

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Годи Ж. Ф., Канн В., Жило Л. Анатомия дентальной имплантации. – М., 2004 – 246 с.
Godi Zh. F., Kann V., Zhilo L. Anatomija dental'noj implantacii. – М., 2004 – 246 s.
2. Гусев Э. П. Одонтогенные абсцессы и флегмоны подчелюстной области: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 1969. – С. 21.
Gusev E. P. Odontogennye abscessy i flegmony podcheljustnoj oblasti: Avtoref. dis. ... kand. med. nauk. – М., 1969. – С. 21.
3. Евдокимов А. И., Васильев Г. А. Флегмоны и абсцессы челюстно-лицевой области / Хирургическая стоматология. – М.: Медгиз, 1950. – С. 206-260.
Evdokimov A. I., Vasil'ev G. A. Flegmony i abscessy cheljustno-licevoj oblasti / Hirurgicheskaja stomatologija. – М.: Medgiz, 1950. – С. 206-260.
4. Иде Й., Наказова К. Анатомический атлас височно-нижнечелюстного сустава. – 2004. – 104 с.
Ide J., Nakazava K. Anatomicheskij atlas visочно-nizhnecheljustno-go sustava. – 2004. – 104 s.
5. Кишш Ф. Топографическая анатомия / пер. с венгер. изд. Академии наук. – Будапешт, 1962. – 258 с.
Kishsh F. Topograficheskaja anatomija / per. s venger. izd. Akademii nauk. – Budapesht, 1962. – 258 s.
6. Лопухин Ю. М. Топографическая анатомия и оперативная хирургия. – М.: ГЭОТАР, 2001. – С. 831.
Lopuhin Ju. M. Topograficheskaja anatomija i operativnaja hirurgija. – М.: GEOTAR, 2001. – С. 831.
7. Миш К. Е. Ортопедическое лечение с опорой на дентальные имплантаты / пер. с англ. – М.: Рид Элсивер, 2010. – 616 с.
Mish K. E. Ortopedicheskoe lechenie s oporoj na dental'nye implantaty / per. s angl. – М.: Rid Elsilver, 2010. – 616 s.
8. Островерхов Г. Е., Бомаш Ю. М., Лубоцкий Д. Н. Оперативная хирургия и топографическая анатомия. – Курск: Феникс, 1998. – С. 661.
Ostroverhov G. E., Bomash Ju. M., Lubockij D. N. Operativnaja hirurgija i topograficheskaja anatomija. – Kursk: Feniks, 1998. – С. 661.
9. Робустова Т. Г. Абсцессы и флегмоны лица и шеи // Хирургическая стоматология. 2003. С. 127-206.
Robustova T. G. Abscessy i flegmony lica i shei // Hirurgicheskaja stomatologija. 2003. S. 127-206.
10. Смирнов В. Г. Хирургическая анатомия дна полости рта: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 1969. – 23 с.
Smirnov V. G. Hirurgicheskaja anatomija dna polosti rta: Avtoref. dis. ... kand. med. nauk. – М., 1969. – 23 s.
11. Шалаев О. Ю. Топографо-анатомическое обоснование оперативного лечения воспалительных заболеваний дна полости рта: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 2006. – С. 21.
Shalaev O. Ju. Topografo-anatomicheskoe obosnovanie operativnogo lechenija vospalitel'nyh zabolevanij dna polosti rta: Avtoref. dis. ... kand. med. nauk. – М., 2006. – С. 21.
12. Шаргородский А. Г. Воспалительные заболевания челюстно-лицевой области и шеи. – М.: Медицина, 1985. – 343 с.
Shargorodskij A. G. Vospalitel'nye zabolevanija cheljustno-licevoj oblasti i shei. – М.: Medicina, 1985. – 343 s.
13. Kahle W., Leonhardt H., Platzer W. Color atlas and textbook of human anatomy in 3 volumes. Locomotor System. – New York, 1989. – P. 267.
14. Carlson J. E. Physiologic occlusion. – Midwest Press, 2009. – 210 p.
15. Rohen J. W. Topographische Anatomie. Kurziehrbuch fur Studierende und Arzte. – Stuttgart, 1992. – 441 s.

Перспективы применения лазера в терапевтической эндодонтической практике врача-стоматолога. Фотодинамическая терапия. Разработка фотосенсибилизаторов будущего

В данное обозрение вошли несколько фрагментов из февральско-апрельских выступлений отечественных лекторов на мероприятиях, включенных в форумы с тематикой «Актуальные проблемы стоматологии» в «Крокус Экспо» (2015 год) и обсуждающих тему использования лазеров на терапевтическом приеме врача-стоматолога с акцентом – при эндодонтическом лечении.

