

**Применение  
высокоэнергетического  
лазерного излучения для  
препарирования кариозной  
полости**

Выполнил Толеухан Т

СТР-107

# План

- Введение
- Лазеры и лазерные установки в стоматологии: описание, классификация и характеристики
- Действие лазеров на ткани
- Взаимодействие лазера с твердой тканью зуба
- Механизм и особенности лазерного препарирования твердых тканей зуба
- Список литературы

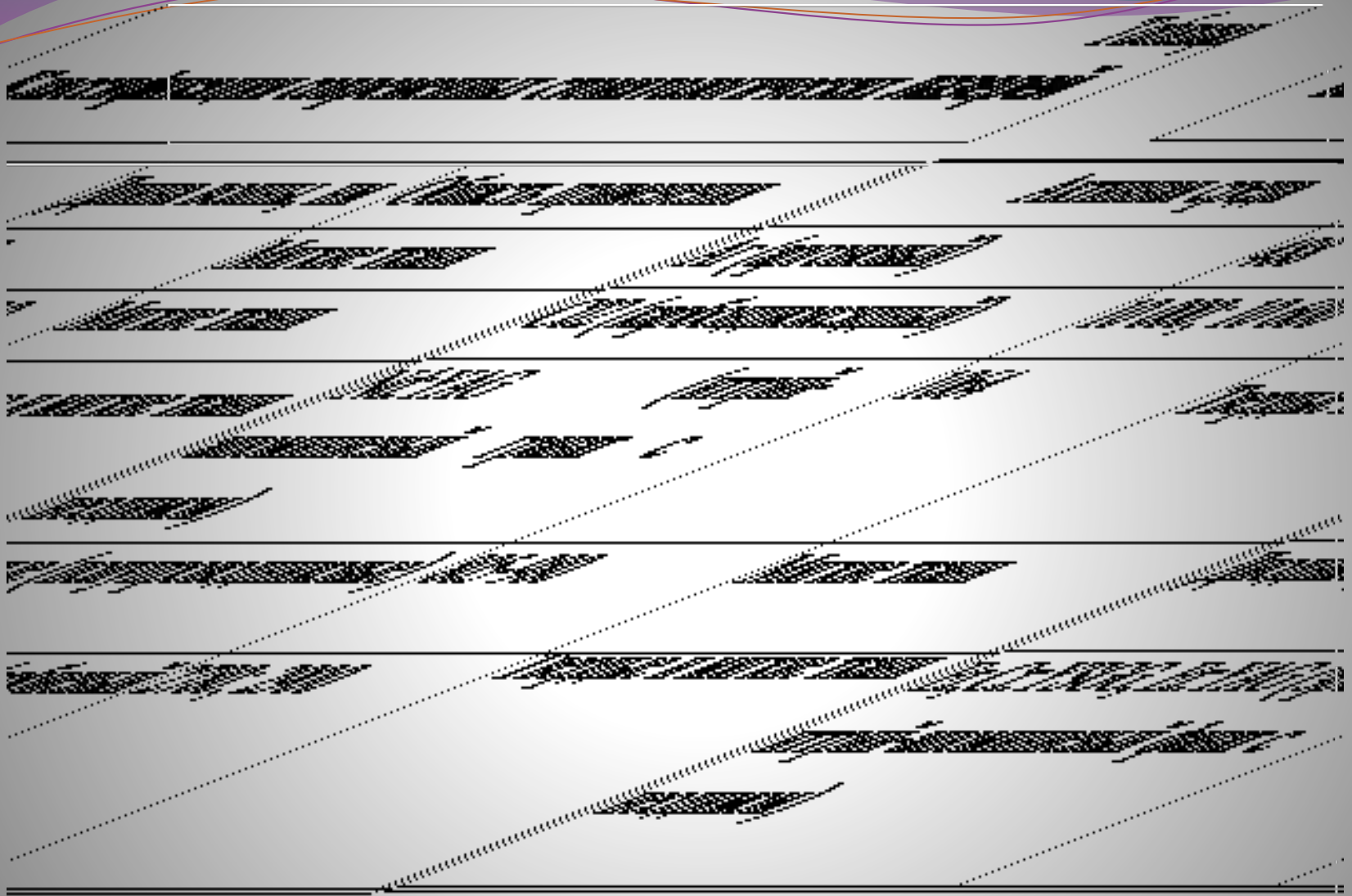
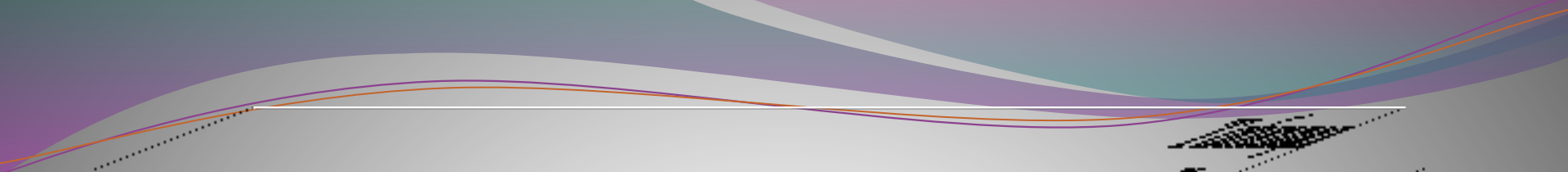
# Введение.

