CLÁUDIO ANTONIO TALGE CARVALHO

EFEITO DOS LASERS DE Nd:YAG E DE Er:YAG NA ADAPTAÇÃO DAS OBTURAÇÕES DE CANAIS RADICULARES: ANÁLISE DO SELAMENTO MARGINAL APICAL

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia, Campus de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", como parte integrante dos requisitos para a obtenção do título de MESTRE, pelo Curso de Pós-Graduação em ODONTOLOGIA, Área de Concentração em Odontologia Restauradora

Orientadora: Profª. Drª. Marcia Carneiro Valera

UNESP
Serviço de Biblioteca e Documentação
T. 1423

São José dos Campos

1999

WD24
C253a
ex.1423

Apresentação gráfica e normatização de acordo com:

RIBEIRO, J.F. et al. *Roteiro para redação de monografias, trabalhos de cursos, dissertações e teses.* São José dos Campos, 1994. 63p.

CARVALHO, C.A.T. *Efeito dos lasers de Nd:YAG e de Er:YAG na adaptação das obturações de canais radiculares:* análise do selamento marginal apical. São José dos Campos, 1999. 156p. Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Faculdade de Odontologia, Campus de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".

DEDICATÓRIA

A DEUS, nosso Senhor todo poderoso, que abençoa todos os dias da minha vida, dando-me forças para lutar e nunca me deixando desistir dos meus ideais.

"A riqueza que é fácil de ganhar é fácil de perder; quanto mais difícil for para ganhar, mais você terá."

PROVÉRBIOS 11

Aos meus pais, Antonio e Graça por todo incentivo, apoio, carinho e amor que me foi dado durante toda a vida, por acreditarem na minha capacidade e por me ajudarem a vencer todas as barreiras e todos os momentos difíceis que passei. A vocês, meus pais, pelo laço de amor que nos une para sempre.

"A esperança adiada faz o coração ficar doente, mas o desejo realizado enche o coração de vida."

PROVÉRBIOS 12

Aos meus irmãos Mauhamad e Ahmed, pelo amor e amizade em todos os momentos de nossas vidas.

À Luciane, por todo o amor, compreensão, ajuda e companheirismo mesmo durante as fases mais difíceis, em que esteve sempre ao meu lado dando-me força, incentivo e colaborando para que eu conseguisse alcançar os meus objetivos.

À toda a minha família, que sempre esteve me apoiando e incentivando. Em especial à tia Catarina pela sua ajuda e estímulo desde o início da minha carreira; à tia Sarah e tia Lúcia. pelo carinho e amor; à tia Leila, que me acolheu como um filho desde a minha chegada em São Paulo; aos tios Angelo (*in memoriun*), Ale, Luís e Francisco pelo carinho e força que sempre depositaram em mim.

Aos meus avós Mauhamad, Maria José, Francisca (*in memorium*) e Benedito, por todo amor, ensinamentos e dedicação durante os poucos e inesquecíveis momentos que passamos juntos.

Minha eterna gratidão

À Profª. Drª. Marcia Carneiro Valera, exemplo de dedicação ao ensino e à pesquisa, pela orientação, incentivo, auxílio e amizade durante todo o nosso convívio neste curso. Por ser uma verdadeira mestre e me dar o privilégio de ser seu orientado.

À Profª Titular Maria Amélia Máximo de Araujo, por sua determinação e força que sempre me incentivou, investindo muito na Pós-Graduação e, principalmente, na qualidade do ensino.

Muito Obrigado

Ao Prof. Erasmo Campelo, idealizador e criador do Projeto Prata da Casa, pela sua dedicação, presteza, compreensão e apoio a nós nesta batalha por uma melhor formação e por mais conhecimentos.

Ao Prof. Antonio Luís do Amaral, pelos conhecimentos transmitidos, pelo auxílio durante este curso e por sua amizade.

Muito obrigado

AGRADECIMENTOS

À UNESP - SJC, por ter me acolhido, propiciado-me conhecimentos imensuráveis e por ter me despertado a sede pelo aprendizado e pela ciência.

À UFMA e a todos os seus professores, pela formação profissional que me foi dada.

Ao Professor Titular Carlos de Paula Eduardo, pela ajuda, incentivo e conhecimentos transmitidos na área de laser, contribuindo de forma indispensável para a execução desta pesquisa.

À Sheila G. Soares, quem muito me ajudou durante o desenvolvimento da metodologia e me transmitiu informações de fundamental importância sobre a utilização do laser.

Aos docentes do Departamento de Odontologia Restauradora: Alberto Siqueira e Silva; Ana Paula Martins Gomes; Carlos Henrique R. Camargo; Clovis Pagani; João Cândido Carvalho; José Roberto Rodrigues; Maria Amélia Máximo de Araujo; Maria Filomena R. L. Huhtala; Marcia Carneiro Valera; Regina Célia S. Pinto Silva; Rosehelene Marotta Araujo; Ségio Eduardo P. Gonçalves, por todos os conhecimentos que me foram transmitidos, pela boa receptividade e amizade.

Ao Departamento de Microbiologia da FOSJC, em especial: ao Prof. Titular Mário Tsunezi Shimizu e à Prof. Dra. Carmelinda Schmidt Unterkircher, pelos sábios ensinamentos; à Clélia Aparecida de Paiva Martins pela eficiência, suporte técnico, incansável dedicação, presteza e amizade.

Às secretárias do Departamento de Odontologia Restauradora da FOSJC: Tirza, Liliane, Michele e, em especial à Terezinha, pela sua incansável instrução, colaboração e principalmente pela sua amizade.

Às secretárias da Pós-Graduação FOSJC: Inês, Erena e Rosemary pelo cuidado, orientação e esclarecimentos prestados durante este curso.

Às bibliotecárias da FOSJC: Ana, Dora, Fátima, Neide, Renata e Sônia, em especial à Ângela de Brito Bellini e Elaine Aparecida Silva pela contribuição e ajuda na elaboração deste trabalho.

Ao professor Ivan Balducci, pela realização da análise estatística dos resultados desta pesquisa.

À Salete, técnica do Laboratório de Apoio à Pesquisa da FOSJC.

Ao Ricardo, do Áudio-visual, pela colaboração.

A todos os funcionários da FOSJC que direta ou indiretamente muito me ajudaram no convívio diário.

À CAPES, pelo apoio à pesquisa e concessão de bolsa de estudo durante o curso de Pós-Graduação

À Prof. Dra. Lúcia Teramoto e Eliza, amigas que estimo muito.

Ao Sr. Alberto e D. Dirce, pelo momentos de alegria e descontração que me proporcionaram e pelo carinho e amizade a mim dedicados.

Às colegas deste curso de Pós-Graduação: Alessandra e Ana Lúcia, pelo convívio, pelas experiências compartilhadas e pela amizade que nasceu e cresceu entre nós.

Ao Arlindo Castro Filho, pelo auxílio e presteza nas horas em que mais precisei.

Em especial, aos meus amigos: André, Arlindo, Mary Márcia, Nuno e Rodrigo pelo convívio saudável, pelos momentos alegres que compartilhamos e pela forte amizade que nos une até hoje.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....12

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....15

1 INTRODUÇÃO.....17

2 REVISÃO DA LITERATURA.....21

2.1 Ação do laser sobre os tecidos dentários - Alterações morfológicas.....21

2.2 Capacidade antimicrobiana.....52

2.3 Limpeza e remoção de *debris* e *smear layer*.....65

2.4 Outras aplicações do laser em endodontia.....73

2.5 Microinfiltração.....75

3 PROPOSIÇÃO.....88

4 MATERIAL E MÉTODOS.....89

4.1 Preparo dos espécimes.....89

4.2 Aparelhos e procedimentos utilizados na irradiação pela luz laser.....91

4.3 Avaliação do selamento marginal.....97

5 RESULTADOS.....105

6 DISCUSSÃO.....114

6.1 Da escolha do tema.....114

6.2 Da metodologia.....118

6.3 Dos resultados.....123

7 CONCLUSÕES.....126

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....127

APÊNDICES.....143

RESUMO.....155

ABSTRACT.....156

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Aparelho de luz laser de Nd:YAG (modelo D laser 300 - American Dental Technologies)..... 93

FIGURA 2 - Peça de mão com fibra óptica de 0,32μm de diâmetro (laser de Nd:YAG)..... 94

FIGURA 3 - Irradiação com laser de Nd:YAG por meio do sistema de entrega por fibra óptica no interior do canal radicular..... 94

FIGURA 4 - Aparelho de luz laser de Érbio:YAG (modelo Kavo-Key laser 2, Erbium:YAG laser)..... 95

FIGURA 5 - Peça de mão com fibra óptica de 3 anéis de 375μm de diâmetro..... 96

FIGURA 6 - Irradiação intracanal com laser de Er:YAG por meio do sistema de entrega por fibra óptica..... 96

FIGURA 7 - Raiz fixada em palito de dente e impermeabilizada externamente com esmalte para unhas..... 101

FIGURA 8 - Cimento obturador endodôntico Top Seal..... 102

FIGURA 9 - Obturação do canal radicular pela técnica da condensação lateral com cones de guta percha e cimento endodôntico..... 102

FIGURA 10 - Impermeabilização externa com cera pegajosa, exceto na região apical..... 103

FIGURA 11 - Campânula conectada à bomba a vácuo..... 103

FIGURA 12 - Estereomicroscópio usado para medição da infiltração linear do corante..... 104

FIGURA 13 - Ilustração representativa da infiltração linear ocorrida em um dos espécimes do grupo 1 (EDTA)..... 106

FIGURA 14 - Ilustração representativa da infiltração linear ocorrida em um dos espécimes do grupo 2 (Nd:YAG)..... 107

FIGURA 15 - Ilustração representativa da infiltração linear ocorrida em um dos espécimes do grupo 3 (Er:YAG)..... 108

FIGURA 16 - *Box-Plot* referente aos dados de infiltração linear, segundo o tratamento final das paredes do canal radicular..... 109

FIGURA 17 - Representação gráfica das médias das infiltrações ocorridas nos três grupos..... 109

FIGURA 18 - Ilustração gráfica de colunas representativas da média e desvio padrão, de acordo com o grupo experimental..... 110

FIGURA 19 - Resultados do teste de homogeneidade de variância (teste de Levene) para os dados na forma original. Onde o 1 = EDTA; 2 = Nd:YAG e 3 = Er:YAG..... 111

FIGURA 20 - Resultados do teste de homogeneidade de variância (teste de Levene) para os dados transformados, segundo a função logarítmica..... 112

FIGURA 21 - Representação de um sistema laser..... 149

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

% = percentagem

μ = mícron (unidade de medida equivalente a 10^{-6}m)

μL = microlitro

μm = micrômetro

μs = microssegundo (milionésima parte do segundo)

Å = ângstrom (equivalente a 10^{-10}m)

cm = centímetro

EDTA = ácido etileno-diamino-tetra-acético

Er:YAG = laser de érbio: ítrio-alumínio-granada

Hz = hertz (medida de frequência de picos em ondas eletromagnéticas expressa em ciclos por segundo)

J = Joule (energia)

J/cm^2 = Joules por centímetro quadrado (densidade de energia)

MEV = microscopia eletrônica de varredura

mJ = milijoules (medida de energia equivalente a 10^{-3}J)

mm = milímetro (unidade de medida equivalente a 10^{-3}m)

ms = milissegundo (milésima parte do segundo)

MW = miliwatt (medida de potência equivalente a 10^{-3}W)

Nd:YAG = laser de neodímio: ítrio-alumínio-granada

nm = nanômetro (equivalente a 10^{-9}m)

ns = nanossegundo (equivalente a 10^{-9}s)

ºC = grau Celsius

PPS = número de pulsos de energia laser emitidos em um segundo

s = segundo

V = volts

W = watt (potência)

KW = quilowatt (medida de potência equivalente a 10^{3}W)

1 INTRODUÇÃO

Os constantes avanços científicos na busca de tecnologias que venham facilitar o trabalho dos profissionais em todas as áreas do conhecimento não poderiam deixar de fora a área da saúde. O uso da radiação laser é um destes avanços que vem se destacando não só para a medicina, mas também para a Odontologia. Embora bastante comentado, ainda é uma realidade um pouco distante para grande parte dos cirurgiões dentistas brasileiros. Entretanto, pesquisas ainda são necessárias para poder assegurar a sua aplicabilidade na odontologia, assumindo desta forma o seu papel como uma alternativa de tratamento segura e eficaz para os pacientes.

LASER é o acrônimo de *"Light Amplification by Stimulated Emission Radiation"* ou *"Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação"*. Consiste em uma luz que é produzida numa cavidade estimuladora com espelhos planos ou côncavos nas extremidades, que pode ser constituída de cristal, vidro, líquido, corante ou gás, onde os átomos são capazes de serem excitados a estados semi-estáveis através de luz ou descarga elétrica. Quando os elétrons voltam ao seu estado fundamental ele emite uma luz, liberando assim, fótons, onde a luz é constantemente aumentada em intensidade à

medida que oscila entre os espelhos (Apêndice B). Se espelhos planos forem utilizados, o feixe é altamente colimado (Chess[18], 1991).

Os lasers têm sido usados como instrumentos cirúrgicos em muitas ramificações da medicina nas últimas décadas. Suas aplicações na Odontologia também tem sido reportadas, primeiramente, para incisões em tecidos moles e controle de patologias orais e também para tecidos orais duros como dentes e ossos (Myers[68], em 1991), e para isso vários tipos de lasers foram pesquisados, tais como: laser de Rubi, Nd:YAG, Er:YAG, Laser de Argônio, Laser de dióxido de Carbono.

Os primeiros trabalhos em odontologia datam de 1964, quando Goldman[32] e colaboradores utilizaram um laser de rubi para a análise dos componentes inorgânicos do cálculo supra e subgengival. Outros estudos foram realizados sendo que, Dederich et al.[21], em 1984, verificaram que o laser pode promover uma recristalização das paredes dos canais radiculares conduzindo a uma possível redução da permeabilidade de fluido. A irradiação por laser também tem sido muito utilizada para tratamento de hipersensibilidade dentinária (Goodis et al.[34], 1992; Pashley et al.[73], 1992; Schaller et al.[82], 1997). Reton-Harper & Midda[79], em 1992, avaliaram o laser de Nd:YAG, e Pashley et al.[73], em 1992, verificaram, estes efeitos utilizando o laser de CO_2.

