

07;12
©1995

ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛООВОГО ОТКЛИКА ПУЛЬПЫ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКЕ ЭМАЛИ И ДЕНТИНА

А.В.Беликов, А.В.Ерофеев, А.В.Скрипник

Введение

Результаты исследований последних лет в области взаимодействия лазерного излучения с твердыми тканями зуба человека [1-3] делают вполне реальным применение лазерных систем для различных операций в стоматологии. Одной из основных проблем здесь является перегрев пульпы, который сильно зависит от соотношения между частью энергии лазерного излучения, затрачиваемой непосредственно на деструкцию и удаление ткани, и частью энергии, идущей на нагрев. Ясно, что величина нагрева тем меньше, чем больше данное соотношение. Данное соотношение зависит не только от оптико-физических свойств ткани, но и от параметров лазерного излучения и условий обработки. Таким образом, создание оптимальной лазерной системы для удаления твердых тканей зуба невозможно без изучения влияния параметров лазерного излучения и условий обработки на величину пульпарного перегрева.

В настоящей работе исследованы особенности поведения температуры в пульпарной камере зуба человека при изменении плотности энергии лазерного излучения и расстояния от зоны обработки до вершины пульпы.

Материал и методика экспериментальных исследований

Для исследований использовались свежеекстрагированные по парадонтозным показаниям зубы людей среднего возраста обоих полов, по преимуществу резцы и моляры. Немедленно после удаления образцы помещались в 4%-й водный раствор формальдегида и хранились в нем вплоть до начала экспериментов, но не более 1 недели при температуре порядка 4°C.

Подготовка к эксперименту состояла в депульпировании зуба пульпоэкстрактором, рассверливании корневого канала и помещении в объем пульпарной камеры королька тер-

мопары хромель-алюмель. Сигнал термоЭДС регистрировался милливольтметром. В таблице приведены технические характеристики лазеров, которые использовались в экспериментах.

Технические характеристики лазеров

Лазер	Длина волны генерации, мкм	Длительность импульса, мкс	Энергия импульса, Дж	Частота повторения, Гц
YAG:Er	2.94	200	До 1	Однократный
YAG:Cr, Tm, Ho	2.09	400	До 1	"

Лазерное излучение фокусировалось на объект кварцевой линзой с фокусным расстоянием порядка 40 мм. Корневая часть зуба помещалась в термостатируемый пластиковый имитатор десны, закрепленный в держатель с возможностью прецизионного перемещения по осям X, Y, Z. Описанная установка позволила проводить измерения перегрева с точностью ± 0.05 К и временным разрешением не хуже чем 0.5 с.

Результаты и обсуждение

В настоящей работе было проведено исследование относительного перегрева пульпарной камеры зуба при раз-

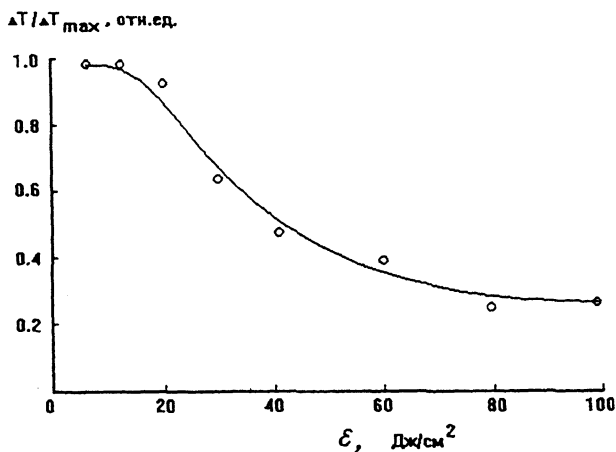
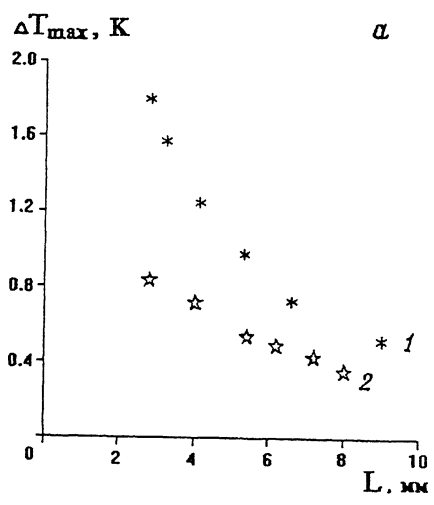


Рис. 1. Зависимость относительного перегрева пульпы $\Delta T / \Delta T_{\text{max}}$ от плотности энергии излучения эрбиевого лазера при фиксированном диаметре лазерного пучка на объекте.

