

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE RIBEIRÃO PRETO

ALESSANDRA MARQUES CORRÊA AFONSO

Avaliação *in vitro* da eficácia do laser Er:YAG na remoção de restaurações de resina composta. Alteração térmica e análise morfológica.

Ribeirão Preto

2006

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

ALESSANDRA MARQUES CORRÊA AFONSO

Avaliação *in vitro* da eficácia do laser Er:YAG na remoção de restaurações de resina composta. Alteração térmica e análise morfológica.

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Odontologia Restauradora.

Área de Concentração: Dentística

Orientadora: Prof. Dra. Regina Guenka Palma Dibb

Ribeirão Preto

2006

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Assinatura do autor: _____

Data: ____/____/____

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento da Informação do
Serviço de Biblioteca – EESC-USP**

Corrêa-Afonso, Alessandra Marques

Avaliação *in vitro* da eficácia do laser Er:YAG na remoção de restaurações de resina composta. Alteração térmica e análise morfológica. Ribeirão Preto, 2006.

56p. : il.; 30cm

Dissertação de Mestrado, apresentada à Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto/USP. - Área de concentração: Dentística.

Orientadora: Palma-Dibb, Regina Guenka

1. Laser Er:YAG. 2. Resina Composta. 3. Temperatura . 4. Morfologia.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Alessandra Marques Corrêa Afonso

Avaliação *in vitro* da eficácia do laser Er:YAG na remoção de restaurações de resina composta. Alteração térmica e análise morfológica.

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de
Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para
obtenção do título de Mestre.

Área de Concentração: Dentística

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dra. Regina Guenka Palma Dibb

Instituição: Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto/USP

Assinatura: _____

Prof(a). Dr(a).: _____

Instituição: _____

Assinatura: _____

Prof(a). Dr(a).: _____

Instituição: _____

Assinatura: _____

“Além da mente humana e como um impulso livre, cria-se a ciência. Esta se renova, assim como as gerações, frente a uma atividade que constitui o melhor jogo do homo ludens: a ciência é, no mais estrito e melhor dos sentidos, uma gloriosa diversão”

Jacques Barzun

Dedicatória

Aos meus pais, Sergio e Marilene,

Que compartilharam meus ideais e os alimentaram, incentivando-me a prosseguir nessa jornada, fossem quais fossem os obstáculos. A vocês em reconhecimento a tantas renúncias em favor de minha educação. A vocês que são para mim uma lição de vida, exemplos de honestidade, dignidade, força, fé e humildade. Tudo o que sou hoje agradeço a vocês. E é por isso que hoje faço desta conquista um instrumento de gratidão. Obrigado. Amo vocês.

Aos meus queridos avós, Alcides e Maria Rosa

Um amor essencial para esta conquista. Responsáveis pelo grande valor familiar que hoje tenho em meu coração, pela família maravilhosa que me acolhe em todas as situações. Meus exemplos de amor e fé. Vocês também fazem parte desta conquista. Dedico a vocês essa vitória com a mais profunda gratidão e respeito.

Ao meu marido e companheiro, Eduardo

Uma benção de Deus. Meu maior incentivador desde o início dessa caminhada. Meu exemplo de dedicação, disciplina e otimismo. Agradeço por ter confiado em mim, encorajando-me a lutar por meus ideais. Obrigado pelo crescimento pessoal e profissional que você me proporciona todos os dias. Obrigado por estar ao meu lado em todos os momentos, me ajudando, me dando alegria, serenidade, compreensão e principalmente muito amor. Obrigado pela paciência e pela cumplicidade. Você foi essencial para a realização desta conquista. Te amo pra sempre.

Aos meus irmãos, Leandro e André

Obrigado pelo amor e carinho que vocês têm para comigo, pelo apoio e incentivo em todos os momentos da minha vida.

Aos meus sogros, Eduardo e Lúcia

Que me acolheram, e cujo convívio se torna a cada dia motivo de grande felicidade. Obrigado pelo apoio durante toda caminhada.

A toda a minha família e amigos queridos...

Agradecimentos Especiais

A **Deus** pelo dom da vida, pela sua presença em todos os momentos da minha caminhada, me concedendo sabedoria, paciência e força para atingir meus ideais. Obrigado, Senhor.

À minha orientadora **Prof. Dra. Regina Guenka Palma Dibb**, pessoa extremamente capaz, exemplo de caráter e incansável dedicação profissional, por ter prestado sua dedicação, paciência e disponibilidade em todas as etapas do trabalho. Obrigada pela acolhida, auxílio, orientação, confiança, convivência e amizade a mim dedicada em todos os momentos necessários. Você se tornou uma pessoa muito especial para mim.

“Agradecer é admitir que houve um momento em que se precisou de alguém, é reconhecer que o homem jamais poderá lograr para si o dom de ser auto-suficiente. Ninguém e nada cresce sozinho, sempre é preciso um olhar de apoio, uma palavra de incentivo, um gesto de compreensão, uma atitude de amor. A todos vocês que compartilharam os meus ideais e os alimentaram, incentivando-me a prosseguir nessa jornada fossem quais fossem as dificuldades, a vocês que mesmo distantes, se mantiveram sempre ao meu lado, a minha gratidão”.

Agradecimentos

À Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, através de sua Diretora **Profa. Dra. Marisa Semprini**.

À Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Odontologia Restauradora da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, na pessoa do **Prof. Dr. Jesus Djalma Pécora**.

À **Prof. Dra. Mônica Campos Serra**, vice-coordenadora do curso de Pós-Graduação em Odontologia Restauradora da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, cujo respeito e admiração crescem a cada dia, por toda dedicação na busca de nossos interesses.

À **Prof. Dra. Silmara Aparecida Milori Corona** e **Maria Cristina Borsatto**, exemplos de alegria, sabedoria e dedicação à docência. Obrigada por todo ensinamento e amizade.

Aos demais **Professores do Departamento de Odontologia Restauradora** pelo empenho e satisfação ao transmitirem seus conhecimentos.

Aos funcionários do Departamento de Odontologia Restauradora da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, **Amália, Maria Isabel, Rosângela**.

Ao secretário do Curso de Pós-Graduação em Odontologia Restauradora da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, **Carlos**, por sua prontidão, dedicação e auxílio.

Ao técnico **Reginaldo Santana da Silva** do Departamento de Odontologia Restauradora da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, pelo auxílio na execução dos procedimentos com o equipamento de laser.

Às funcionárias da Seção de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, **Isabel** e **Regiane**.

À técnica do laboratório de Dentística **Patrícia Marchi** pelo auxílio prestado durante a parte experimental deste estudo.

Ao **Prof. Dr. Alberto Moreira Jorge** do Departamento de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de São Carlos, por seu incentivo e auxílio na realização das análises em Microscopia Eletrônica de Varredura.

A amiga **Carina Sincler Delfino** pela disponibilidade em colaborar prontamente com a elaboração de meu projeto de pesquisa.

As amigas do mestrado **Danielle, Flávia, Vivian, Carol** e **Silvia**, pelo apoio, companheirismo e momentos de alegria e dificuldade compartilhados. Verdadeiras amigas que sempre tiveram palavras de carinho, descontração e alegria tornando a caminhada mais tênue. Além de muita generosidade, sempre prontas a dividir seus

conhecimentos e experiências, ajudando-me imensamente na conclusão deste e de outros estudos.

Aos amigos **Michelle, Daniela, Juliana e Pedro** pela amizade, convivência, e disponibilidade em ajudar nos momentos em que precisei.

À Instituição de Fomento **FAPESP**, pela bolsa de mestrado e auxílio financeiro para realização desta pesquisa.

A **todos** que, de alguma forma colaboraram para que este trabalho se realizasse, meu especial agradecimento.

“Em Deus se encontram a sabedoria, o conhecimento e a ciência da lei; Nele residem a caridade e as boas obras”.

Eclesiástico 11,15

SUMÁRIO

1. Introdução Geral	1
2. Proposição	5
3. Capítulos	6
3.1 Repetition rate influence in the thermal alteration during the composite resin removal with Er:YAG laser	6
3.2 Ability of Er:YAG laser to remove composite resin restoration and morphological analyses	25
4. Discussão Geral	44
5. Conclusão Geral	49
Referências Bibliográficas	50
Anexos	55

RESUMO

CORRÊA-AFONSO, A.M. **Avaliação *in vitro* da eficácia do laser Er:YAG na remoção de restaurações de resina composta. Alteração térmica e análise morfológica.** 2006. 56p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo.

Considerando a necessidade de substituição de restaurações insatisfatórias e a utilização cada vez maior dos materiais restauradores estéticos, houve a necessidade de aprimoramento das técnicas. Dessa forma o objetivo deste trabalho foi avaliar *in vitro* a capacidade do laser Er:YAG, em diferentes freqüências, na remoção de restaurações de resina composta híbrida. Através do tempo necessário para sua remoção, da alteração de temperatura causada pelo uso do laser, e da análise morfológica da cavidade resultante. Foram realizadas restaurações de resina composta em uma cavidade 2mmx2mmx1,0mm, as quais foram removidas com laser Er:YAG nas freqüências 2Hz, 4Hz, 6Hz e 10Hz. Na análise da alteração térmica observou-se que ocorreu aumento de temperatura no substrato adjacente a restauração durante a remoção com o laser Er:YAG. Apesar disso todos os grupos testados apresentaram aumento de temperatura inferior a 5,6°C, o que é considerado seguro para a vitalidade pulpar. Outro aspecto observado nos resultados dos grupos Laser foi que o aumento de temperatura foi diretamente proporcional ao aumento da freqüência de pulsos utilizada. Em relação ao tempo de remoção dos grupos experimentais, com exceção do grupo 10Hz, todos ou outros necessitaram de maior tempo em comparação a turbina de alta-rotação. Na análise morfológica das amostras foi observada a presença de maior material restaurador

remanescente nos grupos experimentais. Já durante a avaliação das paredes de fundo os grupos 2Hz e 4Hz foram os que tiveram pior desempenho. A análise em MEV mostrou irregularidades das cavidades resultantes do procedimento, que foram proporcionalmente maiores a frequência utilizada, sendo que o grupo laser 10Hz apresentou inclusive remoção de estrutura dental sadia. Em todos os grupos em que a remoção foi feita com laser Er:YAG foram observadas áreas de fusão no remanescente de material restaurador. Desta forma, conclui-se que o laser Er:YAG é eficiente e seguro para a remoção de resina composta considerando os parâmetros utilizados neste estudo. O aumento de frequência melhorou a performance da ablação no que diz respeito ao tempo gasto e a quantidade de material removido, porém influenciou negativamente na alteração térmica gerada e na presença de irregularidades nas paredes de fundo. Entre os parâmetros testados o 250mJ/6Hz foi o melhor e mais seguro devido a mínima alteração térmica gerada e ao tempo aceitável para o procedimento.