Na endodontia, o laser pode ser utilizado em vários procedimentos como: esterilização de instrumentos (Hooks et al.[46], 1980), fotopolimerização de materiais (Potts & Petrou[76], 1990), cirurgias parendodônticas (Camargo et al.[15],, 1988; Miserendino & Waukegan[62],1988; Stabholz et al.[88], 1992; Paghdiwala[72], 1993; Soares et al.[86], 1996; Komori et al.[53], 1997; Bader & Lejeune[7], 1998), remoção de *debris* e *smear layer* (Goodis et al.[36], 1992; Levi[55], 1992; Bahcall et al.[8], 1993; Goodis et al.[37], 1993; Ito et al.[47], 1993; Moshonov et al.[66], 1995; Harashima et al.[41], 1997; Takeda et al.[96], 1998) e redução bacteriana intracanal (Goodis et al.[35], 1992; Hardee & Miserendino[43], 1990; Tseng et al.[101], 1991; White et al.[107], 1991; Eduardo et al.[24], 1993; Rooney et al.[80], 1994; Fegan & Steiman[29], 1995; Moshonov et al.[67], 1995; Gutknecht et al.[39], 1997; Klinke et al.[51], 1997;)

A redução bacteriana intracanal com o auxílio da radiação laser tem sido sugerida em vários estudos (White et al.[107], 1991; Eduardo et al.[24], 1993; Gutknecht et al.[39], 1997). Entretanto, a ação do laser na superfície dentinária pode causar alterações morfológicas (Anic et al.[5], 1998), fusão e recristalização da dentina, obliteração dos túbulos dentinários (Tanji et al.[98], 1998) e modificação da *smear layer* (Pashley et al.[73],1992; Harashima et al.[41], 1997; Takeda et al.[96], 1998).

No entanto, sabe-se que o tratamento das paredes dentinárias após o preparo dos canais radiculares pode influenciar no selamento marginal das obturações como

demonstrado em estudos que avaliaram a presença de *smear layer* nas paredes dentinárias, após o preparo dos canais (White et al.[108], 1987; Oksan et al.[69], 1993).

Considerando que a presença ou não desta camada residual pode influenciar no selamento das obturações de canais radiculares e que a radiação laser modifica a morfologia das paredes dentinárias e a *smear layer*, achamos oportuna a realização deste trabalho.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo revisa a literatura concernente ao uso do laser quanto a ação sobre os tecidos dentários, ação antimicrobiana, limpeza e remoção de *debris* e outras aplicações na odontologia. Verifica ainda os aspectos metodológicos sobre a análise utilizada neste trabalho.

2.1 Ação do laser sobre os tecidos dentários - Alterações morfológicas

Em 1964, Stern & Sognnaes[91] avaliaram a capacidade dos lasers de formar crateras nos tecidos dentários humanos. Foram utilizados: a) laser A, com feixe de energia de 2 a 5J, 10 a 30 miliradianos de espessura e lentes de foco de 39mm; b) laser B com um feixe de energia de 2 a 5J, 1 a 2 miliradianos de diâmetro e lentes de foco de 42mm. O tempo de exposição do feixe foi de aproximadamente 1ms e o diâmetro do feixe no ponto de foco foi de menos de 1mm. Mesmo com a diminuição da largura do feixe do laser B, este apresentou uma efetividade comparável a do laser A, apesar da menor emissão de energia. Como resultado, o esmalte dentário intacto exposto ao laser apresentou uma fusão vítrea,

evidenciado pela diminuição da birrefração sob a luz polarizada, enquanto que a dentina apresentou-se queimada com formação de crateras devido ao seu alto conteúdo orgânico. Foi observado também que a potência de reflexão do esmalte dentário causa pouca absorção do laser e isso pode ser conferido quando da presença de margens de restaurações em ouro ou em prata que, submetidas ao mesmo feixe de laser, apresentavam uma considerável destruição das restaurações metálicas, que foi atribuída à menor reflexão de energia do feixe de laser.

Em 1971, Adrian et al.[2] realizaram uma pesquisa buscando estabelecer a dose limiar de energia do feixe de laser capaz de produzir mudanças morfológicas em dentes de cães. Utilizaram para isto um sistema laser Master Optics n. 6-869 que emite 6,943Å (rubi). Os cães após anestesiados tinham a face vestibular de seus incisivos superiores e inferiores irradiados em um ponto localizado a aproximadamente 1,5 a 2,0mm acima da crista gengival marginal. Após 48 horas, os animais foram novamente anestesiados e tiveram os seus dentes removidos. Para a avaliação, o experimento foi dividido em duas partes:

a) investigação preliminar para a determinação da quantidade de energia necessária para causar resposta pulpar; foram aplicados níveis de energia que variavam entre 2,540, 3,670, 5,090 e 6,510J/cm^2, que após o exame

histológico das secções indicaram que o limiar de tolerância para a resposta pulpar à irradiação com feixe de laser estava nas imediações de 2,540J/cm^2;

b) investigação principal, onde foram aplicadas quantidades graduadas de energia de 1,870 a 3,300 J/cm^2 sobre as superfícies dos dentes e o resultado da resposta pulpar foi examinado e classificado de acordo com as alterações histológicas apresentadas. Verificaram que uma irradiação de 1,800J/cm^2 não produzia reações pulpares, enquanto que uma reação moderada da polpa foi notada com a aplicação de 2,330J/cm^2. Concluíram que o limiar de resposta mínima pulpar ocorreu entre 1,800 e 2,330 Joules/cm^2 e que neste limiar não foram notados efeitos sobre a superfície do esmalte dentário. Para produzir um defeito mínimo na superfície do esmalte seria então necessária uma irradiação em níveis elevados que poderiam levar a uma necrose pulpar.

Adrian & Washington[1], em 1977, avaliaram os efeitos pulpares quando da aplicação do laser de neodimio. Usaram oito dentes de dois macacos que foram expostos a irradiação pelo laser de neodimio na região vestibular, variando

entre 710J/cm^2 a 6,772 J/cm^2. Após a aplicação do laser, os dentes foram extraídos e avaliados histologicamente. Apenas dois espécimes (4,492 e 6,772J/cm^2) apresentaram a formação clínica de cavidades na superfície do dente, que ficaram comprovadas na avaliação das secções como cavitações bem definidas e que foram associadas a resposta pulpar, tais como necrose da camada de odontoblastos, edema e presença de leucócitos e células vermelhas do sangue.

Zakariasen et al.[110], em 1985, avaliaram a capacidade do laser de Nd:YAG para promover a fusão da parede dentinária do canal radicular. Para isso, utilizaram oito primeiros e segundos molares inferiores humanos extraídos, que foram instrumentados até a lima 25. O *plug* e a dentina circundante foram pintadas com uma tinta de cor preta para melhorar a absorção do laser. Foi utilizado um laser de Nd:YAG com níveis de potência de 25, 37 e 50W e fibra óptica de 600μm de diâmetro, a 3mm do *plug* dentinário, com um tempo de aplicação de 0,5 s ou menos. Após a avaliação dos espécimes por MEV constataram que ocorreu uma fusão e recristalização tanto dos *plug*s dentinários quanto da dentina circundante em uma massa contínua onde o grau de fusão variava de mínimo a completo. Foi observado também a presença de vazios e trincas em alguns espécimes, sendo necessário mais estudos para determinar parâmetros de exposição capazes de promover a fusão da dentina sem produzir vazios , trincas e produção de calor na dentina.

Ainda em 1985, Mader & Baumgartner et al.[60] usaram a microscopia eletrônica de varredura para avaliar a morfologia da *smear layer* do canal radicular, utilizando para isto cinco molares inferiores extraídos que foram tratados endodonticamente com limas tipo K e irrigados por solução de hipoclorito de sódio a 5,25%. O forame apical foi coberto por cera utilidade para evitar o extravasamento da solução irrigadora. As raízes foram seccionadas e avaliadas por MEV, que comprovou que a *smear layer* presente nas paredes dos canais radiculares apresentava características amorfas, irregular e granular. Observaram ainda que a *smear layer* penetrou 40μm no interior dos túbulos dentinários.

Uma pesquisa realizada por Dederich et al.[22], também em 1985, buscou quantificar os parâmetros necessários para que o laser de Nd:YAG fosse capaz de promover a fusão das paredes dentinárias dos canais radiculares. Para isto, utilizaram 18 dentes que foram seccionados e divididos em áreas circulares, coradas por tinta da Índia. Os espécimes foram irradiados por laser de Nd:YAG variando entre 5 a 90W e 0,1 a 1,0 s. Utilizando MEV, verificaram as rachaduras causadas pelo calor e a quantidade de fusão dentinária e concluíram que tanto a potência quanto a duração de pulso, quando consideradas individualmente, influenciaram no aparecimento de rachaduras causadas pelo calor e, quando consideradas associadas, apresentaram resultados mais significantes do que individualmente.

Em 1987, Watanabe et al.[106] estudaram os efeitos do laser de CO_2 na dentina utilizando, para isto, cinco primeiros molares humanos hígidos, extraídos que foram fraturados aleatoriamente e irradiados pelo laser de CO_2 com disparos simples de 0,2 s e contínuo, ambos com 10W. Após a MEV, constataram que com o disparo simples a dentina apresentava uma escavação profunda de contorno circular. As paredes da escavação apresentaram uma estrutura de aspecto liso, compacto e vitrificado, com algumas projeções de dentina fundida nas laterais. Quando foi realizado o disparo contínuo, notaram a formação de sulcos e perfurações profundas bem delimitadas. Com um maior aumento (1100x) observaram tanto para o disparo simples quanto para o disparo contínuo que a superfície irradiada apresentava áreas irregulares, com gotículas de material fundido sobre as margens da superfície vitrificada e também sobre a dentina normal adjacente.

Powell et al.[77], em 1989, usaram o laser de CO_2 em dentes de cinco cães (dois dentes de cada) de 13 a 102 J/cm^2. Após 48 h os dentes foram extraídos, fixados em formalina a 10% e descalcificados por uma solução de Kristensen, processados, seccionados e avaliados quanto à ocorrência de danos pulpares. Concluíram que após 48 h de aplicação do laser não havia sinais de danos ou inflamação pulpar em todos os dentes do experimento quando comparados com os dentes que não foram irradiados (controle). Indicaram o uso do laser de CO_2 com densidade de

energia que varia de 13 a 102 J/cm^2 em esmalte sem causar danos à polpa.

Reton-Harper & Midda[79], em 1992, estudaram a eficácia do laser de Nd:YAG no tratamento da hipersensibilidade dentinária. Para isso, utilizaram trinta pacientes que apresentavam sensibilidade ao frio na região cervical de dentes, os quais já haviam recebido algum tipo de tratamento contra a hipersensibilidade sem resultados satisfatórios. Uma máquina de monitoramento foi construída para direcionar ar para o dente do paciente, sendo que esta máquina era ligada pelo cirurgião-dentista e desligada pelo paciente quando a dor tornava-se insuportável. O tempo e o fluxo de ar que o paciente podia suportar era medido eletronicamente em unidades de 1/50 de segundos. Correlacionado à medida do tempo de reação do paciente em cada sessão com o tempo de reação medido antes da irradiação pelo laser, foi estabelecida uma medida quantitativa da mudança de sensibilidade. O laser de Nd:YAG foi usado de acordo com as especificações do fabricante, com energia máxima de 100mJ, frequência de 10 pulsos/segundo. Os pacientes foram tratados em 3, 7 e 14 dias. Como resultado, pacientes que apresentavam antes do tratamento uma tolerância máxima à dor em um intervalo de 1-2 s passaram a 7-8 s após duas semanas, resultado este que foi considerado estatisticamente significante, coisa que não ocorreu com o grupo controle, que estabeleceu uma média de 1-7 s.

(sentido vestíbulo-lingual) e 53% (sentido mésio-distal), quando comparados com as medidas iniciais conseguidas por radiografias e imagens previamente realizadas. Foi evidenciada também a presença de *smear layer* e de tecidos remanescentes. Quanto ao grupo combinado de instrumentação manual e laser, o aumento nas dimensões foi de 41% (sentido vestíbulo-lingual) e 34% (sentido mésio-distal) demonstrando ainda a ausência de *smear layer* e de tecidos remanescentes. Concluíram que ambos os métodos conseguiram dar uma forma adequada aos canais radiculares.

Goodis et al.[34], ainda em 1992, estudaram os efeitos do laser de Nd:YAG sobre a permeabilidade dentinária. Utilizaram para esta pesquisa 150 terceiros molares recém extraídos que tiveram a sua permeabilidade dentinária aferida antes de ser realizada a aplicação do laser, usando um soro de feto de bezerro em um aparelho capaz de simular o fluxo do fluido dentinário. O laser de Nd:YAG usado possuía um sistema de entrega por contato, com uma fibra de quartzo de 200 e 320 μm. A aplicação sobre a dentina seguiu parâmetros de potência média de 0,5 a 1W, frequência de 10 a 30Hz e energia de 33 a 100mJ/pulsos durante 2 min. Após a irradiação pelo laser, foi realizada uma nova aferição da permeabilidade dentinária. Os resultados comprovaram que a diminuição da permeabilidade dentinária não foi estatisticamente significante. A potência não foi significante na redução da permeabilidade. Todavia, foi notado que o aumento da frequência diminuiu a

permeabilidade, sendo que 30mJ/p e 30Hz reduziu esta permeabilidade em 60% quando utilizada uma fibra de 320μm e em 35% com a de 200μm.

Stabholz et al.[88], em 1992, investigaram os efeitos do laser de Nd:YAG sobre a permeabilidade da dentina, seguido de apicectomia e obturação retrógrada. Para isso, usaram sessenta dentes humanos unirradiculados extraídos e divididos em seis grupos de dez dentes cada. Os seis grupos foram divididos em três pares de grupos experimentais e controles. No primeiro par, grupos A e B, foi realizado o preparo biomecânico até a lima tipo K nº 35 com CT a 1mm aquém do ápice e irrigação com NaOCl 2,5%. Foram, então, obturados pela técnica da condensação lateral e, em seguida, procedeu-se o corte dos ápices e preparação apical com 2mm de profundidade, semelhante a uma cavidade classe I, utilizando-se brocas sob irrigação. No segundo par, grupos C e D, foram realizados os mesmos procedimentos dos grupos A e B, entretanto, sem preparação para obturação retrógrada. No terceiro par, grupos E e F não foi realizado limpeza, preparação e obturação dos canais radiculares, somente a preparação para a obturação retrógrada. Em seguida, a abertura coronária de todos os espécimes foi selada com Cavit. A aplicação do laser de Nd:YAG foi realizada nos grupos B, D e F, e nas superfícies interna dos grupos B e F foi realizado em dois estágios: no primeiro, potência de 3W, frequência de 20Hz e energia de 150mJ/p; no segundo, a potência foi de 1,9W,

frequência de 20Hz e energia de 95mJ/pulsos. Após a obturação com amálgama dos grupos A, B e F, os espécimes foram colocados no corante (azul de metileno a 0,5%) e foi avaliada a penetração por uma câmera montada em microscópio cirúrgico. O resultado comprovou que a quantidade de penetração do corante foi significantemente menor nas raízes irradiadas pelo laser, em comparação com os não irradiados pelo laser. Concluindo assim que o laser de Nd:YAG reduz a permeabilidade em raízes resseccionadas.