Это, в первую очередь, доклады «Причины выбора и преимущества фотодинамической терапии при лечении заболеваний пародонта. Перспективы и разработка фотосенсибилизаторов будущего» (Орехова Л. Ю., Лобода Е. С., СПб) и «Концепции применения лазеров в пародонтологии» (Рисованная О. Н., Краснодар, Клиника лазерной стоматологии).

Справка. Клиника лазерной стоматологии (Краснодар) основана в 1999 году профессором, д.м.н. Рисованным Сергеем Исааковичем. Специалисты клиники – Рисованные О.Н. и С.И. – признанные в профессиональных кругах в России и за рубежом врачи высшей категории, доктора медицинских наук, профессора кафедры стоматологии ФПК и профессиональной переподготовки специалистов Кубанского ГМУ, индивидуальные члены Международной лазерной ассоциации, прошедшие обучение в России, Франции, Израиле, Германии, Канаде, Испании и США.

15 марта 2015 года свой 85-летний юбилей отметил видный отечественного физик, лауреата Нобелевской премии (2000) Жорес Иванович Алферов. Его вклад в развитие науки называют революционным. Он автор более пятисот трудов и пятидесяти прорывных открытий и разработок, он заложил основы принципиально новой электроники. Благодаря его исследованиям стало возможным создание волоконно-оптической связи – одной из основ современного интернета, лазеров, работающих при комнатной температуре (широко используемых в медицине и других областях), полупроводниковых лазеров, которые применяются как в космических технологиях, так и в быту и медицине. Без его открытий была бы невозможна качественная мобильная связь. Сегодня выдающийся ученый успешно сочетает исследовательскую, педагогическую и просветительскую работу – его график расписан на месяц вперед. Одно из важнейших направлений его общественной деятельности – повышение престижа отечественной фундаментальной науки. В свой юбилей он участвовал в научном симпозиуме «Прорывные технологии XXI века», где с докладами выступали и нобелевские лауреаты, и лауреаты Алферовской премии.

Справка. В 1963 году Жорес Алферов и Герберт Кремер независимо друг от друга разработали теорию полупроводниковых гетероструктур (термин в

физике полупроводников, обозначающий выращенную на подложке слоистую структуру из различных полупроводников, в общем случае – отличающихся шириной запрещенной зоны), на основе которых позднее были созданы многие лазеры. За эту работу ученые получили Нобелевскую премию. К настоящему времени трудно найти такую область науки и техники, где бы не применялись лазеры. Даже простое перечисление различных их модификаций занимает несколько страниц печатного текста.

1. Быстрое развитие лазерных технологий явилось пусковым механизмом для появления новых методик с широкими возможностями, нашедшими применение в различных областях медицины, в том числе в стоматологии. Предметом целевого исследования и изучения стали такие ключевые направления, как лазерная энергия, взаимодействие лазера с тканью и их основные типы, система подачи лазерного луча, безопасность применения.

2. Учеными установлено, что корневые каналы при воспалении пульпы и периодонта инфицированы, причем ведущее место в этиологии и патогенезе этих заболеваний принадлежит микробному фактору. Воспалительный процесс в апикальном периодонте развивается как следствие некроза пульпы и обусловлен поступлением инфекционно-токсического содержимого корневых каналов через верхушечное отверстие. Установлено, что основным источником инфекции при хроническом апикальном периодонтите находится не в периапикальной зоне, а в корневом канале. Токсины, вызывающие воспалительный процесс в апикальной части периодонта, – это, прежде всего, микробные эндотоксины и токсические вещества, образующиеся в процессе тканевого распада пульпы. Попадая в апикальный периодонт, эндотоксины приводят к запуску целого каскада реакций на клеточном, микроциркуляторном, иммунном уровне, следствием чего является деструкция апикального периодонта и прилегающей к нему кости. Современные технологии, относящиеся к классу медикаментозных и инструментальных, которые можно отнести к химическим методам, а также отдельные физические методы все еще недостаточно эффективны в отношении всех микроорганизмов, находящихся в системе корневого канала. Успех эндодонтического лечения, проводимого даже в идеальных условиях, не превышает 87%, поскольку частой причиной неудачи традиционных методов лечения является присутствие в каналах *Enterococcus faecalis* – анаэроба, устойчивого к действию многих антисептиков.