Palavras-chave: Laser Er:YAG. Resina composta. Temperatura. Morfologia.

ABSTRACT

CORRÊA-AFONSO, A.M. Assessment of the efficacy of Er:YAG laser to remove composite resin restoration. Thermal alteration and morphological analyses. 2006. 56p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo.

Considering the need of unsatisfactory restoration replacement and the increase of aesthetic restorative materials, the aim of this study was the in vitro assessment the Er:YAG laser capacity of composite resin restoration removal using different frequencies. Thermal side effects caused by laser, times expend during the restoration removal and morphology of resultant cavity were analyzed. The composite resin restoration was done in cavities measuring 2mmx2mmx1mm. The removal was made with Er:YAG laser using different frequencies: 2Hz,4Hz, 6Hz and 10Hz. The results revealed that temperature increase happened at the substrate under the restoration during the removal using the Er:YAG laser. In spite of the results all tested groups showed temperature by 5.6°C, which has been considered safe for the pulp vitality. Another observed aspect at Laser groups' results was that the increase of temperature was directly proportional to the increase of the repetition rate employed. In relation to the time for removal the experimental groups (in exception of 10Hz laser's group) required more time than the high-speed handpiece. The morphological analyses revealed that the experimental groups presented bigger amount of remaining restorative material. At deep walls removal assessment the groups 2Hz and 4Hz presented worst performance. The SEM analyses showed irregularities of resultants cavities of experimental groups what increase

proportionally to the repetition rate increase. As the laser group 10Hz also showed ablation of healthy dental tissue. In all groups that the removal was made with Er:YAG laser the remaining restorative material presented melting areas. Therefore it is concluded that the that Er:YAG laser is efficient and safe for composite resin ablation considering the parameters chose in this study. The increase of pulse frequency improved the performance ablation when the time spent and the amount of restorative material removal is analyzed, but it influence was negative when thermal side effects was verified and provided more irregularities in deep wall. Amongst the tested parameters the 250mJ/6Hz was the best and safest to due the minimal thermal alteration caused and acceptable time spent for the procedure.

Key-words: Laser Er:YAG. Composite resin. Temperature. Morphology.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Novas alternativas como jato de ar-abrasão, ultra-som e irradiação a laser vêm sendo propostas para adesão, confecção do preparo cavitário e tratamento superficial dos substratos (CHINELATTI et al, 2006; CHIMELLO-SOUZA et al., 2006; DE SOUZA-GABRIEL, 2006). Dentre os aspectos positivos no tratamento com laser em crianças e adultos, são reportados a não necessidade de anestesia local (CHAIYAVEJ et al., 2000; DENBESTEN et al., 2000) e o menor desconforto durante o preparo cavitário (KUMAZAKI, 1994; MATSUMOTO, 1994), devido à eliminação de fatores como a vibração, pressão, ruídos e estresse do paciente durante os procedimentos com motores convencionais.

A palavra laser tem sua origem num acrônimo da língua inglesa e significa “Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation” (PICK, 1993) ou Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação. Os primeiros estudos referentes à utilização do laser em Odontologia foram realizados por Goldman et al. (1964), que analisaram os componentes inorgânicos de tecidos calcificados irradiados com laser rubi.

Outros tipos de laser surgiram posteriormente, e atualmente o laser Er: YAG tem demonstrado performance superior no que diz respeito aos preparos cavitários em tecidos dentais duros (NEEV et. al,1996), apresentando habilidade para remover esmalte, dentina e tecido cariado com menor quantidade de danos provocados pelo calor gerado durante a ablação do substrato dental, uma vez que os excessivos danos térmicos têm sido um dos maiores problemas associados a outros lasers como Nd:YAG e CO₂ (FRENTZEN & KOORT, 1990; ANIC et al., 1993).

Em 1988, Paghdwala foi o primeiro a pesquisar e verificar a habilidade do laser Er:YAG em ablacinar tecidos dentais duros, e observou excelente resultado para o preparo do esmalte e da dentina com baixa energia, tendo um pequeno aumento de temperatura (4,3°C), fato este que foi comprovado posteriormente por Hibst & Keller (1989). O laser Er:YAG possui como meio ativo um cristal de ítrio-alumínio-granada (Yttrium-Aluminum-Garnet) dopado em íons de érbio, que uma vez estimulado por uma lâmpada de *flash* dentro de um ressonador, emite um feixe de luz com comprimento de onda de 2,94 micrometros, o qual coincide com o pico máximo de absorção da água e dos radicais OH⁻ presentes nos minerais dos tecidos biológicos duros(GIMBEL, 2000).

O laser Er:YAG causa a vaporização da água e dos componentes orgânicos hidratados do tecido. A energia incidente na estrutura dentária durante a sua irradiação é suficiente para produzir apenas a vaporização da água, com a maior parte consumida no processo de ablação, e uma pequena fração de energia resulta em aquecimento da estrutura dentária remanescente (KELLER & HIBST, 1989). Além disso, na ablação, a frequência é o parâmetro mais importante para a determinação do acúmulo de calor no tecido (KELLER & HIBST, 1995), sendo diretamente proporcional o aumento da frequência ao aumento de temperatura do tecido irradiado.

Com os avanços alcançados pela Odontologia houve a diminuição na incidência de lesões de cárie primária e, conseqüentemente, na realização de procedimentos restauradores. Porém uma a cada três restaurações se apresenta insatisfatória e possuem falhas com relação aos critérios de sucesso clínico (ELDERTON,1976), e dessa forma muitos profissionais gastam grande parte de seu

tempo e obtêm substancial parte de seus rendimentos substituindo restaurações existentes (KIDD, 1990).

Em 1995, Paterson observou que 70% das restaurações realizadas correspondiam a substituições de restaurações existentes, sendo apresentado em outro estudo que 60% das restaurações de amálgama necessitavam substituição em menos de 10 anos, e 52% das restaurações de resina em menos de 7 anos (MJÖR, 2002).

Dessa forma, devido a grande demanda de substituições de restaurações de resina composta, e visando maior custo benefício do equipamento de laser Er:YAG, o estudo para o emprego do laser na remoção de cimentos e restaurações de resina vem sendo feito, e ablação efetiva comparável a remoção de esmalte e dentina sadia vem sendo observada (HIBST & KELLER, 1992).

Apesar do laser Er:YAG apresentar uma interação fotomecânica mediada pela água durante o processo de ablação de tecidos duros dentais, no caso de remoção das resinas compostas parece ocorrer pouca remoção mecânica mediada, de fato, pela água. Na verdade, parece ocorrer também uma absorção direta do laser pelo material resinoso, gerando um aquecimento que resultará em vaporização explosiva seguida de ejeção hidrodinâmica (LIZARELLI et al., 2003). Uma rápida fusão cria grandes forças de expansão devido a mudanças de volume do material já fundido. A expansão do líquido se opõe à energia de superfície dele ou da tensão superficial. Essas forças contrárias combinadas com a estrutura resultante da resina criam protruções superficiais, resultantes da aceleração das porções removidas e ejetadas na superfície. (LIZARELLI et al., 2005)

Hibst e Keller (1991) testaram a ablação de alguns materiais restauradores, entre eles a resina composta, e demonstraram que o laser Er:YAG foi eficiente para

a ablação de todos os materiais testados, mas foi sugerido a ocorrência de um maior aumento de temperatura durante os procedimentos do que quando comparado a ablação de esmalte e dentina.

Vários estudos sobre o emprego do laser para remoção do tecido dental vêm sendo realizados, abordando especialmente a eficiência de ablação e os efeitos térmicos, uma vez que pesquisas comprovam que o calor transferido através de esmalte e dentina para a polpa durante a confecção dos preparos pode causar danos irreversíveis à mesma (ZACH & COHEN, 1965; CAVALCANTI et al., 2002), no entanto, pouco se sabe sobre esses efeitos quando utilizado para remoção de restaurações de resina composta.

Considerando o uso cada vez maior dos materiais restauradores estéticos e a necessidade de aprimoramento de técnicas para substituição de restaurações insatisfatórias, estudos são necessários para a avaliação da capacidade do laser Er:YAG na remoção de restaurações de resina composta.

2. PROPOSIÇÃO

O objetivo do presente estudo foi avaliar *in vitro*, a capacidade do laser Er:YAG, em diferentes frequências, na remoção de restaurações de resina composta híbrida. Para tal avaliação o estudo foi dividido em dois capítulos:

— no capítulo 1 foi considerado:

- o tempo necessário para remoção;
- a alteração térmica causada aos tecidos adjacentes a restauração.

— no capítulo 2 foi considerado:

- a análise das cavidades resultantes do procedimento através:
 - do exame visual, quanto a remoção total ou parcial da restauração;
 - da análise morfológica em Microscópio Eletrônico de Varredura.

3. CAPÍTULOS

3.1 Capítulo 1

Submetido à publicação no periódico American Journal of Dentistry (Anexo1)

Repetition rate influence in the thermal alteration during the composite resin removal with Er:YAG laser

Alessandra M Correa - Afonso, DDS, master student^(a)

Regina G Palma-Dibb, DDS, MS, PhD, Associated Professor^(a)

Jesus Djalma Pécora, DDS, MS, PhD, Chairman Professor^(a)

^(a) Department of Restorative Dentistry, Ribeirão Preto School of Dentistry, University of São Paulo, Ribeirão Preto-SP, Brazil, CEP 14040-904.

***Correspondence to:**

Profa. Dra. Regina Guenka Palma Dibb

Universidade de São Paulo (USP)

Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto

Departamento de Odontologia Restauradora

Av. do Café, S/N Monte Alegre CEP: 14040-904 Ribeirão Preto - SP, Brazil

Phone: 55 16 36024016 e-mail: rgpalma@forp.usp.br

Repetition rate influence in the thermal alteration during the composite resin removal with Er:YAG laser

Abstract

Purpose: The aim of the current study is the assessment of Er:YAG laser efficacy for composite resin removal and repetition rate influence in the thermal alteration during the composite resin removal. **Methods:** Cavity preparations (1.0mm deep) in bovine teeth were restored with resin and divided into 5 groups: Group I (control), in which the restoration removal was made with high-speed bur and experimental groups, which had the removal performed with Er:YAG laser energy of 250mJ (96.26 J/cm²) Group II – 2Hz; Group III – 4Hz; Group IV – 6Hz; Group V – 10Hz. The removal time was measured and the temperature alteration was checked. **Results:** The results revealed that temperature increase happened at the substrate under the restoration during the removal using the Er:YAG laser. Another observed aspect at Laser groups' results was that the increase of temperature was directly proportional to the increase of the repetition rate employed. In spite of the results all tested groups showed temperature by 5.6°C, which has been considered safe for the pulp vitality. In relation to the time for removal the experimental groups (in exception of 10Hz laser's group) required more time than the high-speed handpiece. Although more time was required for composite removal when employed 6Hz the difference for the fastest groups was little so it is possible the clinical application.