Stabholz et al.[90], em 1993, estudaram a obliteração dos túbulos dentinários expostos pelo laser Excimer XeCl. Para este trabalho, utilizaram 15 dentes humanos extraídos, que foram seccionados em 15 cortes de 3mm de espessura. Com uma broca diamantada, o cemento foi removido e os túbulos dentinários expostos. Cada espécime foi dividido em quatro quadrantes iguais. Em três destes quadrantes foi aplicado o laser XeCL Excimer por 4s/quadrante com densidade de energia de: grupo A: 0,5J/cm^2; grupo B: 0,7J/cm^2; grupo C: 1,0 J/cm^2; grupo D: 4,0 J/cm^2; grupo E: 7,0 J/cm^2, e taxa de repetição de 25Hz. O quarto quadrante foi usado como grupo controle. Após a MEV constataram que o grupo controle apresentou numerosos túbulos dentinários expostos, entretanto, os espécimes do grupo C mostraram a presença de dentina fundida que obliterou os túbulos dentinários. Nos grupos D e E havia uma ruptura dessa dentina fundida e exposição dos túbulos dentinários. Concluíram que o

laser XeCL Excimer aplicado na potência correta é capaz de obliterar os tubulos dentinários expostos.

Bahcall et al.[8], também em 1993, compararam por MEV, a instrumentação de canais radiculares realizada pela técnica convencional e por laser. Para isto, utilizaram vinte incisivos centrais superiores que foram divididos em 2 grupos de dez dentes cada, sendo que no primeiro grupo os dentes foram tratados convencionalmente até a lima tipo K de nº 40, ficando o preparo 1mm aquém do ápice, sendo a irrigação realizada com hipoclorito de sódio a 2,5%; no segundo grupo, os dentes foram instrumentados manualmente até a lima tipo K nº 20 (1mm aquém do ápice) e, em seguida, aplicado o laser de Nd:YAG. Após a secção dos dentes, foi realizada a MEV, onde foi evidenciado que nos dentes irradiados por laser os túbulos eram visíveis, o que não foi observado quando os canais foram tratados convencionalmente. Concluíram que o tratamento a laser é efetivo no preparo de canais radiculares proporcionando resultados semelhantes àqueles alcançados pela preparação mecânica.

Stabholz et al.[89], em 1993, avaliaram os efeitos do laser de Eximer ArF193 sobre os túbulos dentinários de 15 molares humanos extraídos. Uma broca de diamante foi usada para remover a camada de cemento e expor os túbulos dentinários e cada *slice* formado foi dividido em quatro quadrantes iguais. O laser foi aplicado em três dos quatro quadrantes, restando um para controle, e foi realizada a

aplicação do laser com as seguintes energias: A - 0,2J/cm^2; B - 0,5J/cm^2; C - 1,0J/cm^2; D - 5,0J/cm^2 e E - 15J/cm^2; com pulso de repetição de 25Hz e tempo de exposição de 5s para cada quadrante. Pela MEV constataram que o laser utilizando 0,2; 0,5 e 1,0J/cm^2 não tiveram efeito, entretanto, com 15J/cm^2 houve uma significante remoção da dentina peritubular, derretimento e resolidificação da *smear layer*, que também foi notado com 5J/cm^2.

Paghdiwala[72], em 1993, estudou a capacidade de corte de tecidos duros pelo laser de Er:YAG sem causar danos às estruturas adjacentes. Para isso, utilizou 13 dentes unirradiculados humanos que receberam tratamento endodôntico e, em seguida, foi realizado a ressecção de 12 dentes com uso de irradiação por laser Er:YAG, pulsado de 2.94μm com energia em torno de 50 a 90mJ/pulso, com taxa de repetição de 6Hz. Em seis dentes foi mantida irrigação na região do ápice e nos outros seis não foi realizada a irrigação durante a irradiação pelo laser. Um dente foi usado como controle e foi realizada a ressecção com broca em alta rotação e com *spray* de ar-água. Após a ressecção dos dentes, estes foram analisados por MEV onde concluíram que, nos espécimes que receberam irrigação, a superfície da raiz seccionada apresentava-se limpa, polida, o que indica que o laser de Er:YAG tem potencial para ser utilizado em procedimentos periapicais endodônticos. Os melhores resultados foram obtidos com nível de energia de 70mJ/pulso.

4.1423

UNESP

Uma avaliação por microscópio óptico revelou um aspecto superficial granular e irregular nas amostras que permaneceram secas durante a irradiação pela luz laser.

Stevens et al.[92], em 1994, estudaram a utilização do laser Ho:YAG com sistema de entrega por fibra óptica para preparação de secções de dentes *in vitro*. Para isso, utilizaram três dentes unirradiculados humanos, que foram seccionados longitudinalmente e, em seguida, demarcaram cinco regiões na dentina radicular onde o laser seria aplicado, em cada uma das seis secções. O laser utilizado foi o Ho:YAG com comprimento de onda de 2.10μm., tempo de emissão de 100μs, distância focal de 1mm e com sistema de entrega por fibra óptica de 400μm de diâmetro. Os seguintes níveis de energia foram utilizados: 25, 50, 75, 100, 135, 150, 195, 275, 330, 350, 680, 800, 1200, 1500 e 1750mJ. Após análise da superfície da dentina, concluíram que houve um aumento da área de superfície das crateras quando aumentaram o nível de energia de 150 para 800mJ, quando o aumento foi para 1200mJ não houve aumento da área de superfície da cratera e que esta diminuiu quando aumentaram o nível de energia para 1500mJ. A profundidade das crateras aumentou de 18 ao máximo de 37μm com aumento de 150 a 1200mJ, já com 1500mJ diminuiu para 34μm. O volume das crateras também aumentou com a elevação do nível de energia chegando ao máximo de $30x10^3\mu m$ a 12mJ, diminuindo para 21 x $10^3\mu m$ quando elevado para 1500mJ.

Miserendino et al.[64], em 1994, estudaram, em coelhos, a resposta microscópica da polpa, tecidos periapicais, ligamento periodontal de suporte e osso alveolar adjacentes. Utilizaram 17 coelhos e para cada animal foi realizado um tratamento: os incisivos direitos superiores e inferiores foram tratados com um laser de Nd:YAG (12W, sistema de entrega de 600μm) em contato sobre o esmalte por período de 5s. Para os outros dentes, foi usado uma broca cilíndrica de 1mm, que realizou uma cavidade de 1mm. Os animais foram sacrificados 48 h, duas semanas, dois meses e seis meses após o tratamento e as secções foram avaliadas por um veterinário patologista. Não foram verificadas diferenças microscópicas entre os dentes tratados com laser, os tratados com broca e o grupo controle.

Em 1995, Miserendino et al.[63] estudaram os efeitos de um laser de Nd:YAG, pulsado, resfriado, sobre a permeabilidade e aparência estrutural das paredes de canais radiculares *in vitro*. Utilizaram vinte dentes humanos extraídos, que foram instrumentados até a lima tipo K nº 35 e irrigados com solução de hipoclorito de sódio a 5,25%. Os dentes foram divididos em grupos: no grupo 1: os canais foram preparados convencionalmente e não foram irradiados por laser; no grupo 2: foram realizadas três aplicações, do laser de Nd:YAG, de 15s cada, perfazendo um total de 45s, no interior dos canais radiculares por uma fibra óptica de 300μm de diâmetro com *spray* de ar/água. O laser foi usado com potência de 5W,

frequência de pulso de 50Hz e duração de pulso de 0,8ms. Os dentes foram colocados em solução de azul de metileno a 2% durante 24 h. Em seguida, foram seccionados, fotografados e comparados por microscopia óptica para avaliar a penetração do corante. Os espécimes foram avaliados por MEV para verificar a permeabilidade e modificações superficiais dentinárias. A combinação destas avaliações revelou um selamento dos túbulos dentinários por um material vítreo. Em um dos espécimes, um canal lateral foi parcialmente obliterado. Concluíram que a permeabilidade de dentes tratados com laser foi menor do que a dos dentes não irradiados pelo laser.

Fayad et al.[28], em 1996, avaliaram os efeitos do laser de CO_2 sobre a impedância da dentina. Cortes de dentina foram imersos em 0.1M de KCl e então irradiados por um laser de CO_2 com potência de 12W, 0,1ms de exposição e densidade de energia de 1,25J/cm^2. Os resultados confirmaram que o tratamento por laser produziu alterações transitórias na impedância e que aparentemente a causa destas mudanças foi a dessecação da dentina. Portanto, a irradiação a laser pode causar dessecação da dentina produzindo um alívio clínico temporário da hipersensibilidade dentinária até que ocorra a reidratação.

Em 1996, Soares et al.[86] realizaram um estudo *in vitro* para avaliar, por MEV, os efeitos da irradiação a laser de Er:YAG (Kavo-Key Laser 2, Er:YAG, pulsado, 250-500μm, com comprimento de onda de 2.94μm) sobre a estrutura morfológica

da dentina superficial apical e por microscopia óptica para medir a quantidade de penetração de corante (azul de metileno) nesta superfície de dentina. Para isto, foram utilizados três grupos de dez espécimes cada, onde no grupo I (laser de Er:YAG, energia de 250mJ, frequência de 6Hz e densidade de energia de 35.31J/cm^2); no grupo II (laser de Er:YAG, energia de 400mJ, frequência de 6Hz e densidade de energia de 56.50J/cm^2); grupo III (brocas carbides de tungstênio montadas em peça de mão de alta velocidade – grupo controle). Após a apicectomia das raízes em 3mm aquém do ápice e perpendicular a longo eixo, os espécimes foram impermeabilizados e mergulhados em solução de azul de metileno a 0,5% a 36°C durante 68 horas. Os dentes foram seccionados em quatro partes de 1mm de espessura de apical para cervical e a infiltração do corante foi medida de acordo com as áreas manchadas. Verificaram que as menores penetrações ocorreram nos grupo I em comparação com o grupo II. A MEV revelou um corte limpo na superfície, exposição dos túbulos dentinários, ausência de *smear layer*, ausência de danos estruturais, sem fendas, fusão ou carbonização.

Watanabe et al.[105], também em 1996, realizaram um estudo *in vitro* para avaliar os efeitos do laser CO_2 a 4W, densidade de potência de 192J/cm^2 por períodos de 2 s, e 6W com 288J/cm^2 por 2s. As irradiações foram realizadas na dentina de preparos cavitários classe V de molares humanos

extraídos. A análise realizada por MEV revelou a formação de uma área lisa, apresentando linhas concêntricas formadas pelo derretimento e subsequente recristalização da dentina. Também observaram áreas de granulação, superfície vitrificada, várias rachaduras e áreas de descamação da dentina. Concluíram que o laser de CO_2 usado com 4 e 6W de potência alteraram a dentina, o que limita a sua aplicação clínica.

Ainda em 1996, Levy et al.[56] estudaram a formação de ondas de pressão nos canais radiculares produzidas pelo laser de Nd:YAG, limas de vibração sônica ou limas de vibração ultrasônica. Utilizaram 14 dentes unirradiculados humanos extraídos nos quais foi realizado o preparo biomecânico até a lima tipo K nº 30 no comprimento de trabalho definido a 1mm aquém do ápice. Para a detecção das ondas de pressão produzidas, os dentes foram fixados a um aparelho de transdução piezoelétrica ligado a um osciloscópio de 100MHz. Em 12 dentes foi aplicado um laser pulsado de Nd:YAG (comprimento de onda de 1064nm, potência de 50Hz e 800μs de duração de pulso). As fibras ópticas utilizadas foram de 200, 300, 400 e 600μm de diâmetro, com potenciais de 5,0; 5,5 e 6,0W, sendo que em cada dente foi usado uma combinação potência/diâmetro. Nos outros dois dentes foi usada uma lima nº15 com vibração sônica ou uma lima nº15 com vibração ultrasônica. As pressões de ondas detectadas indicaram que a irradiação por laser Nd:YAG produziu sinais

que variaram de 35,78 a 79,26 mV de acordo com a potência usada. A pressão produzida pela vibração sônica e ultrasônica foi de 60,51mV e de 7,02mV respectivamente. Concluíram que a irradiação com o laser Nd:YAG produz ondas de pressão com características diferentes daquelas produzidas pelos instrumentos endodônticos com vibração sônica e ultrasônica.

Cohen et al.[19], em 1996, buscaram determinar a potência máxima, em que o laser de Ho:YAG poderia ser usado sobre as paredes dos canais radiculares, através de uma fibra óptica de 245μm de diâmetro para irradiar as paredes dos canais e também o aumento de temperatura do cemento. Usaram sessenta dentes divididos em três grupos de acordo com a potência a ser utilizada: grupo I (0,50W; 5Hz; 51J; 740V), grupo II (0,75W; 5Hz; 54J; 760V) e grupo III (1,00W; 5Hz; 58J; 790J). As três variáveis a serem observadas foram : mudanças da temperatura na região apical, mudanças na temperatura coronária e diâmetro máximo da lima que penetraria no canal radicular após a aplicação do laser. Os dentes foram instrumentados até a lima tipo K nº 25 e adaptados a um microprocessador com termômetro. Como resultados para a variação de temperatura na região apical verificaram: a) para o grupo I: 1,58°C; b) para o grupo II: 2,68°C e c) para o grupo III: 2,2°C. Na região coronária foi de 0,56°C para o grupo I; 0,99°C para o grupo II e 1,15°C para o grupo III. Quanto ao tamanho da lima, verificaram um aumento para a lima de nº40 em todos os grupos. Não houve diferença

significativa entre os grupos para a mudança de temperatura apical (<5°), coronária (<5°) ou tamanho da lima nos canais.

