импульсы

- Длительность импульса: 0,06 мс – 10 с
- Межимпульсный интервал: 0,06 мс – 10 с
- Частота импульсов: до 10 кГц
- Диаметр оптического волокна: 200, 300, 400 мкм

- Длина оптического волокна: 1,5 метра
- Нацеливание: красный светодиод, 630–670 нм, максимальная мощность 3 мВт
- Диапазон мощностей: 0–7 Вт

В конструкции аппарата в качестве источника видимого инфракрасного излучения используется полупроводниковый диод. Излучение проходит к обрабатываемому участку по гибкому волокну, которое с одной стороны подсоединено к источнику излучения, а с другой соединяется с наконечником. Существенными для эндодонтии преимуществами этих лазеров являются возможность удаления смазанного слоя дентина, устранения бактерий и уменьшения апикального микроподтекания. Диодные лазеры действуют по фототермическому принципу. Термическое воздействие на ткани зависит от режима облучения и настроек лазера.

В апикальной трети канала после облучения с помощью диодного лазера наблюдаются чистые стенки и герметизация дентинных канальцев, свидетельствующая о расплавлении

и рекристаллизации дентина [23]. В целом близкий к инфракрасной части спектра свет с такой длиной волны, как 1064 и 980 нм, способствует расплавлению и рекристаллизации дентина, а следовательно, и герметизации дентинных канальцев. [23, 34, 35]. Излучение диодного лазера обладает потенциальным антибактериальным эффектом. В большинстве случаев этот эффект напрямую связан с количеством энергии лазера. Диодный лазер с длиной волны 810 нм и мощностью 0,6 Вт, на выходе при работе в режиме непрерывного излучения уменьшал количество бактерий на 88,38%. Диодный лазер с длиной волны 980 нм сокращал количество бактерий *E. faecalis* на 77–97% при мощности 1,7, 2,3 и 2,8 Вт. Эффективность устранения бактерий напрямую связана с количеством энергии и толщиной дентина [23].

Преимущества диодных лазеров: [15]

- компактность
- отсутствие высокого напряжения в источниках питания
- отсутствие нужды в заземлении
- небольшая потребляемая мощность
- отсутствие хрупких стеклянных элементов
- легкость регулирования параметров (частоты следования импульсов, межимпульсный интервал, диапазон мощности, режимы подачи мощности)
- надежность и долговечность
- сравнительно невысокая цена и рыночная доступность

**Лазер (Nd:YAG) неодимовый** – применяется в эндодонтии одним из первых. Работает в постоянном или импульсном режиме. Излучает инфракрасные волны длиной волны 1064 нм. Для работы в корневом канале используется световод из оптоволокну диаметром 200–400 мкм. В корневом канале работает в контактном режиме. После обработки стенок канала лазером Nd:YAG на них можно видеть расплавленный дентин зернистой или гладкой текстуры. Небольшие участки покрыты смазанным слоем дентина. На некоторых участках можно наблюдать герметизацию дентинных канальцев за счет расплавления дентина, а также отложения минеральных компонентов [23, 34, 35]. За счет этого существенно снижается проницаемость дентина. Световод направляет лучи лазера вдоль стенок корневого канала, а не непосредственно на них, поэтому некоторые участки остаются недообработанными.