*В 60-е годы XX века были представлены первые лазеры для медицинских целей. С тех пор наука и техника совершили огромный скачок в развитии, позволяя использовать лазеры для огромного количества процедур и методик. В 90-е годы произошел прорыв лазеров в стоматологию, их стали использовать для работы с мягкими и твердыми тканями. В настоящее время в стоматологии лазеры используются для профилактики стоматологических заболеваний, в пародонтологии, терапевтической стоматологии, эндодонтии, хирургии и имплантологии. Применение лазеров — целесообразный метод для ежедневной помощи стоматологам во многих видах работ. Для некоторых процедур, например френулотомии, лазеры оказались настолько клинически эффективны, что стали «золотым» стандартом среди врачей. Они позволяют работать в сухом поле, что обеспечивает превосходную видимость и сокращает время операции. При использовании лазеров вероятность рубцевания очень мала, и практически не требуется применение швов. Они также обеспечивают абсолютную стерильность рабочего поля, что в большинстве случаев является абсолютной необходимостью, например при стерилизации корневого канала.*

# Лазеры и лазерные установки в стоматологии: описание, классификация и характеристики

● Лазерные устройства производят различной длины волны, которые взаимодействуют с определенными молекулярными компонентами в животных тканях. Каждая из этих волн воздействуют на определенные компоненты ткани - меланин, гемосидерин, гемоглобин, воду и другие молекулы. В медицине лазеры применяют для облучения тканей с простым лечебным эффектом, для стерилизации, для коагуляции и резекции (операционные лазеры), а также для высокоскоростного препарирования зубов. Лазерный свет поглощается определенным структурным элементом, входящим в состав биоткани. Поглощающее вещество носит название хромофор. Им могут являться различные пигменты (меланин), кровь, вода и др. Каждый тип лазера рассчитан на определенный хромофор, его энергия калибруется исходя из поглощающих свойств хромофора, а также с учетом области применения.

- Лазерные взаимодействия с кальцийсодержащими тканями были изучены, используя различные по длине волны. В зависимости от таких лазерных параметров как продолжительность импульса, разряд длина волны, глубина проникновения, выделяют следующие типы лазеров: импульсный на красителе, He-Ne, рубиновый, александритовый, диодный, неодимовый (Nd: YAG), гольдмиевый (Ho: YAG), эрбиевый (Er: YAG), углекислотный (CO<sub>2</sub>).
- В медицине лазеры применяют для облучения тканей с профилактическим или лечебным эффектом, стерилизации, для коагуляции и резки мягких тканей (операционные лазеры), а также для высокоскоростного препарирования твердых тканей зубов. Лазеры производят такие поверхностные изменения в эмали как кратерообразование, таяние и перекристаллизация.
- В стоматологии наиболее часто применяют CO<sub>2</sub> лазер для воздействия на мягкие ткани и эрбиевый лазер для препарирования твердых тканей. Существуют аппараты, совмещающие в себе несколько типов лазеров (например, для воздействия на мягкие и твердые ткани), а также изолированные приборы для выполнения конкретных узкоспециализированных задач (лазеры для отбеливания зубов).