Komori et al.[53], em 1997, realizaram um trabalho para verificar a aplicação clínica do laser sobre os tecidos duros dentários através de ressecções radiculares em dentes humanos extraídos. Para isso, utilizaram o laser de Er:YAG, com 8Hz e 350mJ por pulso e um laser de Ho:YAG com 10Hz e 1mJ por pulso, sendo que os lasers foram aplicados sob irrigação. Um laser de CO_2 com comprimento de onda contínuo e potência de 10W (sem irrigação) e uma broca mecânica foram usados como controle. Dezesseis dentes humanos unirradiculados foram preparados convencionalmente e obturados pela técnica da condensação lateral com cones de guta-percha e cimento endodôntico. O corte foi realizado no terço apical de cada raiz perpendicularmente ao longo eixo do dente. Os resultados obtidos pela MEV foram:

a) o laser de Er:YAG não promoveu o aparecimento de sinais de derretimento na área cirúrgica; a abertura de túbulos dentinários era visível parcialmente; a completa obturação do canal foi mantida;
b) o laser de Ho:YAG promoveu o aparecimento muitas fendas e espaços vazios entre a guta-percha e o as paredes do canal radicular; uma área de derretimento foi observada num maior aumento; alguns túbulos dentinários estavam

obturados pelo derretimento, mas a maior parte deles apresentavam-se abertos;

c) o laser de CO_2 promoveu uma carbonização completa induzida pela degeneração térmica e espaços vazios entre a guta-percha e as paredes do canal radicular;

d) a broca permitiu um acúmulo de *smear layer* e lascas de dentina e espaços vazios entre a guta-percha e as paredes do canal radicular.

A microscopia óptica revelou para o laser de Er:YAG uma limpeza da superfície e ausência de destruição por alterações térmicas, a obturação do canal foi mantida, e o laser de Ho:YAG apresentou descoloração, fendas e espaços vazios entre a guta-percha e as paredes do canal radicular.

Dostálová et al.[23], em 1997, pesquisaram o efeito da ablação do laser de Erbium:YAG sobre dentes humanos *in vivo*. Utilizaram quatro premolares humanos hígidos que seriam extraídos posteriormente por razões ortodônticas. Antes da extração foi preparada uma cavidade oval com o laser pulsado de Er:YAG a 150 pulsos com energia de 145mJ e 2Hz. A cavidade preparada foi de 3x5mm e com 3mm de profundidade. Após a extração, os dentes foram descalcificados e preparados em 172 secções afim de serem examinados por microscópio óptico. Ficou comprovado que a aplicação do laser de Er:YAG provocou uma redução na camada de dentina e os túbulos dentinários apresentavam um

curso radial em direção à superfície. Não foram observadas fendas ou injúrias estruturais nem mesmo reações inflamatórias da polpa. A vascularização da polpa estava normal, resultados esses que confirmam a utilização do laser de Er:YAG com segurança sobre esmalte e dentina humanos.

Liu et al.[57], em 1997, avaliaram a profundidade do selamento pelo laser de Nd:YAG nos túbulos dentinários humanos. Utilizaram nove molares humanos, que foram limpos e armazenados em água destilada a 4°C e, em seguida foram cortados em *slices* de 3mm de espessura, perfazendo um total de 36 espécimes que foram divididos em três grupos. Os grupos A e B receberam irradiação a laser de Nd:YAG com energia de 30mJ e 10pulsos/s incidindo sobre a superfície dentinária paralelamente aos túbulos e perpendicularmente à superfície com uma fibra óptica de 400μm. O grupo C não foi irradiado (grupo controle). Como resultado, após a MEV, constataram que existiram modificações na superfície dentinária de todos os espécimes. Aqueles que não foram irradiados apresentaram os orifícios dos túbulos dentinários abertos e quase sempre livres de *smear layer* (diâmentro entre 3 e 4μm). Os espécimes irradiados apresentaram um derretimento da dentina e fechamento dos túbulos sem formação de fendas na superfície dentinária. O selamento pelo laser sobre os túbulos foi de aproximadamente 4μm no centro e 3μm nas margens, visto que a fibra óptica era capaz de irradiar 32μm de área.

Schaller et al.[82], em 1997, realizaram um estudo para determinar os efeitos do tratamento com laser Nd:YAG sobre a permeabilidade dentinária. Para isso, utilizaram quarenta discos de dentina que foram divididos em três grupos e irradiados com laser de Nd:YAG em três parâmetros diferentes:

a) grupo A: 3 x 60 s, 60 mJ;

b) grupo B: 3x 60 s, 90 mJ;

c) grupo C: 3 x 60 s, 120mJ.

Após o tratamento com laser, os discos foram condicionados com ácido fosfórico a 32% por 60 segundos.

O padrão de filtragem dos túbulos dentinários em uma área definida dos espécimes foi medido usando uma solução radioativa (Ringer) sob uma pressão de 30cm H_2O em uma máquina com câmara para realizar cisão.

As medidas da permeabilidade foram realizadas três vezes após o tratamento com laser e seis vezes após o condicionamento com ácido fosfórico a 32%. Verificaram assim que o laser de Nd:YAG apresentou significante influência, aumentando a permeabilidade dentinária. No Grupo A a permeabilidade aumentou significativamente. Para o Grupo B e C houve aumento e diminuição da permeabilidade dentinária respectivamente. As superfícies tratadas com o ácido fosfórico a 32%, sofreram influência na permeabilidade, comparado com a dentina coberta por *smear layer*, no Grupo A; para os Grupos B e C, não houve influência estatisticamente significante.

Já em1998, Anic et al.[5] estudaram e compararam as mudanças morfológicas sobre a superfície dentinária, induzida pela luz laser aplicada paralela ou perpendicularmente à superfície. Utilizaram 15 terceiros molares e cinco dentes unirradiculados. Os dentes foram cortados em *slices* de 1,5mm de espessura. Os espécimes foram divididos em quatro quadrantes, no primeiro foi usado o laser de Argônio, no segundo o laser de CO_2, no terceiro o laser de Nd:YAG e o quarto grupo foi usado como controle. Nos dentes unirradiculados os canais foram instrumentados até a lima tipo K nº 45 usando 5ml de NaOCl a 1,25% e 5ml de H_2O_2 a 3% como irrigação e, em seguida, foram irradiados por meio de fibras ópticas, com os lasers de Argônio e Nd:YAG, e com pontas metálicas, com o laser de CO_2; utilizando 1W/0,1s como parâmetro. Após a MEV constataram que, quando o feixe de laser foi posicionado paralelamente à dentina, variou desde o não efeito até a corrosão e derretimento da *smear layer* e dentina. Quando foi posicionado perpendicularmente, todos os três tipos de laser produziram crateras bem definidas. Portanto, o ângulo do feixe do laser em relação à superfície a ser irradiada pode ser um fator decisivo na quantidade de energia absorvida e consequentemente nas alterações morfológicas produzidas pelo laser.

Em sua pesquisa, Friedman et al.[30], em 1998, avaliaram a utilização do laser de Nd:YAG sobre a superfície radicular antes da reimplantação dentária. Utilizaram 12

premolares birradiculares superiores e inferiores de cães, que tiveram suas câmaras pulpares inoculadas com placas e seladas por CIV. Quatro premolares adicionais serviram de controle e foram tratados endodonticamente e tiveram as suas câmaras pulpares seladas sem inoculação de placa. Após duas semanas os dentes foram hemi-seccionados, foi retirada uma área de 2x3mm de dentina da superfície da raiz vestibular e da lingual, foram lavados com EDTA 15% e enxutos. No grupo 1, as 12 raízes e as quatro do controle foram coradas com tinta negra e irradiadas pelo laser de Nd:YAG por 20s, com potência de 0,7W e 15pps utilizando uma fibra óptica de 300μm, no grupo 2, as raízes receberam irrigação por solução salina estéril durante 20s. os espécimes foram reimplantados e suturados nos cães num período máximo de 2 min. Após sete dias, foram retiradas as raízes, as quais foram seccionadas e examinadas. Como resultante, foi comprovada reabsorção inflamatória em nove raízes do grupo 1, 11 raízes do grupo 2 e nenhum dos controles, sendo que as raízes do grupo1 revelaram mais locais de reabsorção inflamatória do que as do grupo 2. Concluíram assim que a irradiação por laser de Nd:YAG sobre a superfície dos dentes a serem reimplantados não afeta a sua susceptibilidade à reabsorção inflamatória.

Barbakow et al.[9], também em 1998, pesquisaram os efeitos do laser de Nd:YAG sobre as paredes dos canais radiculares. Usaram, para isto, 36 incisivos centrais superiores divididos em quatro grupos. Todas as raízes foram entalhadas

a dois, seis e 10mm dos ápices. Após o preparo biomecânico, as paredes dos canais radiculares foram irradiadas por duas vezes, durante 1min cada, em vários *pre-sets*, e, em seguida, os cortes longitudinais foram observados em microscópio óptico e em MEV de 500x quanto à presença de *debris*, *smear layer* e recristalização da dentina. O grupo 1 (controle): não foi irradiado; o grupo 2: 159J/cm^2, 0,75W e 15pps, o grupo 3: 239J/cm^2, 1,5W e 20pps e o grupo 4: 318J/cm^2, 2,5W e 25pps. Como resultado, os scores para o *debris* foram de G1=2,6 e 10mm; G2=0,7-1,2mm; G3=o,7-1,3mm e G4=0,8-1,4mm. Para o *smear layer* foram de G1=2,6 e 10mm; G2=2,5-2,8mm; G3=2,5-2,7mm e G4=2,1-2,6mm, e quanto à recristalização da dentina foram de: G2=0,01mm; G3=0,05mm e G4=0,29mm. O estudo demonstrou que a carbonização ocorre e que aumenta com a elevação da energia a laser. Nos níveis avaliados, a quantidade de *debris* e de *smear layer* não foram significativamente diferentes entre os quatro grupos.

Ainda em 1998, Zhang et al.[112] realizaram uma investigação *in vitro*, sobre os efeitos da irradiação por laser pulsado de Nd:YAG, utilizando diferentes iniciadores, sobre a permeabilidade e ultra estrutura das paredes dentinárias do canal radicular. Utilizaram quarenta dentes humanos unirradiculados extraídos, nos quais foi realizado o preparo biomecânico até a lima tipo K nº 40, com o comprimento de trabalho estabelecido a 1mm do ápice radicular e utilizando o NaOCl a 5,25% e H_2O_2 a 3% como irrigação. Em seguida, os

dentes foram divididos em quatro grupos, onde: a) o grupo 1 foi mantido como controle, portanto, não foi irradiado; b) o grupo 2 foi irradiado através de uma fibra óptica de 320μm sob refrigeração; c) no grupo 3 foi introduzida uma ponta de algodão contendo tinta negra durante 10s e, posteriormente, irradiados pelo mesmo método do grupo 2; d) para o grupo 4, o iniciador usado foi o $Ag(NH_3)F$ a 38% por 10s e, em seguida, irradiados de forma semelhante ao grupo 2. O laser utilizado foi um laser pulsado de Nd:YAG, com potência de 2W, 20pps e duração de pulso de 150μs. Foram realizadas quatro exposições de dez segundos cada. Os dentes foram mantidos em Solução de Rodamina B a 0,6% por 48 h. Em seguida, foram seccionados e avaliados por estereomicroscópio e MEV. A análise estatística demonstrou diferenças estatisticamente significantes entre os grupos 3 e 1, 4 e 1 e 4 e 2. A MEV demonstrou que o laser sozinho não é capaz de provocar efeitos sobre as paredes dentinárias do canal. A superfície preparada por $Ag(NH_3)F$ para receber o laser apresentou derretimento, evaporação da *smear layer* e abertura dos túbulos. O corante tinta negra foi mais efetivo do que o $Ag(NH_3)F$ como iniciador para a irradiação por laser de Nd:YAG.

Uma análise por microscopia eletrônica de varredura para observar alterações na superfície dentinária de canais radiculares irradiados por laser de Er:YAG e de Nd:YAG foi realizada por Tanji et al.[98],em 1998, utilizando trinta

premolares humanos. Os canais foram instrumentados e, em seguida, secos com cones de papel e divididos em três grupos de dez dentes: grupo 1: irradiação pelo laser de Er:YAG ajustado com energia de 54mJ, taxa de repetição de 15Hz realizando movimentos circulares com a fibra óptica, de apical para cervical durante 10 s e repetido este procedimento por quatro vezes. O grupo 2: irradiação por laser de Nd:YAG, energia de 100mJ e 15Hz utilizando o mesmo método de irradiação descrito para o grupo anterior. O grupo 3: irradiação por laser de Er:YAG como no grupo 1 e subseqüentemente pelo laser de Nd:YAG como no grupo 2. Após a MEV constataram que os túbulos dentinários apresentavam-se abertos, resultante do processo de ablação quando utilizado o laser de Er:YAG. Nos espécimes irradiados com o laser de Nd:YAG foi evidenciado a presença de fusão e recristalização da dentina com obliteração de alguns túbulos dentinários. Para o grupo 3, foi notado a obliteração de alguns túbulos dentinários.

Ainda no ano de 1998, Calas et al.[14] estudaram a possibilidade do emprego do laser no canal radicular causar desvios no eixo do canal. Para a pesquisa, usaram um laser pulsado de Nd-YAP com comprimento de onda de 1,34μm, com sistema de entrega por fibra óptica de 200nm. Foram usados os canais da raiz mesial de vinte molares inferiores com curvatura maior do que 20°, que foram preparados com limas flexofiles. Um dos canais de cada raiz recebeu duas séries de

250 pulsos a 150μs com potência de 170mJ e frequência de 30Hz para o terço coronário e 20mJ e 5Hz para o terço apical. As análises digitalizadas antes e depois do tratamento foram comparadas, utilizando um software capaz de determinar o grau de deslocamento do longo eixo do canal. Concluíram que o uso do laser de Nd-YAP nas condições em que foi realizado este estudo, não causam desvio no longo eixo do canal.