Clinical Significance

With Dentistry advances, has been observed an incidence decreased of primary caries lesion. However, a lot of restorations present unsatisfactory aspect of clinical successful criteria. In this way a lot of clinicians lose great part of their time and get substantial part of their incomes substituting existents restorations.

Introduction

New alternatives such as air-abrasion, ultrasound and laser irradiation have been proposed for adhesion (1), cavity preparation (2) and superficial treatment of the substrates (3). Some aspects of laser that have been considered to be positive are the treatment without anesthesia on children and adults (4,5) and less discomfort during the cavity preparation (6,7), due to the elimination of such factors as vibration, pressure, noise and the patient's stress during the procedures with rotating instruments.

Different kinds of lasers have been employed in Dentistry, however nowadays the Er:YAG laser shows superior performance as regards the cavity preparations in dental hard tissues (8), showing its ability to remove enamel, dentine and caries, with less damages to the tooth by thermal effects, which is one of the greatest problems associated with other lasers, such as Nd:YAG and CO₂ (9,10).

In 1988, Paghdiwala (11) was the first to search and notice the Er:YAG laser ablation ability of dental hard tissues and observed excellent preparations results of enamel and dentin using low energy. Moreover, it also noticed a few increase of temperature (4.3 °C), this fact was proven later by Hibst & Keller (12). Er:YAG laser has an active Yttrium-Aluminum-Garnet crystal doped with erbium ions, that once stimulated by a flash light bulb into a resonator emits a light beam wavelength 2.94 micrometers.

The Er:YAG laser cause water and tissue organics components vaporization. The incident energy of dental structure during its irradiation is sufficient for produce only water vaporization. The energy has a greater part consumed in the ablation process and a fewer portion of energy results in heating of remainder dental structure (12). Moreover, the repetition rate is the most important parameter for determining

the tissue heat accumulation during ablation (13,14), as the increase of the frequency directly proportional of increase the irradiated tissues temperature.

With Dentistry advances, has been observed an incidence decreased of primary caries lesion and thus at the restorative procedures. However, one of each three restorations presents unsatisfactory aspect of clinical successful criteria (15). In this way a lot of clinicians lose great part of their time and get substantial part of their incomes substituting existents restorations (16).

In 1995, Paterson (17) noticed that 70% of realized restorations were substitution of existent restoration, as presented in another study that 60% of alloy restorations need a substitution in less than 10 years and 52% of composite resin restoration in less than 7 years (18).

Therefore, studies about the employ of Er:YAG laser at removal of the cement and composite resin restoration have been made due the great demand of the composite resin restorations substitution and aiming the great cost-benefit laser equipment. Thus a comparable effective of enamel and dentin ablation have been observed (19).

Hibst and Keller (20) tested the ablation of some restorative fillings materials, including composite resin, and demonstrate that Er:YAG was efficient for all tested materials but a greater thermal side effect to the adjacent substances when compared to dental enamel and dentin was suggested.

Despite the Er:YAG laser present water mediated photomechanical interaction during the dental hard tissues ablation process, the composite resin ablation mechanisms involve explosive vaporization following by a hydrodynamic ejection (21).

Many studies about employ of the laser at ablation of dental hard tissues have been realized. These studies approaching specially the efficiency and thermal effects caused by laser, because the researches proven that the heat transferred to the pulp through the enamel and dentin during the cavity preparations may cause irreversible damages to it (22,23). However, little is known on these aspects when used for removal of composite resin restoration.

Considering the increase of aesthetic restorative materials and improvement need of unsatisfactory restoration substitution, the aim of this study is the assessment of Er:YAG laser efficacy for composite resin removal and repetition rate influence in the thermal alteration during the composite resin removal with Er:YAG laser. The times expend during the restoration removal and thermal side effects caused by laser were analyzed.

Material and Method

Seventy five freshly extracted bovine incisors were selected for the purpose of this study. They were cleaned with a curette, received prophylaxis with Robinson's brush, water and pumice and then stored in distilled water at 4°C.

The roots portions of the teeth were excluded using water-cooled diamond disk, coupled to a cutting machine (Minitom, Struers A/S, Copenhagen, DK-2610, Denmark). After this, the crowns were sectioned producing 75 labial central samples measuring 4x4x2.5mm. The sections were fixed in teflon cylinders with the surface parallel to the device and ground with a Politriz (DP-9U2, Panambra/Strues, A/S), using #400 sandpapers under constant cooling, obtaining samples with 0.5mm enamel and 1.5mm dentine.

The planned samples were joined at 4x4x1mm copper plates for the best heat diffusion during the restoration removal. These sets were placed at Plexiglas plate with orifices and forbade with wax to block the water passage during the procedure to the copper wire, which was put in contact with the copper plate.

Cavities measuring 2x2x1mm were made with a #245 carbide bur and were conditioned with 35% phosphoric acid for 15 seconds. After washing and removing the excess water with absorbent paper, the adhesive system was applied and light-cured for 10 seconds.

The composite resin restoration was done in two increments inserted sideways in the cavity, polymerizing each increment for 20 seconds. A glass plate was used to obtain a flat surface. The esthetic restoration material used was the hybrid composite resin Z250, color A4 (Table 1). The restoration was polished for 30 seconds with composite resin polishing system.

The samples were randomly assigned into five groups (n=15). In the control group the restoration was removed with high-speed handpieces (Dabi-Atlante, S.A., Ribeirão Preto, SP, Brazil), using diamond cylindrical burs #1092 with air-water cooling, discarded after use in five samples. In the other groups were used the Er:YAG laser with a 250mJ constant energy (96,26J/cm²) and different frequencies: Group II – 2Hz; Group III – 4Hz; Group IV – 6Hz; .Group V – 10Hz.

The employed laser equipment was the Er:YAG model Kavo Key Laser II (Kavo Co., Biberach, Germany), 2.94 μm wavelength, energy adjustable from 60 to 500 mJ, frequency from 1 to 15 Hz, pulse duration from 250 to 500 μs , focused for a 12.0mm distance between the laser and the target. A laser diode ($\lambda = 635\text{nm}$; power = 1mW) was used as guide. The diameter of the output tip is 0.63mm.

Air-water cooling was used during irradiation. The water flow (constant 1.0mL/minute) used was the greater value and was regulated by a valve located in upper part of the pen (laser 2051) connected to the equipment laser by an optic fiber. For the high-speed handpiece the water flow was 100mL/min. For removal of the restoration, the bunch was used in no-contact, focused to 12mm between the laser output and the target.

In order to standardize distance for the high-speed handpiece, a device that keeps the laser or the high-speed handpiece tip at a constant distance was employed. The sample was fixed on a movable base, thus allowing the entire surface of restoring material to be worked on at the same distance.

The time (in seconds) required for removing the restorative material in each group was measured with a chronometer.

During the restoration removal of each group, the temperature was checked with Tektronix (DMM 916, Taiwan) equipment, consisting of a thermocouple in contact with the surface and which records the temperature on a digital display.

The thermocouple was put in contact with the copper plate of the cavity. The temperature was checked and recorded before the beginning, during the procedure and at the end of the removal.

The end of the restoration removal in both groups was established by visual inspection, for the color of the used composite resin was contrasting with the colors of the sample, in order to facilitate this observation.

For analyses purposes, the temperature variation was measured during the removal in °C and time expend in seconds.

The Kruskal-Wallis test was used for the differentiating of the groups.

Results

The medians, means and standard-deviations about temperature alteration and time spent of each group are on Tables 2 and 3, respectively.

Data analyses showed that in thermal alterations there was a statistically significant difference between all groups ($p=0.01$). The group II (Laser 250mJ/2Hz) presented the lowest alteration, and also showed a decrease in temperature. The control group (high-speed handpiece) showed a low alteration too, remaining practically constant. The others lasers groups presented greater increases than the control group (Graphic 1). As the group of Laser 250mJ/4Hz presented a constant temperature during the last 30 seconds of removal and at the other groups the temperature continued increasing until the end of the procedure.

Another observed aspect at laser groups' results was that the increase of temperature was directly proportional to the increase of the used repetition rate (frequency).

At the data analyses of time restorative material removal was observed a behavior similar between the high-speed and the laser 250mJ/10Hz groups, revealing no statistical difference between these groups ($p> 0.01$). However the remaining lasers groups required more time to finish the removal of the composite resin. The laser 250mJ/4Hz group spent twice the time of the control group and the laser 250mJ/2Hz required four times the removal time of the control group.

Discussion

The results of present work revealed that temperature increase happened at the substrate under the restoration during the composite removal using the Er:YAG laser. This fact was also observed by Keller & Hibst (13) and Fried et al. (14), who

concluded that pulse frequency is the most influential factor for tissue heat accumulation.

However the only group that presented a lower increase of temperature than the control group was the 2Hz group. Other laser groups, which used higher frequencies, showed higher increases of temperature. The reason of the higher increases of temperature when higher frequencies are employed is the lower refrigeration time that the higher pulses amounts provide.

In spite of the greater increases none of the groups presented temperature increases higher than 5.6°C, the critical value of temperature that may cause irreversible damages to the pulp (22). Previous studies about hard tissues ablation evidenced the same result (13,24,25,26), but with lower increases of temperature. This difference could be explained by the substrate type ablated due to the thermal conductivity coefficients - The thermal conductivity, K , of a substance is a heat quantity, in calories or joules per second that pass through 1cm thick of material, with a transversal sectioned about 1 cm², when the temperature difference is 1°C. The composite resin has a thermal conductivity coefficients about 0.011 J/s/cm²/(°C/cm) against 0.0063 J/s/cm²/(°C/cm) of dentin, which result in almost twice the pass of heat for the adjacent substrates (27).

Despite the Er:YAG laser present water mediated photomechanical interaction during the dental hard tissues ablation process, the composite resin ablation mechanisms involve explosive vaporization followed by a hydrodynamic ejection. During the composite resin ablation rapid melting creates large expansion forces due to the volume change of material upon melting. Moreover there are surfaces protrusions formation, which are the result of the counteracting forces combined with

the composite resin structure, which are accelerated away from the surface as droplets (21).

Hibst and Keller (20) had suggested the greater thermal alteration when composite resin is ablated in their study about Er:YAG laser ablation of restorative filling material, in which was observed a crater morphologies very different from the natural dental hard tissues revealing strong signs of thermal interactions, with great melting areas.

Regarding the time for removal, the experimental groups (in exception of 10Hz laser's group) required more time than the high-speed handpiece. For 2Hz was spent four times the control group and for 4Hz twice. Although more time was required for composite removal when employed 6Hz the difference for the fastest groups was little so it is possible the clinical application.