Для устранения возбудителей из системы инфицированных корневых каналов необходимо внедрение современной стратегии эндодонтической антимикробной терапии – альтернативных методов дезинфекции корневых каналов. К ним относятся: лазерное облучение, фотодинамическая терапия (фотоактивируемая дезинфекция), дезинфекция медицинским озоном, ультразвуковая дезинфекция.

3. Эндодонтическое лечение в современной высокотехнологичной практической стоматологии становится все более важной составляющей общего реабилитационного лечения пациентов, оно должно иметь долговременный характер без последую-

щих осложнений. Традиционные приемы, даже выполненные очень тщательно, не всегда приводят к успеху. Сложность архитектуры корневых каналов и анатомической морфологии приводят к формированию областей, где могут аккумулироваться оставшиеся бактерии.

4. Актуальным становится применение лазера в практической эндодонтии.

Антибактериальное воздействие лазера является важным аспектом его многофакторного влияния на биологические системы. Эффект лазерного излучения в комплексе с его уникальными биостимулирующими свойствами может быть использован для селективного подавления патогенной микрофлоры, сенсibilизированной препаратами, активируемыми лазерным светом относительно небольшой мощности.

5. В стоматологии применяют лазеры, в которых в качестве порождающей луч среды используются двуокись углерода (CO_2), эрбий (Er) и неодим (Nd) в соединении с различными веществами (например, сочетание иттрия, алюминия и граната (YAG); иттрия, скандия, галлия и граната (YSGG); а также лазеры аргонового, диодного и эксимерного типов (эксимерный лазер – это газовый лазер, работающий на электронных переходах эксимерных молекул – молекул, существующих только в электронно-возбужденных состояниях). Типы стоматологических лазеров в зависимости от активной среды:

- твердотельные (кристаллические) – YAG, YSGG;
- газовые (CO_2);
- полупроводниковые (диоды).

6. Все лазеры генерируют свет с определенной длиной волны. Лазеры, используемые в стоматологии, работают в инфракрасном, видимом и ультрафиолетовом диапазоне электромагнитного спектра.

7. При лазерной обработке микроорганизмы и остатки пульпы хорошо удаляются из сложной системы корневого канала. Лазерное излучение вызывает рекристаллизацию дентина стенки корня, превращая ее в гладкую непроницаемую поверхность без пор, и обеспечивает запечатывание латеральных канальцев, что создает условия для оптимальной подготовки корневого канала к последующей obturации. В эндодонтии можно проводить лазерное облучение подготовленного сухого корневого канала через раствор антисептика, а также в комбинации с фотосенсибилизатором.

8. Поглощение энергии лазера в тканях человека. Цели использования лазера: излечение тканей, восстановление анатомических и физиологических условий, антибактериальная обработка, снятие гиперчувствительности, ремоделирование кости, направленная регенерация, удаление зубного камня, гингивэктомия и дегрануляция, деконтаминация цемента корня.

9. Противопоказания для лазерной терапии в стоматологии:

- все формы лейкоплакии, а также явления пролиферативного характера на слизистой оболочке рта (папилломатоз, ограниченный гиперкератоз, ромбовидный глоссит);
- нестабильная стенокардия; тяжело протекающие заболевания сердечно-сосудистой си-

стемы (тяжелые нарушения сердечного ритма, атеросклероз коронарных артерий с выраженной коронарной недостаточностью тяжелой степени; атеросклероз мозговых артерий с нарушением мозгового кровообращения), гипертоническая болезнь III стадии, гипотония; подострый и реабилитационный периоды острого инфаркта миокарда (после инфаркта миокарда – в течение шести месяцев); аневризма аорты;

- тяжелая степень сахарного диабета в некомпенсированном состоянии; тиреотоксикоз;
- острые инфекционные заболевания;
- системные заболевания крови; гемофилия, тяжелая анемия;
- выраженная и тяжелая степень эмфиземы легких;
- туберкулез;
- злокачественные опухоли; доброкачественные опухоли при локализации в области головы и шеи.

10. Есть два существенных недостатка, связанных с прямым воздействием лазерного излучения:

1). Смазанный слой, дентинные опилки и микроорганизмы удаляются не полностью, поскольку лазерный луч направлен вдоль оси канала, а не на его стенки, что практически исключает их эффективное облучение.

2). Нет гарантии полной безопасности процедуры, так как направленное по оси канала излучение может распространиться за пределы верхушки зуба и повредить ткани, а также быть опасным для таких структур, как ментальное отверстие или нижнечелюстной нерв. Для использования данного метода дезинфекции в эндодонтии необходимо усовершенствование световода.