ми, а основное действие лазера сконцентрировано у области апекса. Эффективное устранение бактерий важно в успехе эндодонтического лечения. Нежелательные морфологические изменения, например обугливание и образование трещин, происходят лишь при высокой энергии излучения. Это невозможно при соблюдении режимов работы с лазером. При работе лазером в канале происходит нагрев тканей, на степень которого влияют: уровень энергии, время обработки и режим облучения. Повышение температуры более чем на 10 °С в минуту может привести к повреждению тканей периодонта, например некрозу и анкилозу. Повышение температуры внешней поверхности корня после облучения лазером Nd:YAG при следующих параметрах: энергия 50, 80 и 100 мДж при 10, 20 и 30 импульсах в секунду, давало повышение температуры менее чем на 10 °С. [23, 34]. Отмечено, что при облучении, температура внутри канала существенно повышалась в области апекса, эффективно уничтожая бактерии. Мощность 1,5 Вт и частота 15 Гц являются безопасными параметрами лазера Nd:YAG с точки зрения температуры и морфологических изменений корневого канала [23, 35]. Поэтому лазер Nd:YAG в стоматологии в основном применяется для устранения микробных колоний в системе корневых каналов. Лазер Nd:YAG оказался эффективным против *Bacillusstearothermophilus*, *Streptococcusfaecalis*, *Escherichiacoli*, *Streptococcusmutans*, *Streptococcussanguis*, *Prevotella intermedia* и специфичного микроорганизма, устойчивого к традиционному эндодонтическому лечению, *E. faecalis* [23]. Антибактериальное воздействие лазера Nd:YAG распространяется в дентине на глубину 1000 мкм [23].

Введен в использование зеленый лазерный луч видимого спектра света (КТР, неодимовый дубликат 532 нм). Использование гибкого оптического волокна размером 200 мкм позволяет использовать его в эндодонтии для обеззараживания канала. Применение такого лазера дало положительный результат.

В эндодонтии лазер может использоваться самостоятельно (с целью пульпэктомии), а также как средство фотоактивируемой дезинфекции корневых каналов, которая является одной из наиболее перспективных эндодонтических процедур. Она эффективна против всех микроорганизмов, обычно выявляемых в системе кор-

невых каналов, включая *Enterococcusfaecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Porphyromonas*, *Bacteroides*, которые обычно, плохо поддаются воздействию других химических ирригантов. [12, 14, 22]. Характерным отличием лазеров является стойкий антибактериальный эффект.

Фотодинамическая терапия – термин имеет множество синонимов: фотоактивируемая дезинфекция (ФАД), или бактериотоксическая терапия (БТТ), или антибактериальная фотодинамическая терапия (АФТ), или светоактивируемая дезинфекция (САД). Термин фотодинамическая реакция впервые был введен Н. VonTarreinerв 1904 году. [5]

Метод фотодинамического воздействия основан на сочетании применения лазера с определенной длиной волны и веществ, называемых фотосенсибилизаторами, которые в свою очередь обладают избирательной чувствительностью к излучению в определенном диапазоне с определенной длиной волны. Катализатором реакции между фотосенсибилизатором и длиной волны выступает присутствующий в живых биологических тканях кислород. При активации фотосенсибилизатора он переходит в синглетный кислород, способный поражать бактериальную клетку и инактивировать бактериальные токсины. Затем идет деградация важнейших протеинов и молекул ДНК микробов. [1, 5, 7, 12, 18]. Фотосенсибилизатор обладает способностью селективно накапливаться в энергодефицитных микробных клетках.

Антимикробная эффективность метода зависит от:

- вида и концентрации фотосенсибилизатора
- длины волны лазера
- формы и организации микроорганизмов и их локализации.

Научно доказана высокая активность данного метода в отношении взвешенных форм микроорганизмов и микробной биопленки [5, 6, 13, 15, 16, 22, 25, 26].

В ряде работ описано эффективное антибактериальное действие ФАД как в отношении взвешенных культур, так и в отношении микробной биопленки [6, 12, 22, 26]. Ключевым моментом данной методики является прямой контакт молекул фотосенсибилизатора с патогенной клеткой, его пенетрация внутрь бактериальной биопленки. Классификация фотосенсибилизаторов представлена в таблицах 1, 2, 3.

Таблица 1. Классификация фотосенсибилизаторов по M. Wainwright [7, 7].