Koba et al.[52], em 1998, realizaram um estudo para avaliar os efeitos da irradiação por laser pulsado de Nd:YAG na região apical e periapical de canais radiculares instrumentados. Usaram, para este estudo, 192 dentes (239 canais radiculares) entre incisivos e molares de 18 cães. Os canais foram instrumentados até a lima tipo K nº 40 e irradiados pelo laser de Nd:YAG com comprimento de onda de 1064μm e sistema de entrega por fibra de 0,32mm. Foram utilizados os seguintes parâmetros: 1W, 15pps durante 2, 3 e 4 s; 2W, 15pps por 2 s. Mais de dez canais foram usados para cada parâmetro e um grupo controle não recebeu irradiação laser. Os cães foram sacrificados imediatamente, uma, duas e quatro semanas após a irradiação. As amostras foram seccionadas com espessura de 25μm e a morfologia apical das lesões periapicais foi observada por meio de um microscópio óptico. Quanto à efetividade na remoção de *debris* da região apical, verificaram que o grupo controle apresentava *debris* contendo pedaços de dentina na região do batente apical de todos os canais; para os grupos tratados por laser 1W por 2s a

efetividade foi de 33% e para 2W por 2 s foi de 91,7%. Foi observado carbonização para os grupos irradiados por laser, exceto para os parâmetros 1W e 2 s. Constataram, que o laser de Nd:YAG foi eficaz na remoção de *debris* imediatamente após a extirpação da polpa, sem causar efeitos adversos quando os parâmetros utilizados foram apropriados.

Em 1998, Farge et al.[27] avaliaram o laser de Nd:YAP em retratamentos endodônticos. Usaram 33 dentes humanos unirradiculados, dos quais oito serviram para estabelecer os parâmetros de utilização do laser. Foi utilizada uma combinação de instrumentação manual, irradiação a laser e irrigação para remover os obstáculos intracanais (guta-percha, cimento de óxido de zinco e eugenol, cones de prata, limas fraturadas tipo K nº 10 e limas fraturadas tipo K nº 15). Os dentes foram divididos aleatoriamente em grupos de cinco, sendo:

a) grupo 1: irradiação a laser a 1s/5Hz/200mJ; 2,5% NaOCl; sem instrumentação manual;
b) grupo 2: irradiação a laser a 1s/5Hz/200mJ; 2,5% NaOCl; com instrumentação manual;
c) grupos 3 a 5: irradiação a laser a 1s/10Hz/200mJ; 2,5% NaOCl; com instrumentação manual.

Após a MEV, concluíram que a utilização do laser de Nd:YAP com os parâmetros de 1s/10Hz/200mJ preservou as paredes dentinárias do canal radicular e promoveu um

suficiente retratamento sem elevação da temperatura e sem causar danos aos tecidos periodontais, portanto, o laser de Nd:YAP torna-se efetivo em combinação com a instrumentação manual no retratamento endodôntico.

Em 1999, Cussioli et al.[20] estudaram a permeabilidade dentinária das paredes do canal radicular após o tratamento endodôntico e aplicação do laser de Er:YAG. Para isso, utilizaram 25 incisivos superiores humanos extraídos que foram divididos em cinco grupos: grupo 1: foi utilizado como irrrigante a água destilada deionizada; grupo 2: foi utilizado como solução irrigadora o hipoclorito de sódio a 1%; grupo 3: foi utilizada a água destilada deionizada e aplicação de laser; grupo 4: os canais radiculares foram irrigados com hipoclorito de sódio a 1% e aplicação de laser; e o grupo 5: o canal radicular foi preparado somente com laser. O laser utilizado foi o Er:YAG (Kavo Key Laser), com 15Hz, 140mJ, energia total de 42J e 300 pulsos. Foi usada uma solução de sulfato de cobre a 2% para evidenciar a permeabilidade dentinária; a penetração de íons cobre no interior dos túbulos dentinários foi detectada pelo ácido rubiânico a 1%. Após a secção transversal dos dentes, estes foram avaliados por análise morfométrica e os resultados demonstraram que o uso de água mais laser de Er:YAG promoveu o maior aumento da permeabilidade dentinária. O uso do laser, da solução de hipoclorito de sódio e da associação destes dois demonstraram uma capacidade intermediária de aumento da permeabilidade dentinária,

enquanto que a água promoveu uma menor permeabilidade dentinária.

Ainda em 1999, Strefezza et al.[93] buscaram determinar em sua pesquisa a temperatura na superfície radicular externa utilizando laser de Nd:YAG com a fibra de 300μm. Foram preparados 32 dentes unirradiculados até a lima tipo K flexofile 45 com comprimento de trabalho 1mm aquém do forame apical. Os espécimes foram divididos em oito grupos de acordo com os seguintes parâmetros: energia de 60 ou 100 mJ/pulso, taxa de repetição de 10 ou 15Hz. Os canais radiculares foram irradiados em quatro períodos de 3s com intervalo de 20s entre eles, utilizando movimentos helicoidais de apical para cervical a uma velocidade de 2mm/s. A temperatura foi monitorada por um termopar do tipo T posicionado no forame apical. Os parâmetros utilizados nesta pesquisa foram considerados seguros para aplicação clínica durante o tratamento endodôntico, ocasionando um aumento de temperatura de 1 a 10 °C na superfície externa radicular.

2.2 Capacidade antimicrobiana

Hooks et al.[46], em 1980, estudaram o uso do laser de CO_2 na esterilização de alargadores endodônticos. Para isso, usaram cem instrumentos de aço inox n° 40, que foram autoclavados por 30 min a 121°, 15p.s.i., e divididos em

cinco grupos (A, B, C, D, E,) de vinte espécimes cada. Os grupos A e B foram contaminados com *Bacillus subtilis var. niger,* os grupos C e D com *Bacillus stearothermophilus* e o grupo E foi mantido estéril e usado como grupo controle. Os grupos B e D tiveram suas superfícies irradiadas durante 3s por um sistema laser CO_2. Os grupos A, B, C e D foram colocados em meios de cultura e incubados. Os resultados demonstraram que o grupo controle E (estéril) não apresentou nenhum crescimento bacteriano, bem como os grupos B e D que foram irradiados com o laser CO_2. Porém, os grupos A e C apresentaram crescimento bacteriano.

Em 1990, Hardee et al.[43] estudaram o potencial da irradiação por laser de Nd:YAG com entrega por fibra óptica na desinfecção de canais radiculares contaminados. Para isso, utilizaram cinquenta canais de dentes unirradiculados extraídos, que foram instrumentados até a lima 50 MAF e esterilizados. Foi, então, inoculada uma suspensão de 10μL de *B. estearothermophilus.* Os cinco grupos foram divididos aleatoriamente e tratados da seguinte forma:

a) grupo A: 3 min de exposição ao NaOCl 5%;
b) grupo B: 3 min de exposição ao NaOCl 5% + 1min de exposição laser;
c) grupo C: 3 min de exposição ao NaOCl 5% + 2min de exposição laser;
d) grupo D: 1 min de exposição laser;
e) grupo E: controle.

O laser foi utilizado com potência de 3W com pulsos de 20pps e um sistema de entrega por fibra óptica de 32mm. Os dentes foram irrigados com 2mL de água estéril. Após o processo de diluição, alíquotas foram retiradas, plaqueadas em cultura de ágar e incubadas para o crescimento das u.f.c.(unidades formadoras de colônias). Como resultado, constataram que no grupo controle a média de esporos era de 22%, enquanto para o grupo A houve uma redução de 88% nas unidades de colônias formadas; para os grupos B e D foi de 98% e para o grupo C 99%, não havendo diferenças estatisticamente significantes entre os grupos experimentais.

Para avaliar a capacidade do laser de Nd:YAG na redução bacteriana na dentina contaminada , White et al.[107], em 1991, realizaram um trabalho utilizando secções de dentina de terceiros molares íntegros extraídos e inocularam as mesmas com 10μl de *B. subtilis, E. coli* ou *B. esterothermophilis*. Após a contaminação com suspensão bacteriana, as secções foram irradiadas com a luz laser em 0,3; 0,5; 1,5 ou 3,0W por 20 s e 2 min. Um grupo controle negativo não recebeu bactérias e nem aplicação do laser. Já o controle positivo foi inoculado por bactérias mas também não recebeu a aplicação de laser. Após a aplicação do laser nos espécimes experimentais, as secções foram inoculadas, plaqueadas em meio de cultura de ágar, para o crescimento das u.f.c. Verificaram que, o *B. estereothermophilis* foi o mais resistente dos microrganismos e não foi eliminado pela luz laser.

Registros de redução bacteriana foram observados nos grupos contendo *B.subtilis* e *E. coli* após 2 min de exposição usando-se potências superiores a 0,5W. A redução bacteriana, utilizando-se tempo de exposição de 20 s, foi muito pequena. Os autores concluíram que o laser de Nd:YAG pode ser utilizado para redução bacteriana na superfície de dentina contaminada.

Tseng et al.[101], também em 1991, avaliaram a ação bactericida do laser de Nd:YAG sobre bactérias periodontopatogênicas *in vitro*. Para essa pesquisa, usaram dentes recém-extraídos que continham bolsa periodontal profunda. Após a extração dos dentes, a superfície envolvida no problema periodontal foi dividida em uma área de teste e outra área de controle. Sobre as áreas de teste foi aplicado o laser com uma peça de mão sem contato e com potência de saída variando entre 0,7 a 1,5W a 10 pulsos/s durante 1 min. Em um dente foi realizada limpeza mecânica sobre a superfície em uma área adicional utilizando-se espátula de madeira, e a aplicação de laser neste dente foi realizada sob contato, com mecanismo de entrega por fibra óptica a 1,75W, 20 pulsos/s durante 30 s. Após isso, os dentes foram fixados em uma solução de Kasrnovsky e após a cobertura com ouro foi realizada a MEV. Os autores chegaram a conclusão que: com a utilização de 0,7W permaneceram bactérias na superfície; com 1,5W, poucas bactérias foram vistas. Concluíram assim que o

laser de Nd:YAG, usado *in vitro,* apresenta potencial bactericida.

Rooney et al.[80], em 1994, realizaram uma investigação do efeito do laser pulsado de Nd:YAG sobre bactérias. Utilizaram tubos contendo culturas de *Enterococcus faecalis,* em quantidade suficiente para simular o número de microrganismos que poderia estar contido em um canal radicular infectado. Usaram um laser de Nd:YAG com sistema de entrega por fibra óptica de 320μm. No grupo A, 22 espécimes receberam uma potência de 0,3 a 3,0W por períodos de 20 a 60 s (a energia liberada foi de 9,0 a 75,0J) ficando quatro dentes como controle. No grupo B, 15 espécimes (3 controles) receberam potência de 0,3 a 2,0W por períodos de 10 a 30 s (energia liberada variou de 6,0 para 37,5J). O tratamento foi avaliado comparando-se o número de bactérias remanescentes nos grupos irradiados com o dos grupos controles (não irradiados). Para o grupo A, a irradiação abaixo de 30J apresentou mínimo efeito bactericida enquanto que irradiações acima de 30J mostraram efeito bactericida superior. Nos espécimes que receberam 60J e 75J não foram encontradas bactérias. No grupo B, onde além de bactérias receberam o corante *black suomi ink* (1μl/ml), os efeitos bactericidas evidenciados foram maiores do que quando utilizada a mesma quantidade de energia, mas, sem o corante. Nos dois espécimes que receberam 25J e 37,5J não foi notada a presença de bactérias.

Fegan & Steiman[29], em 1995, pesquisaram a capacidade do laser de Nd:YAG de promover a desinfecção de canais radiculares contaminados. Utilizaram oito dentes unirradiculados que foram preparados até a lima tipo K nº 35 e, em seguida, foram inoculados com *Bacillus stearothermophilus* e foram tratados como segue: a) irrigação com solução controle estéril; b) controle positivo, sem tratamento; c) instrumentação manual e irrigação com solução salina estéril; d) instrumentação manual e irrigação com solução de hipoclorito de sódio a 5,25%; e) instrumentação ultrasônica com solução salina; f) instrumentação ultrasônica com solução de hipoclorito de sódio a 5,25%; g) aplicação do laser, com solução salina; h) aplicação do laser com solução de hipoclorito de sódio a 5,25%. Todos os grupos foram instrumentados durante 1 min. Em seguida, os dentes foram enxaguados em solução salina e, as alíquotas de diluição determinaram o número de colônias. Como resultado, todos os dentes tratados com o hipoclorito de sódio a 5,25% inibiram o crescimento do *Bacillus stearothermophilus*; a instrumentação manual e ultrasônica utilizando a solução salina não foram efetivas e a utilização do laser de Nd:YAG foi efetivo para inibir o crescimento desta bactéria.

Para avaliar a eficácia do laser de Nd:YAG na desinfecção do sistema de canais radiculares, Moshonov et al.[67], em 1995, usaram 75 dentes unirradiculados que foram instrumentados até a lima tipo K nº 60 e, em seguida,

autoclavados por 15 min a 121°C. Os dentes tiveram os seus canais infectados por *Enterococcus faecalis* durante sessenta minutos e, posteriormente, foram divididos em seis grupos: a) grupo 1 - controle não infectado; b) grupo 2 - controle infectado; c) grupo 3 - infectado e tratado com laser, d) grupo 4 - infectado (aplicação apenas de corante); e) grupo 5 - infectado, aplicado corante e jatos de ar e água; f) grupo 6 - infectado e tratado com hipoclorito de sódio (grupo controle). Os dentes foram seccionados longitudinalmente e avaliados por MEV, onde concluíram que o grupo 3 com irradiação a laser de Nd:YAG reduziu significantemente o número de bactérias (99%) enquanto o grupo 6 (hipoclorito de sódio) promoveu a desinfecção total dos canais.

Buscando investigar o uso do laser na terapia endodôntica, Gutknecht et al.[38], em 1996, selecionaram 517 dentes de pacientes que apresentavam granulomas com 5mm ou mais de diâmetro. Ao todo foram verificados 863 canais radiculares que foram irradiados com uma fibra óptica de 200μm. Os canais eram preparados até no mínimo a lima tipo K nº 30, e usando solução salina fisiológica como solução irrigadora. A irradiação foi realizada posicionando a fibra no comprimento de trabalho e só então, o laser era acionado e a fibra deslocada do ápice em direção à coroa realizando movimentos circulares. Este procedimento foi repetido por quatro vezes, perfazendo um total de 20 s. Foi utilizado um laser de Nd:YAG com potência média de 1,5W, frequência de

15Hz. Entre as sessões, os canais foram selados, sem utilizar medicação. Os canais foram obturados com AH 26 e guta-percha, pela técnica da condensação lateral. Os resultados verificados através de radiografias em um intervalo de três a 12 meses comprovaram um sucesso de 82% dos casos.