AMD LASERS



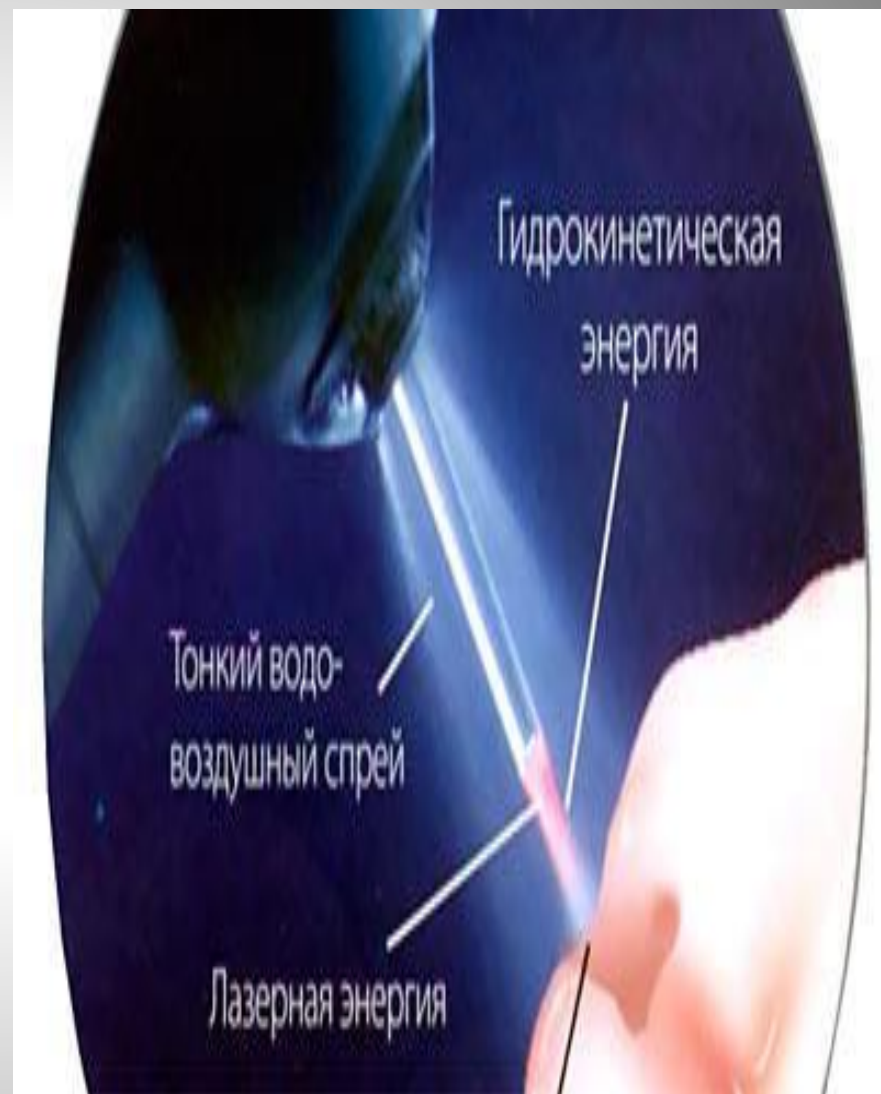




- Типичный лазерный аппарат состоит из базового блока, световода и лазерного наконечника, которым врач непосредственно работает в полости рта пациента. Для удобства работы выпускаются различные типы наконечников: прямые, угловые, для калибровки мощности и т. д. Все они оборудованы системой охлаждения вода-воздух для постоянного контроля температуры и удаления отпрепарированных твердых тканей.
- При работе с лазерной техникой должны использоваться специальные средства защиты зрения. Врач и пациент во время препарирования должны находиться в специальных очках. Следует отметить, что опасность потери зрения от лазерного излучения на несколько порядков меньше, чем от стандартного стоматологического фотополимеризатора. Лазерный луч не рассеивается и имеет очень небольшую площадь освещения ( $0,5\text{мм}^2$  против  $0,8\text{см}^2$  у стандартного световода).
- Лазер работает в режиме, посылая каждую секунду в среднем около десяти лучей. Лазерный луч, попадая на твердые ткани, испаряет тончайший слой около  $0,003$  мм. Препарирование происходит достаточно быстро, однако врач может контролировать процесс, немедленно прервав его одним движением. После препарирования лазером получается идеальная полость: края стенок закругленные, тогда как при препарировании турбиной стенки перпендикулярны поверхности зуба, и приходится после этого проводить дополнительное финирирование.
- Кроме того, полость после препарирования лазером остается стерильной, как после длительной антисептической обработки, так как лазерный свет убивает патогенную флору.