11. Преимущества проведения манипуляций в клинике терапевтической стоматологии с применением лазера:

- безопасно: лечение может осуществляться без вращающихся инструментов и механизмов;
- комфортно: безконтактно и без вибрации;
- удобно: хорошая визуализация и доступность рабочего поля;
- быстро: отсутствие дополнительных манипуляций;
- безболезненно: снижение необходимости применения местной анестезии;
- стерильно – бактерицидный эффект;
- возможность приема пациентов с абсолютными или относительными противопоказаниями к традиционной стоматологии;
- доходно: проведение процедур повышенной сложности, увеличение их эффективности;
- выгодно: снижение необходимости дополнительного оборудования, инструментов, материалов, сотрудников, времени и т. д.

12. Революционной на сегодняшний день является технология, имеющая несколько названий: фотоактивируемая дезинфекция (ФАД), бактериотоксическая терапия (БТС-терапия), фотодинамическая терапия (ФДТ). Сущность этой технологии – дезинфекция, или стерилизация тканей организма с помощью применения фотосенсибилизирующего компонента и активации лазерным лучом соответствующей длины волны. ФДТ может быть эффективной методикой – альтернативой антисептикам и антибиотикам при лечении локализованных инфекций.

13. Для практической эндодонтии ФАД/ФДТ актуальна и имеет огромные перспективы, так как эффективна против подавляющего разнообразия микроорганизмов, обычно выявляемых в системе корневых каналов, включая *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Porphyromonas*, *Bacteroides*. Действие ФДТ обусловлено избирательным накоплением фотосенсибилизаторов в клетках с измененным метаболизмом. Исследованиями *in vitro* установлено, что ФАД/ФДТ обеспечивает эффективное уничтожение бактерий, при этом не оказывая влияния на окружающие ткани. В отличие от традиционной антибактериальной терапии при ФДТ не формируются устойчивые штаммы бактерий; система эффективна в отношении множества бактериальных штаммов, вирусов и грибов, и возможности ее применения могут быть значительно расширены; без побочных эффектов могут быть уничтожены более 99% патогенных бактерий.

14. ФДТ – это индуцированная светом инактивация клеток, микроорганизмов или молекул. ФДТ – это метод сочетанной двухкомпонентной лазерной терапии, основанный на избирательном накоплении фоточувствительного красителя (фотосенсибилизатора) в клетках-мишенях с последующим их облучением светом определенной интенсивности и длины волны:

- Первый компонент ФДТ – фотосенсибилизатор, накапливается в патологической ткани (бактерия, опухоль, быстро пролиферирующая ткань и пр.) и задерживается в ней дольше, чем в здоровых тканях.

- Второй компонент ФДТ – лазерное воздействие. Оно проводится длиной волны, соответствующей максимуму (пику) поглощения фотосенсибилизатора, и приводит к началу фотохимической (фотодинамической) реакции с молекулярным кислородом в клетках. Образовавшиеся свободные радикалы, перекись водорода и активные формы кислорода (синглетный кислород) вызывают окислительную деструкцию клеточной мембраны, повреждают ДНК и макромолекулы бактерий, разрушают стенки бактериальных, грибковых и вирусных клеток, приводя к их гибели.

Свет действует исключительно как средство возбуждения молекул фотосенсибилизатора, при этом не вырабатывается тепло, так как используется лазер относительно небольшой мощности (около 100 мВт).

Важным аспектом этой системы является то, что два ее компонента – фотосенсибилизатор и лазер – при использовании по отдельности не оказывают воздействия на бактерии.

15. Известно более 400 средств/веществ, обладающих фотосенсибилизирующими свойствами: красители, лекарственные средства, косметические, химические и другие вещества. Проводятся исследования *in vitro*, *in vivo* по применению метиленового синего, толудинового голубого и других веществ, особенно в отношении грамотрицательных микроорганизмов. Как было установлено еще в 60-х годах прошлого столетия, такими свойствами обладают производные гематопорфирина. Ассортимент таких препаратов расширяется за счет синтеза новых соединений, зона оптической чувствительности

которых лежит не только в красной, но и в зеленой части спектра. Они более активны и менее токсичны.

Фотоактивация проводится с помощью лазера. Передача света происходит через оптический кабель и сменную эндодонтическую насадку, которая соответствует эндодонтическому инструменту размером 40. Используемый аппарат устроен таким образом, что 70% излучения равномерно распределяется по длине насадки, а 30% выделяется с ее кончика. Это позволяет устройству подавать соответствующую «дозировку» энергии по всей обрабатываемой области корневого канала.