Para determinar o potencial bactericida do laser Ho:YAG em canais radiculares, *in vitro*, Gutknecht et al.[39], em 1997, realizaram uma pesquisa utilizando 76 dentes humanos extraídos. Os dentes anteriores foram preparados até a lima K nº 60 e os posteriores até a lima K nº40, utilizando para irrigação a solução salina fisiológica. Os dentes foram esterilizados em autoclave antes da inoculação das bactérias. Sessenta dentes foram divididos em seis grupos, com cinco dentes anteriores e cinco posteriores cada, e foram inoculados com uma suspensão de *Enterococcus faecallis* e irradiados com laser de Ho:YAG. Quatro grupos serviram como controles, constituídos de dois dentes anteriores e dois dentes posteriores, os quais também foram contaminados com 10μl da suspensão cuja concentração inicial era de $1x10^9$ / mL. O laser usado foi de Ho:YAG cujo comprimento de onda foi de 2100nm, 200μs de duração de pulso e com potência entre 0.5 e 4W. A frequência foi de 5 e 10Hz. O sistema de entrega foi uma fibra óptica de 320μm. Os dentes foram irradiados por quatro vezes, perfazendo um total de tempo de 20s. O grupo controle não foi irradiado. Os canais foram lavados com 1mL de NaOCl a 9% e colocados em tubos de testes. Após a sua

incubação foi realizada a contagem das colônias de bactérias formadas. Os resultados mais favoráveis foram alcançados com 2W e 5Hz onde a eliminação das bactérias injetadas no canal radicular foi de 99,98%, comprovando assim a eficiência do laser de Ho:YAG quanto ao seu potencial bactericida.

Em 1997, Moritz et al.[65] pesquisaram a capacidade de redução bacteriana de canais radiculares, utilizando o laser de diodo com comprimento de onda de 810nm. Para isso, utilizaram 44 dentes unirradiculados humanos que foram preparados endodonticamente e contaminados por *Escherichia coli e Streptococcus faecallis*. Os dentes foram irradiados com laser de diodo em quatro períodos de 5 s cada, com pequeno espaço de tempo entre eles. Foram divididos em seis grupos de cinco dentes cada e foram tratados com diferentes ajustes: a) 2W e médias de pulso de 0,01 e 0,02s; b) 3W e médias de pulso de 0,01 e 0,02 s; c) 4W e médias de pulso de 0,01 e 0,02 s. A análise foi realizada por um espectrômetro infra-vermelho e revelou que o máximo de aumento de temperatura com movimentos cíclicos de cinco, oito ou 10 s foi de 6°C. Quanto ao crescimento bacteriano, quando se usou quatro ciclos de 5 s cada, mesmo com menor potência resultou em uma completa eliminação de bactérias. A análise por MEV revelou uma completa obliteração dos túbulos dentinários das paredes dos canais radiculares irradiados.

Klinke et al.[51], também em 1997, estudaram o efeito bactericida da irradiação pelo laser de Nd:YAG na

profundidade de dentina do canal radicular. Nesta pesquisa, utilizaram corte de dentina com espessuras variando em seis valores de 100 a 1000μm que foram obtidos através de cortes longitudinais de dentes humanos extraídos Os espécimes foram esterilizados em autoclave e em um dos lados foi inoculado 4μL de *Streptococcus mutans*. Após a secagem da suspensão bacteriana, os espécimes receberam a irradiação laser no lado oposto. O laser utilizado foi o Sun laser 400 com potência de 1.5W, 15pps e com uma fibra óptica de 200μm aplicado em um ângulo de 5° em quatro aplicações de 5 s. Alguns espécimes foram irradiados no mesmo lado onde foram inoculadas as bactérias, considerando-se espessura zero. O grupo controle não foi irradiado por laser. As bactérias foram removidas e plaqueadas em meio seletivo para *Streptococcus mutans*. Após a incubação por quarenta minutos, as colônias formadas foram contadas. Os resultados quando comparados ao do grupo controle, revelaram aumento significante na eliminação de bactérias para todas as espessuras (zero, cem, 150, trezentos, quinhentos, 750 e um mil). A ação bactericida da irradiação a laser diminuiu após a penetração em espécimes de 1000μm, entretanto, ainda foi efetiva.

Ainda no ano de 1997, Blum et al.[11] compararam a eficácia de irrigantes clássicos com o laser na desinfecção de canais radiculares contaminados. Utilizaram trinta dentes unirradiculados humanos. Os dentes foram preparados até a lima nº 20 sendo o comprimento de trabalho estabelecido até a

constricção apical e irrigados por solução salina fisiológica. Os canais foram em seguida, secos e esterilizados por gás de óxido de etileno por 24 h. Foram divididos em seis grupos de cinco dentes cada, onde 25 dentes foram contaminados por *Streptococcus mitis* por 48 h a 37ºC. No grupo 1 os dentes não foram contaminados nem tratados (controle estéril); no grupo 2 (controle positivo) os dentes foram contaminados, mas não receberam tratamento. Para os outros quatro grupos, os dentes foram contaminados e então instrumentados durante vinte minutos até o instrumento nº 30 (Flexofile), tendo a constricção apical como comprimento de trabalho; no grupo 3 receberam irrigação por NaOCl a 5,25% a cada troca de instrumento. Para os demais grupos, foi usada a irradiação a laser por uma fibra óptica de 240μm e tempo de 30 s, sendo a irrigação realizada com solução salina estéril; no grupo 4 foi usado uma frequência de 5Hz e energia de 260mJ; no grupo 5 foi usado uma frequência de 10Hz e energia de 310mJ e para o grupo 6 foi usado uma frequência de 30Hz e energia de 300mJ. Após a incubação e contagem das colônias formadas nos tubos de teste, concluíram que o tratamento com NaOCl e instrumentação manual inibiram o crescimento do *Streptococcus mitis* e que o efeito antibacteriano do laser de Nd:YAP depende da frequência utilizada. Neste trabalho, somente na frequência de 30Hz o laser de Nd:YAP inibiu o crescimento do *Streptococcus mitis*.

Ramskold et al.[78], em 1997, avaliaram os efeitos térmicos e as propriedades antibacterianas do laser Nd:YAG para tentar estabelecer clinicamente os níveis de energia aplicados no interior dos canais radiculares necessários para esterilizar canais infectados. Usaram um laser de Nd:YAG com entrega por fibra óptica de 300μm de diâmetro e 3W de potência, 50 Hz de frequência e 60 mJ de energia. Os dentes foram preparados até a lima tipo K nº 50 e a mensuração da temperatura foi feita através de um termômetro adaptado à superfície radicular em uma região a 7mm do ápice. Para os testes antibacterianos, foram utilizados dois tipos de bactérias inoculadas no canal radicular: *Enterococcus faecallis* e *Streptococcus mitis*. Os vinte dentes foram divididos em dois grupos de dez (dois controles para cada grupo) e a única variável entre os grupos foi o tempo de aplicação do laser. No grupo 1: os dentes foram irradiados por 2x15 s com intervalo de 15s entre eles. No grupo 2: 4x15 s com 15 s de intervalo entre eles. Os resultados comprovaram que os ciclos de laser utilizando 2x15 s podem ser usados sem o risco de aquecimento dos tecidos vizinhos. Em relação à sua propriedade antibacteriana, o grupo 1 esterilizou apenas dois dos oito canais e o grupo 2 esterilizou sete dos oito canais.

Já em 1998, Kfouri et al.[50] avaliaram a utilização do laser na redução da microbiota bucal responsável pelas patologias mais frequentes. Empregaram culturas em caldo de *Streptococcus mutans*, padronizadas em espectrofotômetro,

que foram irradiadas por um laser de baixa intensidade (Arseneto de Gálio Alumínio) que foi aplicado por contato direto com as culturas na presença ou não de sensibilizante (nanquim), durante 10, 20 e 30 s. O outro laser utilizado foi um de alta intensidade (Nd:YAG) que teve a sua potência variando entre 1,5 e 3W, frequência entre 15 e 30Hz, tempo de irradiação de 10, 20 e 30 s e por contato. Após a irradiação, foram efetuadas as diluições das culturas e a avaliação do número de unidades formadoras de colônia foi analisada em placa de TSA ágar. Os resultados mostraram pela técnica empregada, uma redução não significante na viabilidade das culturas testadas, concluindo que os lasers de baixa intensidade e de alta intensidade não promoveram uma redução significativa de *Streptococcus mutans* e que o sensibilizante não promoveu alteração na absorção da irradiação sobre as bactérias.

Ainda em 1998, Soares[85] avaliou o efeito bactericida da irradiação pelo laser de Ho:YAG na dentina radicular em profundidade. Para isso, utilizou sessenta raízes de dentes bovinos seccionados longitudinalmente em espessura de 100, 300 e 500μm, totalizando 180 amostras dentinárias, que foram esterilizadas e inoculadas em uma das superfícies com 1μL de suspensão de *Enterococcus faecalis*. As amostras foram divididas em seis grupos, sendo quatro experimentais e dois controles (um permaneceu sem tratamento e o outro tratado com NaOCl + H_2O_2). Nos grupos

experimentais, a superfície oposta à inoculação foi irradiada quatro vezes durante 5s, com o laser de Ho:YAG, emitindo comprimento de onda de 2,10μm através de uma fibra de quartzo de 320μm, formando ângulo de 5° com a superfície dentinária e utilizando quatro parâmetros diferentes: 1W/5Hz; 1W/10Hz; 1.5W/5Hz; 2W/5JHz. Após ter sido realizado as diluições para contagem de colônias crescidas, concluiu que a redução bacteriana nas amostras irradiadas pelo laser foi maior em todas as espessuras quando comparado com os grupos controles. As médias de valores máximo e mínimo de redução bacteriana foram 98,46% e 83,65%, respectivamente.

2.3 Limpeza e remoção de *debris* e *smear layer*

Levy[55], em 1992, comparou, *in vitro*, a capacidade para limpar e dar forma ao canal radicular por um laser de Nd:YAG com sistema de entrega por fibra óptica. Utilizou 32 dentes que foram divididos da seguinte forma: grupo 1: os canais foram instrumentados até as limas tipo K de nº 35 e escalonados até a lima K nº 60; grupo 2: foi realizado a instrumentação até a lima tipo K nº 20 penetrar facilmente no comprimento de trabalho e, em seguida, irradiados por um feixe de laser com entrega por fibra óptica de 200μm de diâmetro (equivalente ao diâmetro de uma lima K nº 20). O laser usado foi um Nd:YAG pulsado, com potência de 35W e com

comprimento de onda de 1,064μm. Após a análise por MEV, constatou que o preparo dos canais com a utilização do feixe de luz laser é possível e promove uma melhor limpeza das paredes dos canais radiculares quando comparados com técnicas convencionais.

Pashley et al.[73], em 1992, estudaram o efeito do laser de CO_2 sobre a *smear layer* que cobre a dentina, *in vitro*. Usaram trinta terceiros molares extraídos que foram, em seguida, seccionados em placas de aproximadamente 0,6mm de espessura. A permeabilidade dentinária foi medida antes e após a aplicação do laser em uma câmara de condutibilidade hidráulica. O laser de CO_2 foi aplicado variando o nível de energia: 1W por 0,05 s e densidade de energia de 11J/cm^2, 10W por 0,05 s e densidade de energia de 113J/cm^2 e 2W por 0,1 s com densidade de energia de 566J/cm^2. Após a microscopia eletrônica de varredura e medição da permeabilidade concluíram que para o nível mais baixo de exposição houve um aumento da permeabilidade dentinária devido à perda parcial da *smear layer* e *smear plug*s. Para o nível intermediário também houve um aumento da permeabilidade dentinária pela formação de crateras, o que tornou a espessura de dentina fina. Para o nível mais alto de energia, foi observado um aspecto envidraçado das superfícies das crateras e selamento dos túbulos dentinários abaixo das crateras. A completa remoção da *smear layer* em uma zona de aproximadamente 100μm em volta de cada cratera aumentou a

permeabilidade da dentina entre elas, ao mesmo tempo que diminuiu a permeabilidade da dentina dentro das crateras.

Em 1993, Ito et al.[47] verificaram os efeitos do laser de Nd:YAG na remoção da *smear layer* na superfície radicular após o aplainamento radicular comparando com o tratamento do ácido cítrico. Utilizaram 15 dentes humanos que foram extraídos devido à doença periodontal severa. Os cálculos visíveis foram removidos por ultra-som e as superfícies proximais foram vigorosamente alisadas e planificadas por curetas Gracey. Estas superfícies proximais foram seccionadas, obtendo-se trinta espécimes de 1mm de espessura por 5mm de largura e 5mm de altura. Em seguida, foram divididos em dois grupos: no grupo A, os 25 espécimes foram irradiados por laser de Nd:YAG com potência de 20W, sendo que o ponto de entrega localizava-se a 5cm de distância de cada espécime, e cada subgrupo de cinco dentes foi irradiado por 0,3; 0,5;1,0; 2,0 ou 3,0 s, o que corresponde a uma densidade de energia de 84,93; 141,54; 283,09; 566,17 ou 849,26 J/cm^2, respectivamente. No grupo B, cinco espécimes não foram irradiados mas sim tratados com ácido cítrico (pH 1,0) e saturados por três minutos. O centro de cada espécime no grupo A foi usada como área experimental e a periferia como controle, no grupo B a metade de cada espécime foi usado como experimental e a outra metade como controle. Após a examinação por MEV, foi visualizado que a superfície dos espécimes do grupo controle A e B apresentava-se

irregular o que correspondia à presença de *smear layer* com uma aparência amorfa. Entretanto, a superfície dos grupos experimentais A e B exibiram os orifícios dos túbulos dentinários limpos com morfologia lisa, o experimental B apresentou os orifícios dos túbulos dentinários com formas de funis largos e com uma morfologia fibrilar em forma de tapete. Concluindo, assim, a efetiva ação do laser de Nd:YAG na remoção da *smear layer*, abertura dos túbulos e exposição de fibras colágenas na superfície dos orifícios dos túbulos dentinários após o aplainamento radicular.