Despite the comparable required time of Z250 composite resin removal between the high speed and the 10Hz laser group the mean of the temperature increase results didn't reach the critical value (5.6°C) but it arrived close (4.77°C) presenting some specimens in experiment that reached and pass of 5.6°C, what becomes this parameter of Er:YAG laser dangerous for clinical applications, mainly in deep cavities.

Conclusion

The experiments demonstrate that Er:YAG laser is efficient and safe for composite resin ablation considering the parameters choice. Amongst the tested parameters the 250mJ/6Hz was the best and safest to due the minimal thermal alteration caused and acceptable time spent for the procedure. However more

studies that employ other restorative materials are necessary as well as others parameters must be tested for better laser indication.

Acknowledgments: FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) process n. 04/13238-6 and 05/01680-9.

References

1. Chimello-Sousa DT, de Souza AE, Chinelatti MA, Pecora JD, Palma-Dibb RG, Milori Corona SA. Influence of Er:YAG laser irradiation distance on the bond strength of a restorative system to enamel. *J Dent* 2006; 34:245-251.
2. Chinelatti MA, Ramos RP, Chimello DT, Corona SA, Pecora JD, Dibb RG. Influence of Er:YAG laser on cavity preparation and surface treatment in microleakage of composite resin restorations. *Photomed Laser Surg* 2006; 24:214-218.
3. de Souza-Gabriel AE, Chinelatti MA, Borsatto MC, Pecora JD, Palma-Dibb RG, Corona SA. Effect of Er:YAG laser irradiation distance on superficial dentin morphology. *Am J Dent* 2006; 19:217-221.
4. Chaiyavej S, Yamamoto H, Takeda A, Suda H. Response of feline intradental nerve fibers to tooth cutting by Er:YAG laser. *Lasers Surg and Med* 2000; 27:341-349.
5. Denbesten PK et al. The randomized prospective parallel controlled study of safety and effectiveness of Er:YAG laser uses in children goes decay removal. *Proceedings of SPIE* 2000; 3910:171-174.
6. Kumazaki M. Removal of hard dental tissue (cavity preparation) with the Er:YAG laser. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASER IN DENTISTRY, Singapore. *Proceedings of the third International Congress on Lasers in Dentistry* 1994; 4:151-157.
7. Matsumoto K. Tooth pain control by laser. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASER IN DENTISTRY, Singapore. *Proceedings of the third International Congress on Lasers in Dentistry* 1994; 4: 287-291.

8. Neev J, Pham K, Lee JP, White JM. Dentin ablation with three infrared lasers. *Lasers Surg and Med* 1996; 18:121-128.
9. Frentzen M, Koort HJ. Lasers in dentistry: new possibilities with advancing laser technology? *Int Dent J* 1990; 40:323-332.
10. Anic I, Dzibur A, Vidovic D, Tudja M. Temperature and surfaces changes of dentin and cementum induced by CO₂ laser exposure. *Int Endod J* 1993; 26:284-293.
11. Paghdwala AF. Application of the Er:YAG laser on hard dental tissues: Measurement of the temperature changes and depths of cuts. *L.I.A., ICALEO* 1988; 64:192-201.
12. Hibst R, Keller U. Experimental studies of the application of the Er:YAG laser on dental hard substances: I. Measurement of the ablation rate. *Lasers Surg and Med* 1989; 9:338-344.
13. Hibst R, Keller U. Effect of water spray and repetition rate on temperature elevation of dentine. *Proceedings of SPIE* 1995; 2623:139-144.
14. Fried D, Ragadio J, Champion A. Residual heat deposition in dental enamel during IR laser ablation at 2.79, 2.94, 9.6, and 10.6 μm . *Laser Surg Med* 2001; 29:221-229.
15. Elderton RJ. The prevalence of failure of restorations: a literature review. *J Dent* 1976; 4:207-210.
16. Kidd EA. Caries diagnosis within restores teeth. *Adv Dent Res* 1990; 4:10-13.
17. Paterson FM, Paterson RC, Watts A, Blinkhorn AS. Initial stages in the development of valid criteria for the replacement of amalgam restorations. *J Dent* 1995; 23:137-143.

18. Mjör IA, Gordan VV. Failure, repair, refurbishing and longevity of restorations. *Oper Dent* 2002; 27:528-534.
19. Hibst R, Keller U. "Dental Er:YAG application: evaluation of thermal side effect". In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASER IN DENTISTRY *Proceedings of the third International Congress on Lasers in Dentistry* 1992; 231-232.
20. Hibst R, Keller, U. Removal of dental filling materials by Er:YAG laser radiation. *Proceedings of SPIE* 1991; 1424:120-126.
21. Lizarelli RFZ, Moriyama LT, Pelino JEP, Bagnato VS. Ablation rate of morphological aspects of composite resin exposed to Er:AYG laser. *J Oral Laser Appl* 2005; 5:151-160.
22. Zach L, Cohen G. Pulp response to externally applied heat. *Oral Surgery* 1965; 19:515-530.
23. Cavalcanti BN, Otani C, Turns SM. High-speed cavity preparation techniques with different water flows. *J Prosthet Dent* 2002; 87:158-161.
24. Burkes EJ, Hoke J, Gomes E, Wolbarsh M. Wet versus dry enamel ablation by Er:YAG laser. *J Prosthet Dent* 1992; 67:847-851.
25. Mehl A, Kremers L, Salzmann K, Hickel R. 3D volume-ablation rate and thermal side effects with the Er:YAG and Nd:YAG laser. *Dent Mater* 1997; 13:246-251.
26. Tokonabe H, Kouji R, Watanabe H, Nakamura Y, Matsumoto K. Morphological changes of human teeth with Er:YAG laser irradiation. *J Clin Laser Med Surg* 1999; 17:7-12.
27. Craig RG, Powers JM. *Materiais dentários restauradores*. 11^o ed, São Paulo: Livraria Santos editora, 2004; 50 -51.

Table 1. Restorative materials.

Description	Trade Mark	Manufacturer	Composition	Batch number
Adhesive System	Single Bond	3M, Dental Products, St Paul, MN USA	Bis-GMA, HEMA, ethanol, H ₂ O, dimethacrylates, CQ, PAA	3JM
Hybrid composite resin	Z250	3M, Dental Products, St Paul, MN USA	Bis-GMA, UDMA, Bis-HEMA, Zirconia, Silica	3NF

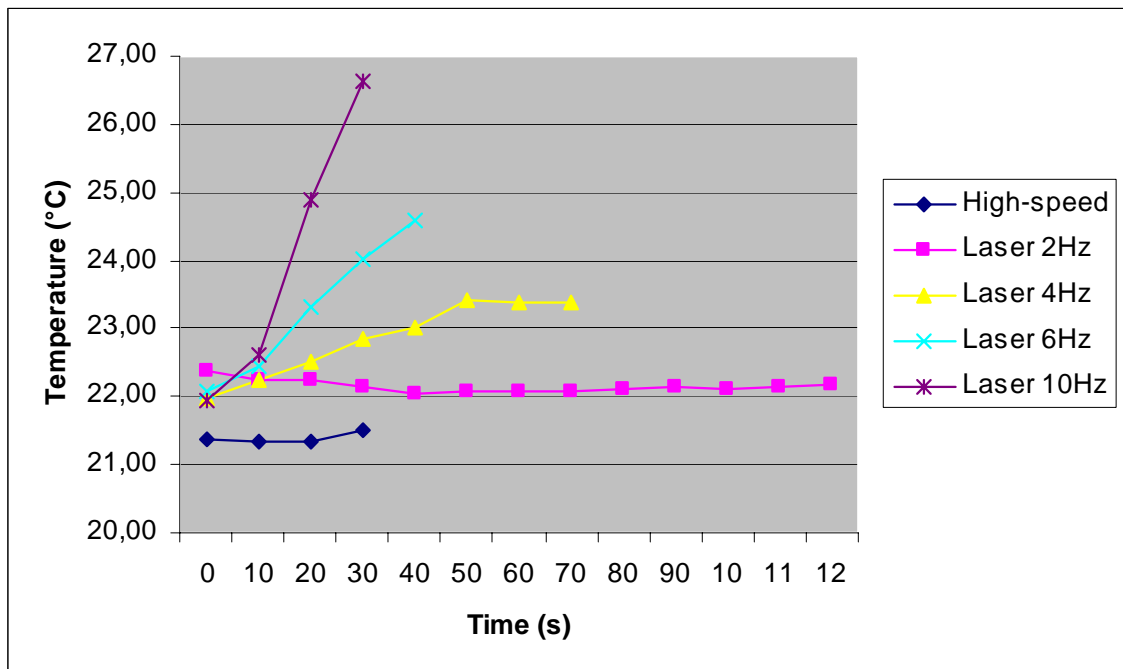
Table 2. Means, standard deviations and medians of temperature increase during composite resin removal by different methods.

	Median (°C)	Mean/SD (°C)
High-speed	0.20 c	0.28 (0.33)
Laser 2Hz	0.00 c	-0.16 (0.51)
Laser 4Hz	1.50 b	1.47 (0.86)
Laser 6Hz	2.50 b	2.47 (0.83)
Laser 10Hz	5.00 a	4.77 (1.37)

Table 3. Means, standard deviations and medians of time required for removal of the restorative material.

	Median (s)	Mean/SD (s)
High-speed	29.00 c	28.67 (2.38)
Laser 2Hz	110.00 a	114.53 (16.81)
Laser 4Hz	60.00 b	62.93 (13.54)
Laser 6Hz	39.00 c	40.20 (5.75)
Laser 10Hz	29.00 c	28.33 (2.16)

Graphic 1. Temperature increase during composite resin removal by all groups in accordance with the time spent.



3. CAPÍTULOS

3.2 Capítulo 2

Submetido à publicação no periódico Operative Dentistry (Anexo2)

Ability of Er:YAG laser to remove composite resin restoration and morphological analyses.

Alessandra M Correa - Afonso, DDS, Master student^(a)

Regina G Palma-Dibb, DDS, MS, PhD, Associated Professor^(a)

Jesus Djalma Pécora, DDS, MS, PhD, Chairman Professor^(a)

^(a) Department of Restorative Dentistry, Ribeirão Preto School of Dentistry, University of São Paulo, Ribeirão Preto-SP, Brazil, CEP 14040-904.

***Correspondence to:**

Alessandra Marques Corrêa Afonso

Universidade de São Paulo (USP)

Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto

Departamento de Odontologia Restauradora

Av. do Café, S/N Monte Alegre CEP: 14040-904 Ribeirão Preto - SP, Brazil

Phone: 55 16 36024016 e-mail: lemcorrea@gmail.com

Ability of Er:YAG laser to remove composite resin restoration and morphological analyses.

Clinical relevance

With Dentistry advances it has been observed a decrease in the incidence of primary caries lesion. However, a lot of restorations present unsatisfactory aspect of clinical successful criteria. Therefore a lot of clinicians lose great part of their time and get substantial part of their incomes substituting existents restorations. Thus this study is relevant for the dental research due to the great demand of the substitution of restorations and aiming the great of the cost-benefit laser equipment.