16. Летальная фотосенсибилизация не является видоспецифичной, имеет определенное преимущество: все имеющиеся микроорганизмы можно уничтожить в смешанной инфекции.

17. Фотосенсибилизаторы.

В естественных условиях только ограниченное число бактерий (род *Porphyromonas* и *Prevotella*) способно продуцировать эндогенные вещества, восприимчивые к воздействию света (например, порфирины), поэтому они могут быть уничтожены с помощью воздействия лазерного луча с соответствующей длиной волны. В противоположность им, для уничтожения всех остальных бактерий, а также грибов и вирусов с помощью ФАД, необходимо окрасить красителем их внешние мембраны. Важно, что фотосенсибилизаторы обладают положительным зарядом. Это усиливает их связывание со стенками отрицательно заряженных клеток бактерий.

Существует множество видов фотосенсибилизаторов, которые наиболее широко используются в стоматологической практике и оказываются эффективными в борьбе с целым рядом грамположительных и грамотрицательных бактерий, включая многие ключевые патогены ротовой полости, такие как *Streptococcus mutans* и *Enterococcus faecalis*:

1. Хлорид толония (толуидиновый синий, Lazurit – Великобритания).
2. Метиленовый синий.
3. Фотосенс (Россия).
4. Бактериохлорин (Германия).
5. Радахлорин (ООО «РАДА-ФАРМА», Россия, патент РФ №2183956); запатентован как «РадаДент Плюс» гель.
6. Фотолон (ОАО «БЕЛМЕДПРЕПАРАТЫ», рег. №ПН015948/01, Беларусь).
7. Фотодитазин (Россия, рег. удост. №ФС 012а 2006/4192-06).

Для того чтобы получить оптимальные результаты при использовании ФАД/ФДТ, необходимо учитывать следующие характеристики фотосенсибилизатора:

- тип клеток для связывания фотосенсибилизатора;
- концентрации, при которых он наиболее эффективен;
- длина волны и интенсивность лазерного луча, требуемые для его активации;
- концентрация, при которой он проявит предполагаемый токсический эффект;

- его растворимость в воде и окружающих липидах;
- степень ионизации.

Основным свойством фотосенсибилизаторов является их способность поглощения лазерного луча в видимом невооруженным глазом красном спектре.

Наиболее распространенные комбинации фотосенсибилизатор/лазер:

- хлорид толония с полупроводниковым лазером (длина волны: 635 nm);
- радохлорин, фотолон, метиленовый синий, фотодитазин с полупроводниковым лазером (длина волны 660-670 nm).

«Окрашивание микроорганизмов в витальном состоянии – залог их деструкции источником света» (Paul Ehrlich, 1854-1915).

18. Помимо фотосенсибилизирующего красителя растворы могут включать в себя буферы, соли, регулирующие концентрацию раствора, антиоксиданты, консерванты и поверхностно-активные вещества для обеспечения поверхностного увлажнения. Буферы играют важную роль для достижения достоверного результата при использовании светоактивируемой терапии в клинических условиях. Установлено, что pH среды влияет на свойства и поведение как фотосенсибилизаторов, так и бактерий, изменяя проникновение и связывание красителя. Щелочная среда (pH 8.0) имеет тенденцию создания фотосенсибилизации, противостоящей кислотой (pH 4.0 и 5.0), по следующим причинам:

- лучшее проникновение красителя в клетки;
- повышенная цитотоксичность молекул синглетного кислорода.

19. Преимущества работы с лазером:

- безопасно: нет вращающихся инструментов и механизмов;
- комфортно: безконтактно и без вибрации;
- удобно: хорошая визуализация и доступность рабочего поля;
- быстро: отсутствие дополнительных манипуляций;
- безболезненно: снижение необходимости применения местной анестезии;
- стерильно: бактерицидный эффект;
- возможность приема пациентов с абсолютными или относительными противопоказаниями к традиционной стоматологии;
- доходно: проведение процедур повышенной сложности, увеличение их эффективности;
- выгодно: отсутствие необходимости дополнительного оборудования, инструментов, материалов, сотрудников, времени и т. д.

20. Будущее ФДТ: постоянно ведется поиск и разработка новых фотосенсибилизаторов для ФДТ, в том числе на основе производных хлорина Е6, и необходимого компактного лазерного оборудования, отвечающего современным требованиям безопасности и удобства применения. Создаются малогабаритные лазеры и удобные для клинического применения одноразовые насадки.

Материал подготовила Галина МАСИС