Goodis et al.[37], em 1993, realizaram um estudo comparativo da eficácia do laser de Nd:YAG com métodos convencionais na limpeza e conformação do canal radicular, onde usaram quarenta dentes unirradiculados humanos e dois lasers: a) laser de Nd:YAG, pulsado, 3W, 1,064μm de comprimento de onda, com o contato por uma fibra óptica de quartzo de 200 e 320μm; b) laser de onda contínua , com 20W (CW), 1,064μm de comprimento de onda e 200 e 400μm. Dez dentes foram preparados com instrumentos manuais e hipoclorito de sódio a 5,25% e 30 dentes (15 para cada grupo) foram instrumentados manualmente até a lima tipo K nº 20 e, em seguida, foi aplicado o laser. Os dentes foram seccionados longitudinalmente e avaliados por MEV, onde constataram a ausência de restos orgânicos, microrganismos e *smear layer* quando foi usado a combinação do método manual e o laser. Os autores concluíram que a utilização dos lasers induzem a

mudanças morfológicas, remoção da *smear layer* quando em contato com as paredes dos canais, ocasionalmente alterando as paredes dentinárias. Microrganismos não foram notados mesmo quando foi usada apenas a técnica manual.

Em 1995, Moshonov et al.[66], avaliaram a eficácia do laser de argônio na remoção de *debris* do sistema de canais radiculares. Para isso, utilizaram 12 dentes, cujo o preparo biomecânico foi realizado com limas tipo K de nº 15 a 40 no comprimento de trabalho estabelecido a 1mm aquém do ápice e irrigação por hipoclorito de sódio a 2,5%. Os dentes foram divididos em dois grupos sendo que o primeiro não recebeu aplicação do laser, e o segundo foi irradiado por laser de argônio com entrega por fibra óptica de 300μm, que foi introduzida até o comprimento de trabalho com uma energia de 2W e 15 pulsos de 100ms aplicados num período de 5 s. Os canais foram mantidos úmidos por solução salina estéril e após a MEV comprovaram que a irradiação por laser de argônio foi mais eficaz na remoção do *debris* intracanal (restando apenas 2%), do que a do grupo em que não foi aplicado o laser (restando 9%).

Blum & Abadie[10], em 1997, estudaram a capacidade de limpeza dos canais radiculares por cinco diferentes técnicas de preparação, incluindo o uso do laser. Utilizaram cinquenta molares superiores humanos que tiveram as cavidades de acesso preparadas e divididos em cinco grupos (A-E) com dez espécimes cada. Foram utilizadas as

raízes linguais destes dentes. No grupo A, os espécimes foram preparados por instrumentação manual; no grupo B, foi utilizado o laser de Nd:YAP com frequência de 5Hz e energia de 260mJ/p, potência de 2kW por tempos de 30 s; o grupo C recebeu uma preparação mista, manual e laser, onde a cada troca de instrumento os canais eram irrigados e irradiados com a mesma regulagem do grupo B; o grupo D recebeu instrumentação manual e subsônica, onde a cada troca de instrumento os canais eram irrigados e tratados com instrumentos subsônicos e finalmente no grupo E foi realizada instrumentação manual, subsônica e irradiação por laser. Após a MEV, constataram que as técnicas A e C diferiram apenas pelo tamanho das partículas de *debris* encontradas, as quais eram menores no grupo C. No grupo B foi evidenciado um pequeno aumento no diâmentro dos canais e presença de uma quantidade substancial de *debris*; um pequeno número de túbulos apresentavam-se abertos e sem conicidade na preparação. Os grupos A, C e D não apresentaram diferenças significativas. O grupo E apresentou uma preparação mais limpa, com pouco *debris*, túbulos abertos e partículas de tamanho muito pequeno. Os resultados sugerem que o laser tem potencial para otimizar a limpeza dos canais.

Também em 1997, Harashima et al.[41] avaliaram a eficácia do laser de Nd:YAG para remover *debris* e *smear layer* das paredes de canais radiculares instrumentados, *in vitro*. Utilizaram, para isso, 36 incisivos inferiores unirradiculados que

tiveram suas coroas seccionadas e foram instrumentados até a lima tipo K nº 50 com irrigação por hipoclorito de sódio 5,25% e água oxigenada a 3%. Em seguida, foram divididos em três grupos de 12 espécimes cada, onde o grupo 1 foi usado como controle (não foi irradiado); o grupo 2 foi irradiado pelo laser de Nd:YAG usando 1W, 20pps e 42 s; o grupo 3 foi irradiado pelo laser Nd:YAG usando 2W, 20pps e 42 s. Foram realizadas quatro exposições de 10 s cada, perfazendo um total de aproximadamente 42 s por canal. Durante a irradiação, os canais foram resfriados por *spray* de água constante. A análise por MEV revelou que o grupo 1 apresentava as paredes do canal cobertas por *debris*, *smear layer*, remanescentes de tecidos e *plugs* obstruindo os túbulos dentinários na maioria dos espécimes. No grupo 2, o efeito de limpeza foi remoto e foi evidenciado a presença de *debris* e *smear layer* nas paredes cobrindo os orifícios dos túbulos dentinários, entretanto, era evidente a presença de linhas formadas onde a fibra óptica tocou nas paredes. No grupo 3, o efeito de limpeza foi evidente, o calor gerado no interior dos canais foi suficiente para vaporizar *debris* e tecidos remanescentes. As paredes dos canais estavam limpas e com *debris* e *smear layer* vaporados, fundidos, derretidos e recristalizados na maioria dos casos. Os túbulos dentinários apresentavam-se selados pela fusão de dentina e depósitos de minerais que compõem as paredes dos canais radiculares.

Harashima et al.[42], em 1998, avaliaram a capacidade de remoção de *debris* e *smear layer* das paredes do canal radicular pela ação do laser de argônio. Usaram para isso 12 molares superiores com três raízes, divididos da seguinte forma: grupo 1: (controle) sem a aplicação do laser e grupo 2: irradiado por laser de argônio (1W, duração de pulso 0,05s e frequência de pulso de 5Hz). Após a preparação do canal radicular e aplicação do laser (4x15s de duração), os dentes foram cortados longitudinalmente, observados em MEV. Verificaram que o grupo controle apresentou apenas um dos 18 espécimes livre de *debris* nas paredes dos canais radiculares. Entretanto, o grupo em que foi aplicado o laser apresentou 13 dos espécimes livres de *debris* e com o tecido pulpar remanescente vaporizado.

Também em 1998, Takeda et al.[96] avaliaram a eficácia da irradiação pelo laser de Er:YAG na remoção de *debris* e *smear layer* das paredes dos canais radiculares tratados. Utilizaram para isso, 36 incisivos inferiores humanos, extraídos, que foram instrumentados até a lima tipo nº 55 usando hipoclorito de sódio a 5,25% como solução irrigadora. Os dentes foram divididos em três grupos: G1: não recebeu irradiação a laser; G2: irradiado com laser Er:YAG, com energia de pulso de 100mJ, 1W, 1 pulso/s de 10pps, com um total de quatro exposições de 3s cada; G3: irradiado da mesma forma que o G2, mas utilizando 2W. Os dentes foram seccionados e avaliados por MEV e por estereomicroscopio óptico. Os

resultados comprovaram que o G1 apresentou grande quantidade de *debris* e de *smear layer* obliterando os túbulos dentinários em todos os níveis. Os grupos G2 e G3 apresentaram-se livres de *debris*, com uma evaporação da *smear layer* e abertura dos túbulos dentinários.

2.4 Outras aplicações do laser em Endodontia

Bader & Lejeune[7], em 1998, avaliaram 320 casos em que foi realizado cirurgia endodôntica para remoção das lesões residuais apicais ou lesões que não poderiam ser tratadas de maneira convencional. Para isso, usaram quatro grupos de oitenta dentes que foram avaliados em intervalo de 12 meses. O primeiro grupo foi realizado com brocas e a obturação retrógrada com IRM; o segundo grupo foi tratado com broca, laser de CO_2 e IRM; no terceiro grupo realizaram obturação retrógrada com ultra-som e IRM, o quarto grupo foi tratado com ultra-som, laser de CO_2 e IRM. Após 12 meses, avaliações clínicas e radiográficas concluíram que os melhores prognósticos foram alcançados com o uso do ultra-som e que o uso do laser de CO_2 não melhorou o processo de cura.

A fotopolimerização de materiais dentários, com potencial para aplicação endodôntica utilizando o laser de argônio foi estudada por Thomas & Petrou[99], em 1990. Para isto, usaram o laser de argônio com três comprimentos de onda

diferentes (477, 488 e 514,5nm). Quatro tipos de resina ativadas pela conforaquinone (Genesis, Prisma Fill, Prisma Microfine, Prisma VLC Dycal) foram colocadas no interior de canais radiculares e avaliados quanto à profundidade de polimerização utilizando um laser de argônio com uma fibra óptica de 200μm de diâmetro. Os resultados indicaram que o laser de argônio acoplado a uma fibra óptica pode tornar-se útil na terapia endodôntica, sendo que os comprimentos de onda mais eficientes foram 477 e 488nm.

Cerisier et al.[17], em 1996, utilizaram o método de delimitação do elemento para determinar as temperaturas no volume e na superfície do dente irradiado por laser de CO_2 (3, 1 e 0,4W). Esse método é bem ajustado à resolução numérica de problemas de difusão térmica que existe em volumes complexos como os dentes. Os parâmetros analisados foram: poder de absorção dos dentes, tempo de irradiação e diâmetro do feixe no dente. Em todos os casos foi observado um aquecimento muito rápido e pequeno da superfície, que diminuía devagar. No interior do dente, essa variação de temperatura era muito pequena ou não existia.

Em 1998, Camargo et al.[15] avaliaram por MEV o corte da superfície apical e a obturação retrógrada de cavidades preparadas com laser de Er:YAG e outras duas técnicas convencionais. Utilizaram trinta dentes humanos extraídos, os quais foram divididos da seguinte forma: grupo 1: a apicectomia foi realizada utilizando-se brocas diamantadas

montadas em alta rotação; grupo 2: foi utilizado irradiação pelo laser de Er:YAG (comprimento de onda 2.94μm, comprimento de pulso de 250-500μs), energia de 500mJ e frequência de 6Hz, sob refrigeração por água destilada. Os grupos foram divididos em três subgrupos, onde nos G1A e G2A a preparação da cavidade para retro-obturação foi realizada com broca montada em baixa rotação. Para os grupos G1B e G2B foi realizada uma instrumentação ultrassônica. Os grupos G1C e G2C foram irradiados por laser de Er:YAG. Os resultados mostraram uma superfície suave e ausência de *smear layer* ou *debris* no grupo 2 comparado com o grupo 1.

2.5 Microinfiltração

Swanson & Madison[95], em 1987, avaliaram a microinfiltração via cervical das obturações de canais radiculares. Para isso, utilizaram sessenta dentes unirradiculados que foram preparados e obturados com guta-percha e cimento obturador, pela técnica da condensação lateral. Após 48 h, tempo de endurecimento do cimento, os espécimes foram colocados em saliva artificial por períodos de três, sete, 14, 28 ou 56 dias. Em seguida, foram corados por tinta nanquim. Após a avaliação dos espécimes, notaram que houve uma considerável penetração de corante em todos os grupos expostos a saliva artificial e não foram evidenciadas

diferenças significativas entre eles. O grupo controle, que não foi exposto a saliva, não apresentou infiltração.

Para verificar a infiltração de partículas do tamanho de bactérias e grandes moléculas de proteínas em canais radiculares obturados, e também se a quantidade de infiltração do corante azul de metileno era comparável com a infiltração de um produto bacteriano de baixo peso molecular, Kersten & Moorer[49], em 1989, utilizaram canais radiculares que foram obturados com guta-percha com ou sem o cimento AH 26. Uma das metades dos espécimes receberam condensação vertical e a outra não. Em seguida, as raízes foram montadas em tubos de acrílico. Após a obturação, foram colocadas nas aberturas coronárias de cada uma das raízes: bolinhas de latex com tamanho correspondente a de um *Streptococcus*; endotoxinas; ácido butírico a 5%; ácido valérico a 1% e corante azul de metileno a 0,1% em solução aquosa e pH 7.0. Com uma membrana de borracha foram fechados os tubos e as extremidades apicais. Em seguida, o reservatório apical foi preeenchido com solução aquosa de ácido valérico a 0,1% e pH 7.0. O conjunto foi mantido a 37°C por uma semana. As amostras da região apical foram colhidas por uma seringa com agulha. Foi observado que a infiltração de partículas com tamanho de bactérias e grandes moléculas protéicas podem ser evitadas somente quando foi usado cimento e condensação vertical. A infiltração do ácido butírico comprovou ser

comparável à infiltração alcançada com o corante azul de metileno.

Goldman et al.[33], em 1989, estudaram a infiltração marginal avaliando o método de penetração no corante. Canais radiculares foram preparados biomecanicamente e receberam ou não obturação. Nos canais obturados foi deixado um defeito proposital na abertura do canal e, em seguida, as aberturas foram seladas. Os espécimes foram imersos em solução violeta cristal a 1% por 3 h, sendo a metade em ambiente a vácuo e a outra metade não. Como resultado foi verificado penetração total nos espécimes quando foi utilizado ambiente de vácuo. Quando foi realizada a imersão passiva, a penetração não foi total. A penetração total só ocorreu nos espécimes que foram colocados na posição vertical.

A utilização do vácuo em estudos de microinfiltração foi avaliada por Spangberg et al.[87], em 1989, Para isso, utilizaram canais radiculares que foram obturados com cimento AH 26. Os espécimes permaneceram por uma semana a uma temperatura de 37ºC e umidade relativa de 100% e, em seguida, foram divididos em grupos. Num dos grupos, as raízes foram imersas de maneira passiva no corante azul de metileno a 2% por uma semana. A outra metade foi colocada em câmara a vácuo. As infiltrações foram analisadas e os resultados mostraram que o ar aprisionado produz artefatos na técnica da imersão passiva, por isso deve ser

utilizado o vácuo antes da introdução do corante, para permitir uma completa extensão da infiltração.

Em 1991, Holland et al.[44], analisaram e compararam qualitativamente o selamento marginal de cimentos à base de hidróxido de cálcio e cimentos à base de óxido de zinco e eugenol. Utilizaram sessenta dentes que foram instrumentados até a lima K nº 40 e escalonados até a nº 80. A obturação foi realizada utilizando a técnica da condensação lateral com cones de guta-percha e cimento (CRCS, Sealapex puro, Sealapex com duas quantidades diferentes de iodofórmio, cimento experimental à base de hidróxido de cálcio e cimento de óxido de zinco e eugenol). Os espécimes foram mergulhados em solução de azul de metileno a 2% durante 24 h. Ficou comprovado que o cimento de óxido de zinco e eugenol apresentou uma infiltração significantemente maior do que os cimentos à base de hidróxido de cálcio. Os cimentos CRCS e experimental, apresentaram valores de infiltração semelhantes e o Sealapex puro, foi o que apresentou a menor infiltração.