- Кроме того, полость после препарирования лазером остается стерильной, как после длительной антисептической обработки, так как лазерный свет убивает патогенную флору.

- Препарирование лазером процедура бесконтактная, компоненты лазерной установки непосредственно не контактируют с тканями - препарирование происходит дистанционно. Кроме несомненных практических преимуществ, применения лазера помогает существенно снизить себестоимость лечения. Работая лазером, можно полностью исключить из повседневных расходов боры, антисептические растворы, кислоту для протравливания эмали. Время, затрачиваемое врачом на лечение, сокращается более чем на 40%.



# Действие лазеров на ткани

- Исследования *in vitro* показали, что CO<sub>2</sub> лазерное облучение предотвращает прогрессию кариозных повреждений до 85 процентов, что является сопоставимым ежедневному применению фторосодержащей зубной пасты.
- Последующие исследования показали, что подобные эффекты характерны и для эрбиевых лазеров до 40-60 процентов, соответственно.
- Существует также устройство, которое создано на основе Er:YAG лазера - лазерная гидрокинетическая система, или ЛГКС.
- Механизм воздействия на твердые ткани этой системы заключается в "микровзрывах" воды входящей в состав эмали и дентина, при ее нагревании лучом. Процесс поглощения и нагревания приводит к микроразрушению твердых тканей и вымыванию частичек эмали и дентина из полости водно-воздушным спреем. Действие лазера на твердые ткани зуба будет подробнее рассмотрено ниже.

- В ряде исследований отпрепарированные поверхности зуба оценивают по способности их формировать прилипание с различными бондинговыми агентами.

- He-Ne и Nd:YAG системы, создают более слабую бондинговую поверхность что может быть достигнуто при кислотном протравливании. CO<sub>2</sub> лазеры приводят к изменениям в эмали, в зависимости от того, какая длина волны используется, но, вообще, бондинг к этим поверхностям превосходит таковой, который возникает при кислотном протравливании эмали. Просмотр электронной микроскопии показал, что ЛГКС делает поверхности чистыми и мажущий слой при этом не образуется.

- Температурная оценка зубов показывает, что в *in vitro* приготовленных полостях на человеческих зубах и в *in vivo* приготовленных полостях на зубах предварительно обезболенных собак не возникает никаких неблагоприятных температурных воздействий на пульпу. Патогистологические исследования в коренных зубах у животных и людей показали, что ткани пульпы не подвергаются никаким патологическим изменениям. Также не было отмечено изменений в одонтоблестах.

- Механизм действия на мягкие ткани CO<sub>2</sub>-лазера основан на поглощении водой энергии лазерного света и нагреве тканей, что позволяет послойно удалять мягкие ткани и коагулировать их с минимальной (0,1мм) зоной термонекроза близлежащих тканей и их карбонизацией.

Таблица 1. Типы лазеров, глубина проникновения и хромофоры

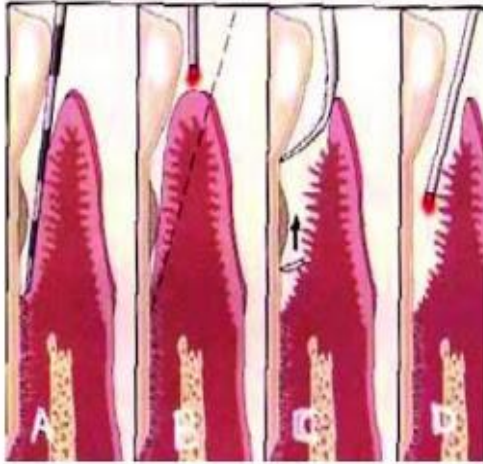
Лазер	Длина волны, нм	Глубина проникновения, мм (мм <sup>2</sup> )	Поглощающий хромофор	Типы ткани	Лазеры, используемые в стоматологии
Nd:YAG с удлинением частоты	532	1330 (1,33)	Меланин, Кровь	Мягкие	+
Импульсный на красителе	585	2000 (2,00)	Меланин, Кровь	Мягкие	+
He-Ne (гелий-неоновый)	633	4000 (4,00)	Меланин, Кровь	Мягкие, терапия	+++
Рубиновый	694	3,990 (3,99)	Меланин, Кровь		-
Александритовый	755	4320 (4,32)	Меланин, Кровь		-
Диодный	830 980	4000 (4,00) 1300 (1,3)	Меланин, Кровь	Мягкие, отбеливание	+++ +++
Неодимовый (Nd:YAG)	1064	5315 (5,31)	Меланин, Кровь	Мягкие	++
Гольдиевый (He:YAG)	2100	665 (0,66)	Вода	Мягкие	+
Зрковый (Er:YAG)	2780 2940	70 (0,07) 3 (0,003)	Вода Вода	Твердые (мягкие) Твердые (мягкие)	++ +++
Углекислотный (CO <sub>2</sub> )	9600 10600	50 (0,05) 65 (0,065)	Вода Вода	Твердые (мягкие) Мягкие	++ +++