Abstract

The aim of the current study is the assessment of the Er:YAG laser capacity of composite resin restoration removal using different frequencies and analyses of the final aspect of the cavity after the composite resin removal by scanning electron microscope. Cavity preparations (1.0mm deep) in bovine teeth were restored with resin and divided into 5 groups: Group I (control), in which the restoration removal was made with high-speed bur and experimental groups, which had the removal performed with Er:YAG laser energy of 250mJ (96.26 J/cm²) Group II – 2Hz; Group III – 4Hz; Group IV – 6Hz; Group V – 10Hz. After the removal, the specimens were split up in the middle, and the surrounding and deep walls were analyzed to check for the presence of restorative material. The estimation was qualitative. The surfaces were examined with a scanning electron microscope. The results revealed that the experimental groups presented a greater amount of remaining restorative material. At deep walls removal analyses the laser groups 250/2Hz and 250/4Hz presented worst

performance. The SEM analyses showed irregularities of resultant cavities of experimental groups which increase proportionally to the repetition rate increase. In all groups that the removal was made with Er:YAG laser the remaining restorative material presented melting areas.

Introduction

With Dentistry advances it has been observed a decrease in the incidence of primary caries lesion and thus at the restorative procedures. However, one of each three restorations presents unsatisfactory aspects of clinical successful criteria.¹ Therefore a lot of clinicians lose great part of their time and get substantial part of their incomes substituting existent restorations.² The major part of any restorative material restorations is substituted in less than 7 years.³

New alternatives, such laser irradiation, have been proposed for dentistry procedures in dental clinic.⁴⁻⁶ Among the lasers systems currently available, the Er:YAG laser has been advocated as a viable approach for selective removal of caries tissue, cavity preparation and dental surface pretreatment considering some positive aspects as the treatment without anesthesia on children and adults^{7,8} and less discomfort during the cavity preparation,^{9,10} due to the elimination of such factors as vibration, pressure, noise and the patient's stress during the procedures with rotating instruments.

Studies about the application of Er:YAG laser has been also considered the removal of the cements and composite resin restoration, due to the great demand of the restorations substitution and aiming the great cost-benefit of the laser equipment. Thus a comparable effective of enamel and dentin ablation have been observed.¹¹

For the dental hard tissues ablation the amount of tissue removed by the Er:YAG laser and the impact upon adjacent tissues are dependent on some parameters, such as the irradiation time, pulse energy, distance of irradiation, emission mode, tissue water cooling as well as the pulse repetition rate. At the removal of composite resin these parameters are also important, mainly the pulse

repetition rate, that is the most important parameter for determining the tissue heat accumulation during ablation.¹²

Hibst and Keller¹³ tested the ablation of some restorative fillings materials, including composite resin, and demonstrate that Er:YAG laser was efficient for all tested materials but a greater thermal side effect to the adjacent substances when compared to dental enamel and dentin was suggested.

Considering the increase of aesthetic restorative materials and improvement the need of unsatisfactory restoration replacement, the aim of the current study is the assessment of the Er:YAG laser capacity of composite resin restoration removal using different frequencies and analyses of final aspect of the cavity after the composite resin removal by scanning electron microscope (SEM).

Methods & Materials

Seventy five freshly extracted bovine incisors were selected for the purpose of this study. They were cleaned with a curette, received prophylaxis with Robinson's brush, water and pumice and then stored in distilled water at 4°C.

The roots portions of the teeth were excluded using water-cooled diamond disk, coupled to a cutting machine (Minitom, Struers A/S, Copenhagen, DK-2610, Denmark). After this, the crowns were sectioned producing 75 labial central samples measuring 4x4x2.5mm. The sections were fixed in teflon cylinders with the surface parallel to the device and ground with a Politriz (DP-9U2, Panambra/Strues, A/S), using #400 sandpapers under constant cooling, obtaining samples with 0.5mm enamel and 1.5mm dentine.

Cavities measuring 2x2x1mm were made with a #245 carbide bur and were conditioned with 35% phosphoric acid for 15 seconds. After washing and removing

the excess water with absorbent paper, the adhesive system was applied and light-cured for 10 seconds.

The composite resin restoration was done in two increments inserted sideways in the cavity, polymerizing each increment for 20 seconds. A glass plate was used to obtain a flat surface. The esthetic restoration material used was the hybrid composite resin Z250 (3M products, St. Paul, MM, USA) color A4. The restoration was polished for 30 seconds with composite resin polishing system.

The samples were randomly assigned into five groups (n=15). In the control group the restoration was removed with high-speed handpieces (Dabi-Atlante, S.A., Ribeirão Preto, SP, Brazil), using diamond cylindrical burs #1092 with air-water cooling, discarded after use in five samples. In the other groups were used the Er:YAG laser with a 250mJ constant energy (96,26J/cm²) and different frequencies: Group II – 2Hz; Group III – 4Hz; Group IV – 6Hz; .Group V – 10Hz.

The employed laser equipment was the Er:YAG model Kavo Key Laser II (Kavo Co., Biberach, Germany), 2.94 μm wavelength, energy adjustable from 60 to 500 mJ, frequency from 1 to 15 Hz, pulse duration from 250 to 500 μs , focused for a 12.0mm distance between the laser and the target. A laser diode ($\lambda = 635\text{nm}$; power = 1mW) was used as guide. The diameter of the output tip is 0.63mm.

Air-water cooling was used during irradiation. The water flow (constant 1.0mL/minute) used was the greater value and was regulated by a valve located in upper part of the pen (laser 2051) connected to the equipment laser by an optic fiber. For the high-speed handpiece the water flow was 100mL/min. For removal of the restoration, the bunch was used in no-contact, focused to 12mm between the laser output and the target.

In order to standardize distance for the high-speed handpiece, a device that keeps the laser or the high-speed handpiece tip at a constant distance was employed. The sample was fixed on a movable base, thus allowing the entire surface of restoring material to be worked on at the same distance.

The end of the restoration removal in all groups was established by visual inspection, for the color of the used composite resin was contrasting with the colors of the sample, in order to facilitate this observation.

After the removal, the specimens were split up in the middle, and the surrounding and deep walls were analyzed with an 80x stereomicroscope to check for the presence of restorative material. The estimation was qualitative and scores were considered: (1) total removal of restorative material; (2) partial removal of restorative material; (3) material not removed – more than 70% of the remaining restorative material.

The Kruskal-Wallis test was used for the differentiation of the groups and the Friedman test was used for the differentiation of the examiners.

For SEM analyses all the specimens were cleaned with an ultrasound apparatus for 10 minutes. After that the samples were immersed in 2.5% glutaraldehyde solution buffered with 0.1 M sodium cacodilate, followed by rinsing in distilled water. The specimens were then dehydrated with ethanol in increasing percentage solutions: 25% (20 minutes), 50% (20 minutes), 75% (20 minutes), 90% (30 minutes) and 100% (60 minutes) and dried with absorbing paper. Specimens were fixed with aluminum stubs with their treated surfaces facing upwards and coated by a layer of gold-palladium using a sputtering device (SDC 050).

The surfaces were examined with a scanning electron microscope Zeiss (DSM 940A, Germany, Laboratório de Caracterização Estrutural do DEMa - LCE-DEMa/

UFSCAr-SP, Brasil) operating at 20kV. Standardized series of photomicrographs were taken with different magnifications. A consensus was reached to select the representative illustrations of each group.

The findings at the SEM analysis were not statically analyzed, since the objective of the analysis was to perform a visual and qualitative comparison of the different experimental conditions proposed in the study.

Results

There was no significant statistical difference ($p>0.05$) between the examiners at statistical analyzes of their examination after the end of the procedure. This fact revealed a good calibration between them in both exams, deep walls examination and lateral walls examination.

The assessment of the surrounding walls restorative material removal showed a significant statistical difference between the control group and the experimental groups. The experimental groups presented a greater amount of remaining restorative material and there was no significant statistical difference between them (Table 1).

At deep walls removal analyses the laser groups 250/2Hz and 250/4Hz presented a bigger amount of remaining restorative material and showed statistical difference of the control group and the laser group 250/10Hz (Table 2) which were similar between them.

At the SEM analyses it was possible to observe the irregularities of resultant cavities of experimental groups which increase proportionally with the repetition rate increase (frequency) (Fig 1).

In all groups that the removal was made with Er:YAG laser the remaining restorative material presented melting areas, however in the control group a removal by wear out of material was verified (Fig 2).

Discussion

Despite the similarity between restorative and natural hard substances regarding the ablation efficiency¹² the mechanism of composite resin ablation by Er:YAG laser is different from the process of dental hard tissue ablation.¹⁵ The composite resin ablation does not present water mediated photomechanical interaction but the mechanisms involve explosive vaporization followed by a hydrodynamic ejection.¹⁵ Due to the above mentioned mechanisms the crater morphologies are very different. While craters produced in natural hard substances look as if the material has been ripped off by an explosion, ablation of filling materials reveals strong signs of thermal alterations, presenting melting areas.¹⁴

It was observed that melting formation occurred during the removal of restoration with laser, which confirms the thermal effect at the procedure,¹⁴ this fact may probably be responsible for the low success in the complete removal of the composite resin for the lasers groups mainly in lower pulse frequencies. Because of these melts the smaller the remains of the restoration more difficulty it is to tell the difference between the restorative material and the dentine of the cavity. Hibst and Keller¹⁴ also observed the melting areas formed in various restorative materials ablated, including composite resin.

Moreover if the material is vaporized sufficiently fast in the beam center, the resulting pressure might be high enough to drive out the surrounding melt along the

crater walls.¹⁴ This fact may explain the cause of all laser groups present remains of restorative material at surrounding walls.

Another aspect that could be observed was that the increase of pulse frequency per second improved the performance for complete removal of restorative material, mainly at deep walls, as the laser group 10Hz is comparable to the control group. The higher pulse frequency per second used improved the ablation of deep wall providing more effective and quickly ablation,¹⁶ as observed at SEM analyses. However at surroundings walls a similar behavior was observed for all used frequencies, what can be explained by the generate heat caused by the increase of the repetition rate. This increase of heat cause melting areas along the crater walls.

In the SEM analyses, one of the most popular and efficient methods to morphologically examine dental surface topography,¹⁷ it was observed that the procedure carried out with all experimental groups resulted in irregular cavity walls, which also was observed by other authors in studies of cavity preparation in dental hard tissues,¹⁸⁻²⁰ in contrast with the procedure fulfilled with high-speed handpiece that resulted in regular walls. It is due to the action mechanism of the Er:YAG laser as well as the punctual performance of laser beam at the surface making it difficult to make a regular shape of the deep wall when a clinical situation of composite resin restoration is simulated. The high-speed handpiece use burs of bigger diameter than the laser beam and consequently manage to do the cut of the substrate more regular.