личных плотностях энергии излучения эрбиевого лазера в режиме однократных импульсов с постоянной энергией без принудительного охлаждения. Данная зависимость представлена на рис. 1 и, на первый взгляд, носит парадоксальный характер: с ростом плотности энергии лазерных импульсов перегрев пульпы уменьшается, максимальный



δ

$$L = [Z_{\text{э}} ; Z_{\text{п}}]$$

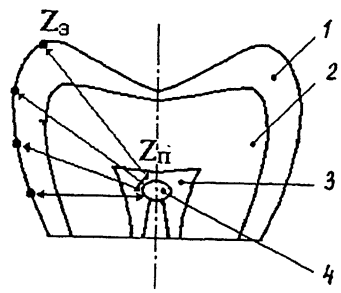


Рис. 2. Зависимость максимального перегрева пульпы ΔT_{max} от расстояния между зоной воздействия на эмали ($Z_{\text{э}}$) и вершиной пульпарной камеры ($Z_{\text{п}}$) L при экспозиции лазерного излучения 1.3 Дж без охлаждения: 1 — гольмиевый лазер; 2 — эрбиевый лазер (а).

1 — эмаль, 2 — дентин, 3 — пульпарная камера, 4 — термопара $\varnothing 100$ мкм (б).

же перегрев реализуется в допороговой области плотностей энергии лазерного излучения. Первое происходит, по-видимому, вследствие эффективного отвода тепла разлетающимися из зоны воздействия продуктами разрушения, а второе можно связать с диссипацией энергии при нагреве и с испарением капиллярно-связанной и абсорбированной влаги.

Был проведен также эксперимент по исследованию влияния на величину максимального перегрева пульпарной камеры расстояния от ее вершины до зоны воздействия на эмали. Результаты измерений приведены на рис. 2. В эксперименте экспозиции излучения гольмиевого и эрбиевого лазеров на объекте были одинаковы. Видно, что в отсутствие водяного охлаждения, при достаточно близком расположении зоны обработки к вершине пульпы излучение YAG:Cr, Tm, Ho лазера стимулирует пульпарный перегрев, почти в два раза превышающий перегрев, достигаемый при использовании излучения YAG:Er лазера. С удалением зоны обработки от вершины пульпарной камеры перегрев пульпы уменьшается. Так, для гольмиевого лазера увеличение расстояния от зоны обработки до вершины пульпы с 2 до 8 мм приводит к уменьшению величины пульпарного перегрева на 1.5 К, для эрбиевого — на 0.4 К. Видно, что инкремент снижения перегрева более выражен для гольмиевого лазера.

Заключение

Таким образом, в рамках настоящей работы проведены экспериментальные исследования температуры в пульпарной камере при лазерной обработке твердых тканей зуба человека излучением YAG:Cr, Tm, Ho и YAG:Er лазеров. Определено влияние на величину перегрева пульпы плотности энергии и расстояния от зоны воздействия до вершины пульпарной камеры. Показано, что в отсутствие водяного охлаждения, при обработке эмали и дентина зуба субмиллисекундными импульсами YAG:Er лазера перегрев пульпы максимален при плотностях энергии лазерного излучения порядка 20 Дж/см^2 и минимален при 100 Дж/см^2 . В работе экспериментально определен инкремент снижения пульпарного перегрева при увеличении расстояния от зоны обработки до вершины пульпарной камеры. Установлено что для излучения YAG:Cr, Tm, Ho лазера данная величина в 2–3 раза выше, чем для излучения YAG:Er лазера.

Список литературы

- [1] *Hibst R., Keller U.* // *Las Surg Med.* 1989. V. 9. P. 338-344.
- [2] *Frentzen M., Koort H.J.* // *Int. Dent. J.* 1990. V. 40. P. 323-332.
- [3] *Altshuler G.B., Belikov A.V., Erofeev A.V.* // *Proc. of SPIE. Laser Surgery: Advn. Characterization, Therapeutics and System III.* 1992. V. 1643. P. 454-463.

Институт точной
механики и оптики
Санкт-Петербург

Поступило в Редакцию
12 января 1995 г.