\* глубина проникновения света  $h$  в микрометрах (миллиметрах), на которой поглощается 90% мощности падающего на биоткань лазерного света.

# Взаимодействие лазера с твердой тканью зуба

● Лазерный луч уникален тем, что сжимает энергию лазерного выхода в маленький, направленный и сфокусированный пучок высококогерентного монохромного света. Свойства лазерного луча позволяют сфокусировать его до очень маленького пятна, что позволяет достичь высочайшей плотности энергии при малой энергии импульса и даёт возможность проводить действительно уникальные процедуры. Er:YAG лазер с длиной волны 2.940 нм — лучший лазер выбора для процедур на твердых тканях зуба из-за самого высокого процента поглощения в воде и гидроксилapatите. Поглощение излучения Er:YAG лазера (2.940 нм) в эмали в 2 раза выше, чем Er:YSGG лазера (2790 нм). Экстремально высокое поглощение в воде позволяет эффективно удалять или разрезать твердые ткани при помощи микровспышек. (см. рис. 1) При направлении импульсов к маленькому пятну на тканях зуба вода в этом пятне очень быстро нагревается вплоть до испарения. Этот эффект и называется аблацией. Он приводит к удалению небольшого количества ткани-цели. Специально разработанная временная структура лазерных импульсов (технология VSP компании Fotona — Variable Square Pulsations, «прямоугольные импульсы изменяемой продолжительности») позволяет достичь очень эффективного удаления твердой ткани зуба без побочных тепловых эффектов. Обработанная поверхность остается прочной, гладкой, чистой и без трещин.

Рис. 1.  
Последовательность пародонтальной терапии, включающей лазерное воздействие:



A – измерение глубины кармана с помощью пародонтального зонда. B – лазерный кюретаж (удаление биопленки и грануляционной ткани). C – электрический (ультразвуковой) или ручной скейлинг. D – гемостаз и последующая гингивопластика с помощью лазера.

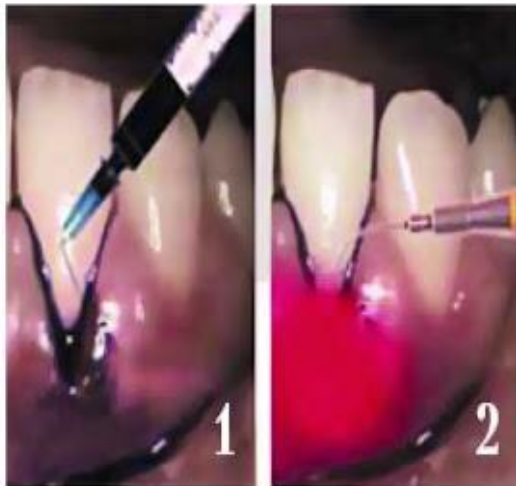


Фото 1. Апликация фотосенситазы – от дна кармана к коронке зуба.

Фото 2. Циркулярное воздействие лазером.