Moreover, the observed wall irregularity increased with the pulse frequency. This may probably be explained by the fact that the increased pulse frequency per second provides a faster and greater volume of composite resin removal, as observed in dental hard tissues ablation²¹ and therefore results in more difficult

ablative process control. This difficulty of ablative process control observed when the greater pulse frequency was used also cause ablation of surrounding healthy hard tissue, mainly in deep walls.

Thus it can be verified that the laser is effective for the removal of the composite resin, however it didn't manage to remove all the restoration appropriately. Moreover, the increase of pulse frequency provided more irregularities and removed healthy dental hard tissues around the restoration. This unskilled ablation cause enlargement of cavity preparation size and therefore it is necessary to be careful and skilful in the use of the laser.

Conclusion

The experiments demonstrate that Er:YAG laser is efficient for composite resin ablation considering the parameters chosen. The increase of the pulse frequency improved the ablation but provided more irregularities in the deep wall. Therefore care and ability are necessary for the laser use not to cause any damages for the healthy dental hard tissues.

References

1. Elderton RJ (1976) The prevalence of failure of restorations: a literature review *Journal of Dentistry* 4(5) 207-210.
2. Kidd EA (1990) Caries diagnosis within restores teeth. *Advances in Dental Research* 4 10-13.
3. Paterson FM, Paterson RC, Watts A & Blinkhorn AS (1995) Initial stages in the development of valid criteria for the replacement of amalgam restorations *Journal of Dentistry* 23(3) 137-143.
4. Mjör IA & Gordan VV (2002) Failure, repair, refurbishing and longevity of restorations *Operative Dentistry* 27(5) 528-534.
5. Chimello-Sousa DT, de Souza AE, Chinelatti MA, Pecora JD, Palma-Dibb RG & Milori Corona SA (2006) Influence of Er:YAG laser irradiation distance on the bond strength of a restorative system to enamel *Journal of Dentistry* 34(3) 245-251.
6. Chinelatti MA, Ramos RP, Chimello DT, Corona SA, Pecora JD & Dibb RG (2006) Influence of Er:YAG laser on cavity preparation and surface treatment in microleakage of composite resin restorations *Photomedicine and Laser Surgery* 24(2) 214-218.
7. de Souza-Gabriel AE, Chinelatti MA, Borsatto MC, Pecora JD, Palma-Dibb RG & Corona SA (2006) Effect of Er:YAG laser irradiation distance on superficial dentin morphology *American Journal of Dentistry* 19(6) 217-221.
8. Chaiyavej S, Yamamoto H, Takeda A & Suda H (2000) Response of feline intradental nerve fibers to tooth cutting by Er:YAG laser *Lasers in Surgery and Medicine* 27(4) 341-349.

9. Den Besten PK, White JM, Pelino J, Lee K & Parkins F (2000) The randomized prospective parallel controlled study of safety and effectiveness of Er:YAG laser uses in children goes decay removal *Proceedings of SPIE* 3910 171-174.
10. Kumazaki M (1994) Removal of hard dental tissue (cavity preparation) with the Er:YAG laser *Proceedings of the third International Congress on Lasers in Dentistry* 4 151-157.
11. Matsumoto K (1994) Tooth pain control by laser. *Proceedings of the third International Congress on Lasers in Dentistry* 4 287-291.
12. Hibst R & Keller U (1992) Dental Er:YAG application: evaluation of thermal side effect *Proceedings of the third International Congress on Lasers in Dentistry* 231-232.
13. Keller U & Hibst R. (1995). Er:YAG laser effects on oral hard and soft tissues In: Miserandino LJ & Pick RM (eds) *Lasers in Dentistry* 161-172.
14. Hibst R & Keller U (1991) Removal of dental filling materials by Er:YAG laser radiation. *Proceedings of SPIE* 1424 120-126.
15. Lizarelli RFZ, Moriyama LT, Pelino JEP & Bagnato VS (2005) Ablation rate of morphological aspects of composite resin exposed to Er:AYG laser. *The Journal of Oral Laser Application* 5(3) 151-160.
16. Corrêa-Afonso AM, Palma-Dibb RG& Pécora JD (2006) Repetition rate influence in the thermal alteration during the composite resin removal with Er:YAG laser Master Student Thesis- Ribeirão Preto School of Dentistry, University of São Paulo.

17. Van Meerbeeck B, Vargas M, Inoue S, Yoshida Y, Perdigão J, Lambrechts P & Vanherle G (2000) Microscopy investigations. Techniques, results, limitations *American Journal of Dentistry* (Special Issue D) 13 3D-18D.
18. Visuri SR, Walsh JT & Wigdor HA (1996) Erbium laser ablation of dental hard tissue: effect of water cooling *Laser in Surgery and Medicine* 18(3) 294-300.
19. Armengol V, Jean A, Rohanizadeh R & Hamel H (1999) Scanning electron microscopic analysis of diseased and healthy dental hard tissues after Er:YAG laser irradiation: in vitro study *Journal of Endodontics* 25(8) 543-546.
20. Dostalová T, Jelinkova H, Krejsa O & Hamal H (1996) Evaluation of the surface changes in enamel and dentin due to possibility of thermal overheating induced by Erbium:YAG laser radiation *Scanning Microscopy* 10(1) 285-290.
21. Mehl A, Kremers L, Salzmann K & Hickel R (1997) 3D volume-ablation rate and thermal side effects with the Er:YAG and Nd:YAG laser *Dental Materials* 13(4) 246-251.

Acknowledgments: FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) process n. 04/13238-6 and 05/01680-9.

Table 1. Percentage of each score of remaining material at surroundings walls of the cavities.

	High-speed	Laser 2Hz	Laser 4Hz	Laser 6Hz	Laser 10Hz
1	93.3%	33.3%	26.6%	26.6%	33.3%
2	6.6%	66.6%	66.6%	66.6%	60.0%
3	0.0%	0.0%	6.6%	6.6%	6.6%

Table 2. Percentage of each score of remaining material at deep walls of the cavities.

	High-speed	Laser 2Hz	Laser 4Hz	Laser 6Hz	Laser 10Hz
1	73.3%	20.0%	20.0%	40.0%	66.6%
2	26.6%	80.0%	66.6%	60.0%	33.3%
3	0.0%	0.0%	13.3%	0.0%	0.0%

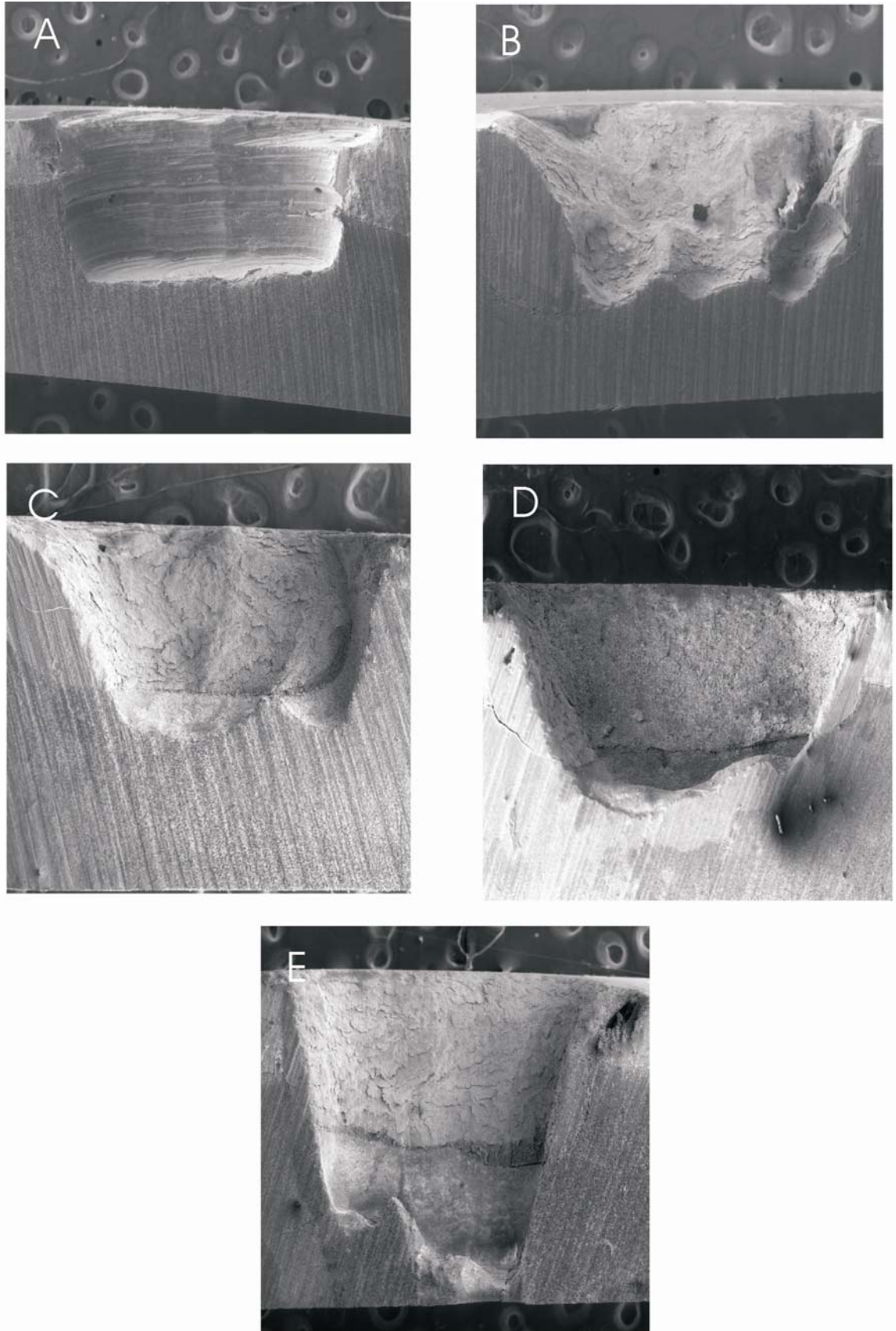


Fig 1. SEM analyses showing irregularities of resultants cavities of experimental groups what increase proportionally with the repetition rate increase. A) High-speed handpiece. B) Laser 250mJ/2Hz. C) Laser 250mJ/4Hz. D) Laser 250mJ/6Hz. E) Laser 250mJ/10Hz.