Химическая группа фотосенсибилизаторов	Химическая подгруппа	Представители
Фотосенсибилизаторы относящиеся к катионным азидам	Фенотиазины	Метиленовый синий, толуидиновый синий
	Феназины	Нейтральный красный
	Акридины	Профлавин, акридиновый оранжевый, аминакридин, этакридин.
Цианины и мероцианин 540		Пирвиниум, стилбазиум
Макроциклические фотосенсибилизаторы	Порфирины	Гематопорфирин, бензопорфирин
	Фталоцианины=тетрабензотетраазапорфирины	Al-фталоцианин, Ga-фталоцианин, Zn-фталоцианин
Природные фотосенсибилизаторы	Псоралены=фуранокумарины	Аминометилтриметил псорален
	Периленквиноидные пигменты	Гиперидин, экстракт <i>Hypocrellabambusae</i> , содержащий гипокрелин
	Другие фотосенсибилизаторы природного происхождения	Терфиофены, бензофенан-тридины

Таблица 2. Классификация фотосенсибилизаторов Ebermann et al. [7, 27]

Химическая группа фотосенсибилизатора	Представители
Продукты распада хлорофилла	Хлорин
Продукты распада хинонов	Церкоспорин
Продукты распада атрахинонов	Фагопирин, Гиперецин
Псоралены	9-метоксипсорален

Таблица 3. Максимум абсорбции фотосенсибилизаторов. [7, 27]

Тип фотосенсибилизатора	$\lambda_{max}$ (нм)
Фенотиазины	620–660
Феназины	500–550
Акридины	400–500
Цианины	500–600
Порфирины	600–650
Фталоцианины	660–700
Псорален	300–380
Периленхиноноид	600–650

В качестве фотосенсибилизаторов чаще всего выступают соединения, спектр поглощения которых лежит в видимой и ультрафиолетовой областях спектра. Они способны переходить в длительно существующее триплетное состояние после возбуждения светом. Идеальный фотосенсибилизатор должен быть не токсичным и проявлять максимальную активность только после его активации светом. На сегодняшний день известно более 1000 соединений, способных выступать в качестве фотосенсибилизаторов [7, 18, 19, 21].

Наиболее распространенные комбинации фотосенсибилизатор/лазер следующие:

- Хлорид толониума (толуидиновый синий) – длина волны 635 нм.
- Радохлорин, ООО «РАДА-ФАРМА», Россия, патент РФ № 2183956.

- Фотолон, Фотодитазин ОАО «БЕЛМЕДПРЕПАРАТЫ», рег. № ПН 015948/01, республика Беларусь; метиленовый синий, длина волны 620–660 нм.

- Фотодитазин Россия, рег. удост. № ФС 012а 2006/4192-06, с полупроводниковым лазером, длина волны 620–670 нм.

- Диагиперон (диалек) – длина волны 660–665 нм.

- Хлорофиллипт, 20% настойка листьев эвкалипта, геленофиллипт – длина волны 650–690 нм.

- Профлавин, акриловый оранжевый, аминакридин, этакридин – длина волны 400–500 нм.

- Пирвиниум, стилбазиум – длина волны 500–600 нм.

- Нейтральный красный – длина волны 500–550 нм.

- Гематопорфирины, бензопорфирины – длина волны 600–650 нм.

- Гиперецин, экстракт *Hypocrellabambusae*, содержащий гипокрелин – длина волны 600–650 нм.

- Аллюминий фталоцианин, силикон фталоцианин – длина волны 660–700 нм.

Основной функцией фотосенсибилизаторов является поглощение лазерного луча в видимом невооруженным глазом красном спектре [11, 18, 19, 20, 25]. Для эффективного нивелирования патогенов выходные параметры лазера должны быть порядка 25 J/cm<sup>2</sup> до 200 mW. Время воздействия от 60 до 120 секунд.