- В виде звездочек обозначены микровспышки, в виде кубиков – вода, в виде точек – твердые частицы.
- Исследование аблации твердой ткани зуба Er:YAG лазером показало, что имеется непосредственное и выраженное влияние длительности лазерного импульса на скорость препарирования эмали и дентина. Для эффективного препарирования эмали должны использоваться очень короткие лазерные импульсы (например, от 100 до 150 микросекунд), в то время как скорость препарирования дентина фактически одинакова при ширине импульса в диапазоне от 100 до 350 микросекунд. Скорость удаления той или иной ткани зависит от процентного содержания воды. Эмаль содержит в среднем 4% воды, в то время как дентин — 10%. Кариозный дентин содержит еще большее количество воды.
- Исходя из описанного взаимодействия Er:YAG лазерного излучения с тканями зуба необходимо выделить следующие его преимущества перед классической механической обработкой:
  - селективное воздействие на кариозноизмененный дентин;
  - высокая скорость обработки тканей;
  - улучшение адгезии пломбировочных материалов ввиду отсутствия смазанного слоя;
  - профилактический эффект фотомодификации эмали;
  - психологический комфорт пациента, возможность лечения без анестезии.



- Исследование было выполнено в AALZ (Германия).  
Средний объем, удаляемый за 10 секунд:

- Эмаль:

- PFN лазер 0,65 мм<sup>3</sup>

- VSP лазер 4,43 мм<sup>3</sup>

- Турбина 5,5 мм<sup>3</sup>

- Дентин:

- PFN лазер 1,90 мм<sup>3</sup>

- VSP лазер 4,68 мм<sup>3</sup>

- Турбина 5,3 мм<sup>3</sup>



- Для охлаждения тканей используется водно-воздушный спрей. Эффект воздействия ограничен тончайшим (0,003мм) слоем выделения энергии лазера. Из-за минимального поглощения энергии лазера гидроксиапатитом – минеральным компонентом хромофора - нагрев окружающих тканей более чем на 20С не происходит.
- Теперь, после такого пространственного экскурса в глубины теоретической биофизики, перейдем к практическому применению лазерных технологий в стоматологии.
- Показания для применения лазера практически полностью повторяют список заболеваний, с которыми приходится сталкиваться в своей работе врачу-стоматологу. К наиболее распространенным и востребованным показаниям относятся:
- Препарирование полостей всех классов, лечение кариеса;
- Обработка (протравливание) эмали;
- Стерилизация корневого канала, воздействие на апикальный очаг инфекции;
- Пульпотомия;
- Обработка пародонтальных карманов;
- Экспозиция имплантов;
- Гингивотомия и гингивопластика;
- Френэктомия;
- Лечение заболеваний слизистой;
- Реконструктивные и гранулематозные поражения;
- Оперативная стоматология.

## ● Механизм и особенности лазерного препарирования твердых тканей зуба

● Как уже отчасти было сказано выше, препарирование происходит следующим образом: лазер работает в импульсном режиме, посылая каждую секунду в среднем около 10-ти лучей. Каждый импульс несет в себе строго определенное количество энергии. Лазерный луч, попадая на твердые ткани, испаряет тончайший слой около 0,003мм. Микровзрыв, возникающий вследствие нагрева молекул воды, выбрасывает частички эмали и дентина, которые немедленно удаляются из полости водно-воздушным спреем. Процедура абсолютно безболезненна, поскольку нет сильного нагрева зуба и механических предметов (бора), раздражающих нервные окончания. Значит, при лечении кариеса отпадает необходимость в анестезии.

Препарирование происходит достаточно быстро, однако врач способен точно контролировать процесс, немедленно прервав его одним движением. У лазера нет такого эффекта, как остаточное вращение турбины после прекращения подачи воздуха. Легкий и полный контроль при работе с лазером обеспечивает высочайшую точность и безопасность.

- После препарирования лазером мы получаем идеальную полость, подготовленную к пломбированию. Края стенок полости закругленные, тогда как при работе турбиной стенки перпендикулярны поверхности зуба, и нам приходится после препарирования проводить дополнительное финирирование. После препарирования лазером в этом нет необходимости. Но самое главное – после лазерного препарирования отсутствует «смазанный слой», т.к. нет вращающихся частей, способных его создать. Поверхность абсолютно чистая, не нуждается в протравке и полностью готова к бондингу.
- После лазера на эмали не остается трещин и сколов, которые обязательно образуются при работе борами.
- Кроме того, полость после препарирования лазером остается стерильной и не требует длительной антисептической обработки, т.к. лазерный свет уничтожает любую патогенную флору.
- При работе лазерной установки пациент не слышит так пугающего всех неприятного шума бормашины. Звуковое давление, создаваемое при работе лазером, в 20 раз меньше, чем у высококачественной импортной высокоскоростной турбины. Этот психологический фактор порой является решающим для пациента при выборе места лечения.