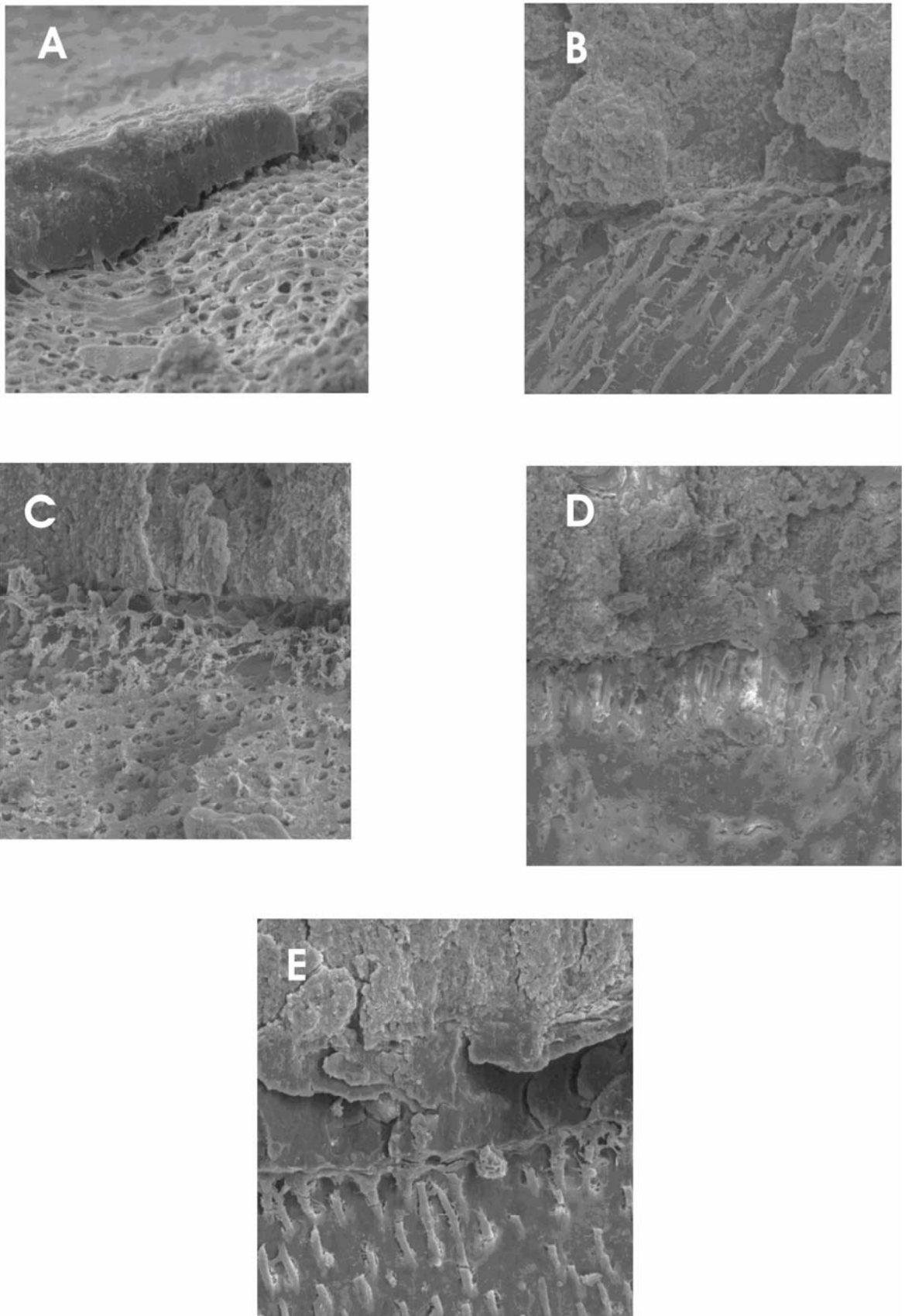


Fig.2 Deep walls.A) removal by wear out of material in the control group.
B - E) melting areas by lasers group.

4. DISCUSSÃO GERAL

Atualmente o laser Er: YAG tem demonstrado excelente performance no que diz respeito aos preparos cavitários em tecidos dentais duros (NEEV et. al,1996) com menor quantidade de danos provocados pelo calor gerado durante a ablação do substrato dental, uma vez que os excessivos danos térmicos têm sido um dos maiores problemas associados a outros lasers como Nd:YAG e CO₂ (FRENTZEN & KOORT, 1990; ANIC et. al, 1993).

Com os avanços alcançados pela Odontologia houve a diminuição na incidência de lesões de cárie primária, porém uma a cada três restaurações se apresenta insatisfatória e possuem falhas com relação aos critérios de sucesso clínico (ELDERTON,1976). Sendo assim, há uma grande demanda de substituições de restaurações de resina composta, e o equipamento de laser Er:YAG vem sendo estudado para esse fim, apresentando remoção efetiva comparável a ablação de esmalte e dentina (HIBST & KELLER, 1992). Apesar disso, o mecanismo de ação do laser Er:YAG na remoção de resina composta é diferente da ablação de tecidos dentais

O laser Er:YAG apresenta uma interação fotomecânica mediada pela água durante o processo de ablação de tecidos dentais duros, enquanto que na remoção de resina composta parece ocorrer uma absorção direta do laser pelo material resinoso, gerando um aquecimento que resultará em vaporização explosiva seguida de ejeção hidrodinâmica (LIZARELLI et al., 2003). Uma rápida fusão cria grandes forças de expansão devido a mudanças de volume do material já fundido. A expansão do líquido se opõe à energia de superfície dele ou da tensão superficial. Essas forças contrárias combinadas com a estrutura resultante da resina criam

protrusões superficiais, resultantes da aceleração das porções removidas e ejetadas na superfície.

Os resultados do presente estudo revelaram que o aumento de temperatura aconteceram nos tecidos adjacentes a restauração durante a remoção de resina composta utilizando o laser Er:YAG. Esse fato também foi observado por Hibst e Keller (1995) e Fried et al. (2001) que concluíram que a frequência de pulsos é o fator mais influente para o acúmulo de calor nos tecidos.

No entanto houve um único grupo que apresentou um menor aumento de temperatura do que o grupo controle, o grupo 2Hz. Os outros grupos de laser, que utilizaram frequências mais altas, demonstraram maiores aumentos de temperatura. Isso é devido ao fato de que maiores frequências de pulsos por segundo proporcionam menor tempo de refrigeração.

Apesar desses aumentos de temperatura nenhum dos grupos excederam 5,6°C, o valor crítico de temperatura que pode causar danos pulpares irreversíveis (ZACH & COHEN, 1965). Resultados semelhantes foram encontrados em estudos anteriores sobre ablação de tecidos dentais duros (HIBST & KELLER, 1995; BURKES et al, 1992; MEHL et al., 1997; TOKONABE et al., 1999), mas com menores aumentos de temperatura. Essa diferença pode ser explicada pelo diferente mecanismo de ação do equipamento, assim como pelo tipo de substrato ablacionado, devido ao coeficiente de condutividade térmica – a condutividade térmica, K , de uma substância é a quantidade de calor, em calorias ou joules, por segundo, que passa através de 1cm de espessura do material, em uma seção transversal de 1cm², quando a diferença de temperatura é 1°C. A resina composta tem um coeficiente de condutividade térmica de 0,011 J/s/cm²/(°C/cm) contra 0,0063

J/s/cm²/(°C/cm) da dentina, que resulta em quase duas vezes mais a passagem do calor para os tecidos adjacentes (CRAIG & POWERS, 2004).

Hibst and Keller (1991) sugeriram uma maior alteração térmica quando da remoção de resina composta. Foi observado que a morfologia das cavidades formadas foram muito diferente daquelas formadas pela ablação de tecidos dentais duros, revelando assim fortes sinais de interações térmicas, com grandes áreas de fusão.

Considerando o tempo de remoção, os grupos experimentais, com exceção do grupo 10Hz, necessitaram de mais tempo para a remoção do que a turbina de alta-rotação. Para o grupo 2Hz foram gastos 4 vezes mais tempo do que o grupo controle e para o grupo 4Hz foram gastos 2 vezes mais.

Na análise da morfologia da cavidade resultante do procedimento foi observado que ocorreu formação de fusões durante a remoção do material restaurador com laser, o que confirma o efeito térmico durante o procedimento (HIBST & KELLER, 1991). Esse fato provavelmente pode ser responsável pelo pouco sucesso alcançado na remoção completa de restauração de resina composta nos grupo em que o laser foi utilizado, principalmente quando frequências mais baixas foram utilizadas. Essas fusões, ou áreas de derretimento do material fazem com que quanto menor o remanescente da restauração mais difícil se torna a visualização da diferença entre o material restaurador e a dentina.

Além disso, o material é vaporizado rapidamente do centro do feixe e a pressão resultante pode ser alta o suficiente pra jogar o material derretido para as paredes circundantes da cavidade. Como pôde ser observado nos grupos onde o laser foi utilizado, por apresentarem remanescente de material restaurador nas paredes circundantes.

Outro aspecto que pôde ser observado foi que o aumento da freqüência de pulsos melhorou o desempenho do laser na remoção de resina composta, principalmente nas paredes de fundo, sendo que o grupo laser 10Hz obteve desempenho comparável ao grupo controle. A alta freqüência utilizada proporcionou uma ablação mais rápida e efetiva. Entretanto nas paredes circundantes foi observado um comportamento similar para todas as freqüências utilizadas.

Com a análise em MEV, foi observado que enquanto as cavidades produzidas pela ablação a laser nos tecidos dentais se apresentam como se o tecido tivesse sido arrancado devido a uma explosão, a ablação dos materiais restauradores revela fortes sinais de alterações térmicas, apresentando áreas de fusão (HIBST & KELLER, 1991). Além disso, os grupos experimentais resultaram em cavidades irregulares, as quais também foram observadas por outros autores em estudos de preparo cavitário em tecidos dentais (VISURI et al., 1996; ARMENGOL et al., 1999; DOSTALOVÁ et al., 1996) em contraste com o procedimento realizado com a turbina de alta rotação que resultou em paredes regulares. Esse fato é devido a performance pontual do feixe de laser na superfície que torna difícil a forma regular da parede de fundo quando uma situação clínica de remoção de resina composta é simulada. A turbina de alta rotação utiliza pontas de diâmetros maiores que o feixe do laser e conseqüentemente consegue cortes mais regulares do substrato.

Foi também observado que a irregularidade das paredes aumentou com o aumento da freqüência de pulsos utilizada. Isso provavelmente explica o fato de o aumento da freqüência de pulsos por segundo promover a remoção de maior volume de material restaurador de forma mais rápida (MEHL et al., 1997) e dessa forma tornar o controle do processo ablativo mais difícil.

Apesar da similaridade ocorrida para o tempo gasto na remoção da resina composta Z250 entre os grupo controle e o grupo laser 10Hz, a média de aumento de temperatura não atingiu o valor crítico (5,6°C) mais ficou muito próximo (4,77°C) e algumas amostras durante o experimento atingiram valores acima do crítico. Esse fato faz com que esse parâmetro não seja seguro para a aplicação clínica, principalmente em cavidades profundas. Além disso, a dificuldade de controle do processo ablativo quando altas frequências de pulsos são utilizadas também causam a ablação de tecidos dentais adjacentes sadios, principalmente nas paredes de fundo.