#### Противопоказания для лазерной терапии в стоматологии: [15]

##### Абсолютные:

- сниженная свертываемость крови
- кровотечения
- заболевания крови

**Относительные:**

- все формы лейкоплакии, а также явления пролиферативного характера на слизистой оболочке рта (папилломатоз, ограниченный гиперкератоз, ромбовидный глоссит);

- тяжело протекающие заболевания сердечно-сосудистой системы,

- гипертоническая болезнь III стадии, гипотония;

- выраженная и тяжелая степень эмфиземы легких;

- туберкулез;

- злокачественные опухоли;

- доброкачественные опухоли при локализации в области головы и шеи;

- тяжелая степень сахарного диабета в некомпенсированном состоянии;

- состояние после инфаркта миокарда в течение 6 месяцев

- склероз с выраженным нарушением мозгового кровообращения

- острые нарушения мозгового кровообращения

- печеночная и почечная недостаточность, в стадии декомпенсации

- первая половина беременности

Ирригация каналов традиционным способом требует больших временных затрат, не дает стойкий и длительный результат. Применение лазера дает стойкий, длительный эффект. Благодаря гидрокинетической энергии лазера обработка канала занимает меньше времени. Удаление смазанного слоя более эффективно. Происходит стерилизация корневых каналов. Лазерный луч проникает во все дентинные каналы.

Глубина проникновения в дентинные каналы представлена в таблице № 4 [23, 27, 34, 35]

**Таблица 4. Глубина проникновения в дентинные каналы**

Химические вещества	Бактерии	Лазерное излучение
100 мкм	1000 мкм	1000 мкм
Berutti et.al 1997 г.	Kouchi et.al 1980 г.	Moritz et.al 2000 г.

Как видно из таблицы химические вещества способны проникать на небольшую глубину, порядка 100 мкм, в то время как микробы способны проникнуть в более глубокие слои, до 1000 мкм, на эту же глубину способен проникать и лазерный луч.

Лазер оказывает антибактериальное, биостимулирующее воздействие, ускоряет заживление.

При эндодонтическом лечении лазер позволяет минимизировать апикальное микроподтекание, эффективно воздействует на резистентные микроорганизмы и внешнюю биопленку верхушки корня, убыстряет восстановление периапикальных тканей. Очевидно, что лазерное излучение стоит широко внедрять для эндодонтического лечения корневых каналов зуба. Применение лазера не занимает много времени. Процедура легко выполняется с помощью оптоволоконных световодов. Оптоволоконно легко достигает апикальной трети корневого канала даже в зубах с выраженным изгибом корней. Энергия лазера оказывает воздействие, как на дентин, так и на периапикальные ткани. Обработку корневого канала лазером следует проводить в соответствии со следующими основными принципами: канал необходимо увлажнить, световод направлять вращательными движениями от коронки к апексу, стенки канала обрабатывать в контактном режиме. Параметры энергии и режим облучения, зависят от длины волны. [23]

**Научные основы использования лазеров в эндодонтии [37]**

- Отражение лазерного света тканью. Отражение – свойство пучка лазерного света падать на цель и отражаться на рядом расположенные объекты.

- Поглощение лазерного света тканью. Поглощенный лазерный свет трансформируется в тепловую энергию. На поглощение влияют длина волны, содержание воды, пигментация и тип ткани.

- Рассеивание лазерного света тканью. Рассеянный лазерный свет излучается повторно в случайном направлении и в конечном счете поглощается в большом объеме с менее интенсивным тепловым эффектом. На рассеивание влияет длина волны.

- Передача лазерного света тканью. Передача – это свойство лазерного луча проходить через ткани, не обладающие свойством поглощения, и не оказывать при этом повреждающего действия.

Границы применения лазера в стоматологии постоянно расширяются. Несмотря на то что, научная литература обладает данными об эффективности использования лазера, его практическое применение в эндодонтии пока весьма ограничено. В настоящее время, в условиях по-



стоянно возрастающей устойчивости патогенов к действию местных антисептиков, лазеротерапия заслуживает пристального внимания со стороны стоматологов, т. к. может стать хорошим подспорьем в каждодневной эндодонтической практике.