- Кроме того, как уже отмечалось, препарирование лазером - процедура бесконтактная, т.е. ни один из компонентов лазерной установки непосредственно не контактирует с биологическими тканями - препарирование происходит дистанционно. После работы стерилизации подвергается только наконечник. Следует отметить, что отпрепарированные частицы твердых тканей вместе с инфекцией не выбрасываются с большой силой в воздух кабинета стоматолога, как это происходит при использовании турбины. При лазерном препарировании они не приобретают высокой кинетической энергии и сразу же осаждаются струей спрея. Все это позволяет организовать беспрецедентный по своей безопасности санитарно-эпидемиологический режим работы стоматологического кабинета, позволяющий свести до нуля всякий риск перекрестной инфекции, что сегодня особенно актуально. Подобный уровень инфекционного контроля, несомненно, должен быть по достоинству оценен как санитарно-эпидемиологическими службами, так и пациентами.
- Кроме несомненных практических преимуществ, применение лазера может существенно снизить себестоимость лечения. Работая лазером, врач практически полностью исключают из повседневных расходов боры, кислоту для травления, средства антисептической обработки кариозной полости, резко снижается расход дезинфицирующих средств. Время, затрачиваемое врачом на лечение одного пациента, сокращается более чем на 40%!

- Экономия времени достигается за счет следующих причин:
- Меньше времени на психологическую подготовку пациента к лечению;
- Отпадает необходимость в проведении премедикации и анестезии, занимающей от 10 до 30 минут;
- Не нужно постоянно менять боры и наконечники - работа только одним инструментом;
- Финирование краев полости не требуется;
- Нет необходимости в травлении эмали - полость сразу готова к пломбированию;
- Приблизительно подсчитав время на проведение вышеперечисленных манипуляций, то каждый врач-стоматолог согласится, что оно составляет чуть менее половины от общего времени приема. Если к этому еще приплюсовать существенную экономию расходных материалов, наконечников, боров и др., то мы получим несомненное доказательство экономической обоснованности и рентабельности применения лазера в повседневной практике врача-стоматолога.

- Подводя итог, можно выделить следующие несомненные преимущества препарирования твердых тканей зубов лазером:
- Отсутствие шума бормашины;
- Практически безболезненная процедура, нет необходимости в анестезии;
- Экономия времени до 40%;
- Отличная поверхность для связи с композитами;
- Отсутствие трещин эмали после препарирования;
- Нет необходимости в протравке;
- Стерилизация операционного поля;
- Отсутствие перекрестной инфекции;
- Экономия расходных материалов;
- Положительная реакция пациентов, отсутствие стрессов;
- Высокотехнологичный имидж врача-стоматолога и его клиники.
- Сейчас с твердой уверенностью можно сказать, что применение лазеров в стоматологии оправданно, экономически выгодно и является более совершенной альтернативой существующим методам лечения стоматологических заболеваний.
- У этой технологии большое будущее, и повсеместное внедрение лазерных систем в стоматологическую практику – лишь вопрос времени.



## Список литературы

- .Бабаева Э.О. Лазеры в стоматологии: от божественных истоков до новейших разработок. // Стоматология сегодня. – 2002 - №8 (21).
- .Бграмов Р.И. Использование импульсного СО<sub>2</sub>-лазера при костных и костно-пластических операциях челюстно-лицевой области в эксперименте. // Стоматология. - 1989. - Т.68,№3. - с. 17-19.
- .Бюргер Ф. Лазеры в зубоврачебном деле // Маэстро. – 2000 - №1 – с. 67-75.
- .Лазерная стоматология: Инф. Бюл. "Дент-Информ". - 2000 - №1 - с. 21-25.
- .Прикладная лазерная медицина: Учебно-справочное пособие. / Под ред. Х.П. Берлиена - М.: Интерэксперт, 1997. - 346 с.
- .Прохончуков А.А., Жижина Н.А. Лазеры в стоматологии. - М.: Медицина, 1986. - 174 с.