Assim, com base neste estudo pôde ser verificado que o laser foi efetivo e seguro para a ablação de resina composta, porém não conseguiu remover a restauração adequadamente. Foi também observado que o aumento da frequência de pulsos por segundo promoveu mais irregularidades nas paredes de fundo e remoção de tecido dental sadio adjacente às restaurações. Essa ablação não seletiva proporcionou o aumento das dimensões da cavidade, sendo dessa forma necessário que se tenha cuidado e habilidade para a utilização do laser.

5. CONCLUSÃO GERAL

Nas condições em que estes estudos foram conduzidos, conclui-se que:

- O laser Er:YAG foi eficiente e seguro para a remoção de resina composta;
- O aumento de frequência melhorou a performance da ablação no que diz respeito ao tempo gasto e a quantidade de material removido porém, influenciou negativamente na alteração térmica gerada e na presença de irregularidade das paredes de fundo
- Entre os parâmetros testados o 250mJ/6Hz foi o melhor e mais seguro devido a mínima alteração térmica gerada e ao tempo aceitável para o procedimento;
- É necessário que se tenha cuidado e habilidade para a utilização do equipamento afim de que não sejam causados danos a tecidos dentais sadios.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

1. ANIC, I.; DZUBUR, A.; VIDOVIC, D.; TUDJA, M. Temperature and surfaces changes of dentin and cementum induced by CO2 laser exposure. **Int Endod J**, v.26, p.284-293,1993.
2. ARMENGOL, V.; JEAN, A.; ROHANIZADEH, R.; HAMEL, H. Scanning electron microscopic analysis of diseased and healthy dental hard tissues after Er:YAG laser irradiation: in vitro study. **J Endod**, v.25, p.543-546, 1999.
3. BURKES, E.J.; HOKE, J.; GOMES, E.; WOLBARSH, M. Wet versus dry enamel ablation by Er:YAG laser. **J Prosthet Dent**, v.67, p.847-851, 1992.
4. CAVALCANTI, B.N.; OTANI, C.; TURNS, S.M. High-speed cavity preparation techniques with different water flows. **J Prosthet Dent**, v. 87, p.158-161, 2002
5. CHAIYAVEJ, S.; YAMAMOTO, H.; TAKEDA, A.; SUDA, H. Response of feline intradental nerve fibers to tooth cutting by Er:YAG laser. **Lasers Surg Med**, v.27, p.341-349, 2000.
6. CHIMELLO-SOUSA, D.T.; DE SOUZA, A.E.; CHINELATTI, M.A.; PECORA, J.D.; PALMA-DIBB, R.G.; MILORI CORONA, S.A. Influence of Er:YAG laser irradiation distance on the bond strength of a restorative system to enamel. **J Dent**, v. 34, p.245-251, 2006.
7. Chinelatti, M.A.; Ramos, R.P.; Chimello, D.T.; MILORI Corona, S.A.; Pecora, J.D.; PALMA Dibb, R.G. Influence of Er:YAG laser on cavity preparation and surface treatment in microleakage of composite resin restorations. **Photomed Laser Surg**, v.24, p.214-218, 2006.

* De acordo com a NBR-6023, da Associação Brasileira de Normas, de 1989. Abreviaturas dos periódicos em conformidade com Baseline

8. CRAIG, R.G.; POWERS, J.M. **Materiais dentários restauradores**. 11^o ed, São Paulo: Livraria Santos editora, p.50 -51, 2004
9. DEN BESTEN, P.K.; WHITE, J.M.; PELINO, J.; LEE, K.; PARKINS, F. The randomized prospective parallel controlled study of safety and effectiveness of Er:YAG laser uses in children goes decay removal. **Proceedings of SPIE**, v.3910, p.171-174, 2000.
10. DE SOUZA-GABRIEL, A.E.; CHINELATTI, M.A.; BORSATTO, M.C.; PECORA, J.D.; PALMA-DIBB, R.G.; MILORI-CORONA, S.A. Effect of Er:YAG laser irradiation distance on superficial dentin morphology. **Am J Dent**, v.19, p.217-221, 2006.
11. DOSTALOVÁ, T.; JELINKOVA, H.; KREJSA, O.; HAMAL, H. Evaluation of the surface changes in enamel and dentin due to possibility of thermal overheating induced by Erbium:YAG laser radiation. **Scanning Microsc**, v.10, p.285-290, 1996.
12. ELDERTON, R.J. The prevalence of failure of restorations: a literature review. **J Dent**, v.4, p.207-210, 1976.
13. FRENTZEN, M.; KOORT, H.J. Lasers in dentistry: new possibilities with advancing laser technology? **Int Dent J**, v.40, p.323-332, 1990.
14. FRIED, D.; RAGADIO, J.; CHAMPION, A. Residual heat deposition in dental enamel during IR laser ablation at 2.79, 2.94, 9.6, and 10.6 μm . **Lasers Surg Med**, v.29, p.221-229, 2001.
15. GIMBEL, C.B. Hard tissues laser procedures. **Dent Clin North Am**, v.44, p.931-953, 2000.

16. GOLDMAN, H. M.; RUBEN, M. P.; SHERMAN, D. The application of laser spectroscopy for the qualitative and quantitative analyses of inorganic components of calcified tissues. **Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics**, v.17, p.102-103, 1964.
17. HIBST, R.; KELLER, U. Experimental studies of the application of the Er:YAG laser on dental hard substances: I. Measurement of the ablation rate. **Lasers Surg Med**, v.9, p.338-344, 1989.
18. HIBST, R.; KELLER, U. Removal of dental filling materials by Er:YAG laser radiation. **Proceedings of SPIE**, v.1424, p.120-126, 1991.
19. HIBST, R.; KELLER, U. "Dental Er:YAG application: evaluation of thermal side effect". In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASER IN DENTISTRY **Proceedings of the third International Congress on Lasers in Dentistry**, p.231-232, 1992.
20. HIBST, R.; KELLER, U. Effect of water spray and repetition rate on temperature elevation of dentine. **Proceedings of SPIE**, v.2623, p.139-144, 1995.
21. KIDD, E.A. Caries diagnosis within restores teeth. **Adv Dent Res**, v. 4, p.10-13, 1990.
22. KUMAZAKI, M. Removal of hard dental tissue (cavity preparation) with the Er:YAG laser **Proceedings of the third International Congress on Lasers in Dentistry**, v.4, p.151-157, 1994.
23. KELLER, U.; HIBST, R. Er:YAG laser effects on oral hard and soft tissues In: Miserandino LJ & Pick RM (eds) **Lasers in Dentistry**. p.161-172,1995.

24. LIZARELLI, R.F.; MORYIAMA, L.T.; BAGNATO V.S. Ablation of composite resins using Er:YAG laser--comparison with enamel and dentin. **Lasers Surg Med**, v.33, p.132-39, 2003.
25. LIZARELLI, R.F.Z.; MORIYAMA, L.T.; PELINO, J.E.P.; BAGNATO, V.S. Ablation rate of morphological aspects of composite resin exposed to Er:AYG laser. **J Oral Laser Appl**, v.5, p.151-160, 2005.
26. MATSUMOTO, K. Tooth pain control by laser. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASER IN DENTISTRY, Singapore. **Proceedings of the third International Congress on Lasers in Dentistry**, v.4, p.287-291, 1994.
27. MEHL, A.; KREMERS, L.; SALZMANN, K.; HICKEL, R. 3D volume-ablation rate and thermal side effects with the Er:YAG and Nd:YAG laser. **Dent Mater**, v.13, p.246-251, 1997.
28. MJOR, I.A.; GORDAN, V.V. Failure, repair, refurbishing and longevity of restorations. **Oper Dent**, v.27, p.528-534, 2002.
29. NEEV, J.; PHAM, K.; LEE, J.P.; WHITE, J.M. Dentin ablation with three infrared lasers. **Lasers Surg Med**, v.18, p.121-128, 1996.
30. PAGHDIWALA, A.F. Application of the Er:YAG laser on hard dental tissues: Measurement of the temperature changes and depths of cuts. **L.I.A., ICALEO**, v.64, p.192-201, 1988.
31. PATERSON, F.M.; PATERSON, R.C.; WATTS, A.; BLINKHORN, A.S. Initial stages in the development of valid criteria for the replacement of amalgam restorations. **J Dent**, v.23, p.137-143, 1995.
32. PICK, R. M. Using lasers in clinical dental practice. **J Am Dent Res**, v.124, p.37-47, 1993

33. TOKONABE, H.; KOUJI, R.; WATANABE, H.; NAKAMURA, Y.; MATSUMOTO, K. Morphological changes of human teeth with Er:YAG laser irradiation. **J Clin Laser Med Surg**, v.17, p.7-12, 1999.
34. VISURI, S.R.; WALSH, J.T.; WIGDOR, H.A. Erbium laser ablation of dental hard tissue: effect of water cooling. **Lasers Surg Med**, v.18, p.294-300, 1996.
35. ZACH, L.; COHEN, G. Pulp response to externally applied heat. **Oral Surg**, v.19, p.515-530, 1965.

ANEXOS

Anexo1

Franklin Garcia-Godoy <godoy@amjdent.com> Mon, Nov 6, 2006 at 10:54 PM

To: Alessandra Correa <lemcorrea@gmail.com>

I received the paper and will send it to at least two reviewers for their comments. I will contact you immediately after I hear from all of them.

Sincerely,

Prof. Dr. Franklin Garcia-Godoy

Editor

----- Original Message -----

From: Alessandra Correa

To: godoy@amjdent.com

Sent: Monday, November 06, 2006 6:28 PM

Subject: Manuscript submission

Dear Prof. Dr. Franklin Garcia-Godoy ,

I am submitting the manuscript " Repetition rate influence in the thermal alteration during the composite resin removal with Er:YAG laser".

I hope that this work can be important for your journal.

Thanks for attention and I look forward receiving your reply.

Alessandra M. Corrêa Afonso

Anexo2

editor@jopdent.org <editor@jopdent.org> Sun, Nov 19, 2006 at 10:17 PM

To: Alessandra Correa <lemcorrea@gmail.com>

Manuscript received

Joan Matis

Editorial Assistant/Subscription Manager

Operative Dentistry

email: editor@jopdent.org

fax: +317-852-3162

----- Original Message -----

From: Alessandra Correa

To: editor@jopdent.org

Sent: Sun, Nov 19, 2006 at 2:20 PM

Subject: Manuscript submission

Dear Editor,

I am submitting the manuscript "Ability of Er:YAG laser to remove composite resin restoration and morphological analyses".

I hope that this work can be important for your journal.

Thanks for attention and I look forward receiving your reply.

Alessandra M. Corrêa Afonso

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)