### Литература

1. Болячин, А. В. Основные принципы и методы ирригации системы корневого канала в эндодонтии / А. В. Болячин, Т. С. Беляева // Клиническая эндодонтия. – 2008. – Т. 2, № 1–2. – С. 45–51.
2. Бондаренко, В. М., Николаева Е. В., Кузиков А. Н., Коновалова Г. Н., Лихачева Е. В. Эффект фотодинамического воздействия металлокомплексов производных хлорина Е6 на условно-патогенные бактерии с использованием сверхярких светодиодов «холодного» белого света. Лазерная медицина 2008; 12: 26–30.
3. Бургонский, В. Г. Теоретические и практические аспекты применения лазеров в стоматологии / В. Г. Бургонский // Современная стоматология. – 2007. – № 1. – С. 10–15.
4. Зуева, И. А. Особенности антимикробного и противовоспалительного эффектов инфракрасного лазерного излучения в режиме постоянно меняющихся частот при быстро прогрессирующем пародонтит е// Дис. канд. мед. наук. М., 2003, 119 с.
5. Казеко, Л. А., Федорова И. Н. Методы дезинфекции корневых каналов зубов. Минск, 2009. – 40 с.
6. Кувшинов, А. В. Основные механизмы фотодинамической терапии. / А. В. Кувшинов, С. А. Наумович // Современная стоматология. – 2012. – № 1. – С. 18–22.
7. Курочкина, А. Ю. Классификации фотосенсибилизаторов антимикробной фотодинамической терапии заболеваний периодонта / А. Ю. Курочкина, В. Ю. Плавский, Н. А. Юдина // Медицинский журнал. – 2010. – № 2. – С. 131–133.
8. Максимовский, Ю. М. Необходимость применения медикаментозных препаратов при эндодонтическом лечении / Ю. М. Максимовский и др. // Новое в стоматологии. – 2001. – № 6. – С. 46–53.
9. Мамедова, Л. А., Хасанова Е. В. Опыт применения диодного лазера в эндодонтии // Материалы XVII и XVIII Всероссийских научно-практических конференций и I Обще-европейского стоматологического конгресса. – М., 2007. – С. 29–30.
10. Мамедова, Л. А., Дмитриева Н. А., Хасанова Е. В. Эффективность применения диодного лазера при лечении хронических периодонтитов // Военно-медицинский журнал. – 2008. – Т. СССХХХ. – № 4. – С. 66.
11. Миронов, А. Ф. Фотосенсибилизаторы на основе парфоринов и родственных соединений / А. Ф. Миронов // Итоги науки и техники. Совр. пробл. лаз. физ. М.: ВИНТИ, 1990. – Т. 3. – С. 5–62.
12. Наумович, С. А. Фотодинамическая терапия в лечении заболеваний периодонта (экспериментальное исследование) / С. А. Наумович, А. В. Кувшинов // Медицинский журнал. – 2007. – № 1. – С. 71–75.
13. Наумович, С. А., Берлов Г. А., Батище С. А. // Лазеры в биомедицине: М-лы междунар. конф. – Мн., 2003. – С. 242–246.
14. Наумович, С. А., Ляндрес И. Г., Батище С. А., Людчик Т. Б. // Лазеры в биомедицине: М-лы междунар. конф. – Мн., 2003. – С. 199–203
15. Наумович, С. А. Применение лазерных технологий в стоматологии / С. А. Наумович, А. В. Кувшинов, А. П. Дмитроченко и др. // Современная стоматология. – 2006. – № 1. – С. 4–13.
16. Наумович, С. А. Клиническое обоснование применения метода фотодинамической терапии в комплексном лечении заболеваний периодонта / С. А. Наумович, Т. В. Трухачева, А. В. Кувшинов // Современная стоматология. – 2012. – № 2. – С. 83–88.
17. Нисанова, С. Е. Микробиологический контроль эффективности использования растворов гипохлорита натрия, различной концентрации при лечении периодонтита / С. Е. Нисанова, О. А. Георгиева, Д. С. Иванов // Эндодонтия today. – 2007. – № 2. – С. 24–26.
18. Плавский, В. Ю. Перспективы использования полупроводниковых лазеров и сверхярких световодов для антимикробной фотодинамической терапии. Полупроводниковые лазеры и системы на их основе: сб. статей 7-го Белорусско-Российского семинара. 1–5 июня 2009 / В. Ю. Плавский [и др.]. Минск: Институт физики НАН Беларуси, 2009. – С. 239–242.
19. Плавский, В. Ю., Мостовников В. А., Мостовникова Г. Р. и др. // Лазерно-оптические технологии в биологии и медицине. М-лы междунар. конф. – Мн., 2004. – С. 62–72.
20. Плавский, В. Ю. Фотодинамическая активность лекарственных препаратов на основе экстрактов эвкалипта. Материалы научно-практической конференции «Лазерная медицина XXI века», 9–10 июня 2009 г. / В. Ю. Плавский др. М.: ФГУ «государственный научный центр лазерной медицины», 2009. – С. 154.
21. Полонейчик, Н. М. Применение лазера при эндодонтическом лечении / Н. М. Полонейчик, Т. Н. Манак, Г. Г. Чистякова // Стоматологический журнал. – 2009, № 4. – С. 367–370.
22. Рисованная, О. Н. Экспериментально-клиническое обоснование бактериотоксической светотерапии воспалительных заболеваний тканей пародонта // Диссертация на соискание ученой степени доктора медицинских наук. – 2005. – 324 с.
23. Сельма Кристина Кури Камарго. Антибактериальное воздействие лазеров в эндодонтии. Roots № 1, 2011.
24. Тарасенко, С. В., Тарасенко И. В. Использование ER:YAG лазера в стоматологии / Материалы IV Российского научного форума «Стоматология 2004». – М., 2004. – С. 147–148.
25. Улащик, В. С., Мостовников В. А., Мостовникова Г. Р. и др. Междунар. конф. «Лазеры в медицине»: Сб. статей и тезисов. Вильнюс, 1995.
26. Хасанова, Е. В. Сравнительная характеристика методик подготовки корневого канала к obturации с применением современных технологий. // Диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук. – 2008. – 25 с.
27. Юдина, Н. А., Люговская А. В., Курочкина А. Ю. Антимикробная терапия при лечении болезней периодонта: учебно-методическое пособие. Минск: БелМАПО 2009, 44.
28. Шугайлов, И. А. Лазеры в стоматологии / И. А. Шугайлов, А. А. Максименко // Стоматолог – практик. – 2009. – № 3. – С. 34–35.

## ☆ **Обзоры и лекции**

29. *Baxter, G.D.* Therapeutic Lasers: Theory and Practice Edinburgh; New York, 1994.

30. *Bhatti, M., MacRobert A., Meghji S., Henderson B., Wilson M.*: A study of the uptake of toluidine blue O by Porphyromonas gingivalis and the mechanism of lethal photosensitization. Photochem Photobiol 68: 370–376, 1998.

31. *Grippa, R., Calcagnile F., Passalacqua A.* // J. Oral Laser Applications. 2005. V. 5, N 1. P. 45–49.

32. *Lasers in Medicine and Dentistry. Basic science and up-to-date Clinical Application of Low Energy-Level Laser Therapy*, ed. Simunovic, Grandesberg, 2000.

33. *Millson, C. E., Wilson M., MacRobert A., Bedwell J., Bown S. G.*: The killing of Helicobacter pylori by low-power la-

ser light in the presence of photosensitizer: J Med Microbiol. 245–252, 1996.

34. *Moritz, A., Beer F., Goharkhay K., Schoop U., Strassl M., Verheyen P., Walsh L. J., Wernisch J., Wintner E.*: Oral Laser Application. ISBN-10: 1850971501, Berlin, 2006.

35. *Moritz, A., Schoop U., Goharkhay K., Wernisch J., Sperr W.* Treatment of periodontal pockets with a diode laser // Lasers Surg. Med., 1998;22:302–311.

36. *Simon, A.* Low Level Laser Therapy for Wound Healing: an Update. Edmonton, 2004.

37. [Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа: <http://stomatologclub.ru/grupy/gk-farmgeokom-i-vdw-gmbh-17/stati/novaya-rubrika-394/lazery-v-endodontii-chast-i-1009>.

Поступила 7.04.2015 г.