Uma avaliação da infiltração marginal imediata e após o contato com a saliva em dentes tratados endodonticamente que receberam preparo para núcleo foi realizada por Valera[102], em 1993. Para este trabalho, foram utilizados 108 raízes que receberam preparo biomecânico e foram obturados com cones de guta-percha e cimento Sealapex pela técnica da condensação lateral. Os canais

receberam preparo ou não para núcleo imediatamente após as obturações, e foram imersos em corante imediatamente ou após a manutenção em saliva artificial. Com o resultado, foi verificado que a saliva aumentou significativamente a infiltração marginal.

Em 1993, Jacobsen et al.[48] estudaram a efetividade a longo prazo de quatro materiais comumente utilizados como impermeabilizadores externos de raízes. Para isso, foram preparados canais radiculares até a lima de nº 50, mantendo o comprimento de trabalho 1mm aquém do forame. As raízes não foram obturadas e foram divididas em cinco grupos de acordo com o material utilizado para impermeabilização externa: Grupo1 - usou três camadas de esmalte para unhas; Grupo 2 - uma camada com dois a 3mm de espessura de cera pegajosa; Grupo 3 - utilizou resina para fundição; Grupo 4 - utilizou resina epóxica; grupo 5 (controle) - não recebeu impermeabilização. Em seguida, foi colocado algodão e radioisótopos no interior dos canais e realizado o selamento com Cavit. As raízes foram armazenadas individualmente em frascos contendo solução salina e incubadas a 37ºC. As amostras foram coletadas em prazos de um, quatro, oito, 12 e 36 semanas. Os resultados comprovaram que a cera pegajosa foi o melhor material de escolha para impermeabilização externa em estudos de longo prazo.

Ahlberg et al.[3], em 1995, compararam o padrão de infiltração linear apresentado pelos corantes: solução de

azul de metileno a 5% em solução aquosa e tinta da índia. Para isso, utilizaram 125 raízes de dentes humanos unirradiculados extraídos. As raízes receberam o preparo biomecânico utilizando limas tipo K e hipoclorito de sódio a 1%; os dois terços coronários foram preparados com brocas Gates Glidden e uma lima tipo K nº 10 foi introduzida no interior do canal para eliminar os *plug*s de dentina e assegurar a forma do forame. As raízes foram obturadas por cones de guta-percha, variando o cimento de acordo com os grupos: grupo 1 - foi usado Sealapex (quarenta raízes); grupo 2 - foi usado o Tubli-seal (quarenta raízes); grupo 3 - foi usado o Ketac-endo (vinte raízes). As raízes restantes foram utilizadas como controles positivo e negativo. As raízes foram armazenadas em solução salina fisológica a 37ºC por 48 h e então imersas em azul de metileno a 5% ou tinta da índia por sete dias. Os resultados mostraram que o azul de metileno penetrou mais do que a tinta da índia, concluindo assim que o baixo peso molecular do azul de metileno permite uma maior penetração nas obturações de canais radiculares.

Em 1997, Oliver & Abbott[70] realizaram um estudo para determinar a correlação entre infiltração apical por corante em dentes extraídos, previamente obturados, e sua performace clínica. Um método combinado de vácuo e teste passivo foi usado em 208 canais radiculares classificados em sucesso ou insucesso clínico antes da extração. Verificaram que em 99,5% a infiltração linear (medido como porcentagem do comprimento

da raiz) foi: nos casos de sucesso = 48,37%±33,97, com alcance de 0-100% nos casos de insucessos = 56,53%±34,42, com alcance de 5,6-100%. Os resultados da infiltração volumétrica (expressas em $x10^{-3}$ml) foi de: a) casos de sucesso = 1,324±2,748, com alcance de 0-17,008; b) casos de insucessos = 2,200±2,431, com alcance de 0-17,861. Concluíram que existe uma forte correlação entre infiltração linear e volumétrica com os casos de sucessos e insucessos. Houve diferenças estatisticamente significante entre infiltração linear para tratamentos de canal com sucesso ou insucesso e da mesma forma para a infiltração volumétrica e o resultado do tratamento.

Siragusa et al.[83], em 1997, examinaram a habilidade de selamento dos cimentos Selapex e Apexit. Para isso, usaram 40 dentes unirradiculados anteriores extraídos, que tiveram os seus canais preparados biomecanicamente, irrigados e secos. Em seguida, foram divididos nos seguintes grupos: Grupos 1a e 1b, que foram obturados com cones de guta-percha e Sealapex; Grupos 2a e 2b, que foram obturados com guta-percha e Apexit. As avaliações das infiltrações foram realizadas após um período de 24 horas e de 50 dias de armazenagem, onde verificaram que não houve diferenças nas infiltrações observedas com os cimentos por um período de 24 horas. Entretanto, com 50 dias, o Apexit Apresentou maior infiltração do que o Sealapex

Erbet & Petschelt[25], em 1998, testaram a eficácia de um novo cimento endodôntico à base de silicone. Para avaliar a capacidade de selamento e a microinfiltração dos canais radiculares obturados com os seguintes cimentos: grupo 1: cimento AH 26; grupos 2, 3, 4 e 5:cimento à base de silicone; grupo 3: cones de guta-percha contendo hidróxido de cálcio; grupos 1, 2, 3 e 5: óxido de zinco e eugenol; grupo 4: colocação de cimentos pelo uso de instrumentos endossônicos; grupos 1, 2, 3 e 5: preenchedor em aspiral; a *smear layer* estava presente (grupo 5) e removida (grupos 1, 2, 3 e 4). Os resultados comprovaram que o novo cimento à base de silicone apresentou infiltração significativamente menor que o AH 26; não foram encontradas diferenças estatísticas significantes entre os grupos do cimento à base de silicone.

Özata et al.[71], também em 1998, compararam a infiltração apical do Ketac-endo, Apexit e Diaket. Para isso, utilizaram 36 dentes humanos unirradiculados, anteriores, superiores. Os canais receberam preparo biomecânico até a lima tipo K nº 40 usando 2 ml de NaOCl a 5,25% como solução irrigadora. Os canais foram obturados com cimento endodôntico, guta-percha e pela técnica da condensação lateral. No grupo 1 foi utilizado o Apexit; grupo 2 o Ketac-endo; e grupo 3 o Diaket. A análise dos resultados demonstrou não haver diferenças significante entre o Apexit e o Diaket, entretanto, o Ketac-endo apresentou uma maior infiltração comparado com os demais cimentos.

Antonopoulos et al.[6], em 1998, avaliaram métodos passivos de penetração do corante, sob pressão negativa ou sob condições de alta pressão. Para isso, utilizaram noventa incisivos superiores humanos, que foram instrumentados e obturados, sendo que 45 destes dentes foram obturados pela técnica da condensação lateral e os outros 45 pela técnica do cone único. Para a obturação foram usados cones de guta-percha e cimento endodôntico AH 26. Cada grupo de 45 dentes foi subdividido em três grupos, quanto ao método de penetração do corante. Método A: exposição passiva ao corante tinta da índia sob pressão atmosférica normal durante sete dias a 37°C; Método B: exposição por 10 min mergulhados no corante sob vácuo de 60 Torr e, em seguida, permanência por sete dias a 37°C; Método C: exposição ao corante Rodamina B misturado com resina epóxica sob alta pressão (200Mpa). A avaliação foi realizada por dois métodos: Método I: realizada a medida da infiltração linear em mm somente na superfície de cada raiz, o que revelou uma maior diminuição da penetração pelo corante; Método II:, realizada a medida linear da infiltração em todas as quatro superfícies de cada raiz, em mm. Os resultados revelaram que não existem diferenças significativas entre os métodos de penetração do corante utilizando a pressão passiva ou negativa, entretanto, a quantidade de penetração do corante sob condições de alta pressão foi significantemente menor. A técnica de condensação lateral e a técnica do cone

único apresentaram capacidade de selamento semelhantes. Concluíram que não é necessário o uso de pressão negativa para avaliar a capacidade de selamento das obturações endodônticas, *in vitro.*

Lumley[59], em 1998, estudou a infiltração linear através da penetração de corante em primeiros premolares superiores obturados com Alphaseal, por ondas contínuas ou por condensação lateral. Para isso, utilizou trinta dentes (sessenta canais), que foram divididos em três grupos. O grupo 1 foi preparado com limas do sistema Quantec e obturados usando o Alphaseal; o grupo 2 foi instrumentado com limas Hedstroms (Kerr) e a obturação foi realizada utilizando ondas contínuas e o grupo 3 foi preparado utilizando-se instrumentos manuais e brocas Gates-Glidden e obturado utilizando-se a técnica da condensação lateral. O cimento endodôntico AH Plus foi utilizado em todos os grupos. Em seguida, os dentes foram colocados no corante (tinta da índia). A avaliação da microinfiltração linear apical do corante foi realizada e os resultados não demonstraram diferenças estatisticamente significantes entre o três grupos. O extravasamento do cimento ocorreu mais nos grupos que foram obturados com o Alphaseal.

Tamse et al.[97], em 1998, compararam a extensão da infiltração apical de quatro corantes, avaliados por dois métodos comumente utilizados. Neste estudo, foram utilizados 120 dentes unirradiculados humanos extraídos que foram

preparados biomecanicamente e obturados com guta-percha e cimento Root 801, pela técnica da condensação lateral. Os dentes foram divididos em seis grupos. Nos Grupo A, B, C e D, as raízes foram imediatamente imersas em eosina, azul de metileno, tinta negra da índia e azul brilhante, respectivamente. Os métodos de avaliação foram o de clareamento e secção transversal de 0,7mm de espessura. Maior penetração do corante, com diferença estatisticamente significante, foi verificada no grupo que foi seccionado transversalmente comparado ao grupo que foi avaliado pelo método de clareamento, usando os mesmos corantes tinta negra da índia e azul brilhante. O método de avaliação utilizando secções transversais comparado com o clareamento, independente das propriedades dos corante foi responsável pela principal diferença ente os resultados.

Ainda em 1998, McMichen et al.[61] estudaram vários cimentos endodônticos comparando a solubilidade, espessura da película, viscosidade, tempo de trabalho e de endurecimento para os seguintes materiais: Roth 801, Tubli-Seal EWT, Apexit, AH plus e Endion. Como resultado observaram:

a) para a solubilidade: AH Plus (0,3%), Tubli-seal EWT (1,8%), Endion (8,2%), e Apexit (16,4%), o Roth 801 não apresentou volume adequado;

b) quanto à espessura da película, o AH Plus (44μm), Endion (18μm), Roth 801 (18μm), Apexit 12 (μm) e Tubuli-Seal EWT (1μm);

c) a viscosidade foi de $0.04mLs^{-1}$ para todos os cimentos;

d) o tempo de trabalho foi de: Endion (50 min), Roth 801 (80 min), Apexit (90 min), Tubli-Seal EWT e AH Plus (>120 min);

e) o tempo de endurecimento foi de : Tubli-Seal EWT (70 min), Endion (80 min), Apexit (95 min), AH Plus (8h 20 min), Roth 801 (oito dias).

O AH Plus e o Tubli-Seal EWT apresentaram uma melhor performace geral do que os outros cimentos, enquanto que o Apexit e o Endion foram altamente solúveis.

Haikel et al.[40],em1999, avaliaram o selamento apical conseguido por três cimentos endodônticos comunente usados: Sealapex, AH Plus (Top Seal) e Sealite, usando um novo método baseado na análise quantitativa da penetração por lisozima radioativa 1251. Para isso, utilizaram 130 dentes unirradiculados que foram instrumentados até a lima K nº 25/30. Em seguida, foram divididos em três grupos: grupo 1: controle negativo as quatro raízes foram cobertas com duas camadas de esmalte para unhas; grupo 2: 105 raízes foram obturadas pela técnica da condensação lateral com guta-percha e os três cimentos obturadores e, grupo 3: controle

positivo, as quatro raízes foram obturadas sem o uso do cimento. Os grupos foram imersos em uma solução de lisozima 1251 por períodos de um, sete, 14 ou 28 dias. Após o seccionamento dos dentes com espessura de 0,8mm, foi realizada a análise por um aparelho capaz de quantificar a quantidade de penetração da proteína. Como resultado, a infiltração foi alta para o grupo controle positivo e quase desprezível para o grupo controle negativo. O AH Plus (Top Seal) e Sealapex demonstraram uma infiltração similar durante todo o tempo, sendo que o AH Plus apresentou uma melhor performace. O Sealite demonstrou uma infiltração aceitável até 14 dias, apresentando um grande aumento da infiltração após esta medição.

3 PROPOSIÇÃO

Considerando que a irradiação laser nas paredes dos canais radiculares provoca alterações morfológicas que podem interferir na adaptação das obturações, nos propomos, após o preparo dos canais radiculares, realizar o tratamento das paredes dentinárias por:

a) EDTA agitado por 3 min no interior do canal radicular;
b) irradiação por laser Nd:YAG (100mJ; 15Hz; 1,5W);
c) irradiação por laser de Er:YAG (120mJ; 10Hz; 1,2W).

Após estes tratamentos os canais radiculares serão obturados e avaliados comparativamente pela medida da infiltração linear do corante azul de metileno.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Preparo dos espécimes

Para esta pesquisa foram utilizadas 42 raízes de dentes humanos (incisivos centrais superiores, incisivos laterais superiores, premolares inferiores e raiz lingual de molares superiores) extraídos nas clínicas da Faculdade de Odontologia de São José dos Campos -UNESP, que logo após a extração foram limpos e armazenados em recipientes fechados contendo uma solução de formol a 10%, fazendo parte, assim, do banco de dentes da disciplina de endodontia desta faculdade. As raízes foram selecionadas de acordo com a anatomia externa e interna, apresentando um único canal, reto e ápice radicular arredondado. Para isso foi realizada análise visual das mesmas e em seguida, foram feitas radiografias no sentido mésio-distal para constatar a presença de um único canal radicular e ausência de interferências em toda a sua extensão.

Para a utilização destas raízes, os dentes previamente selecionados tiveram as suas coroas seccionadas por discos de carborundum* montados em um torno de alta

* (Dentorium Export Ltd – Labordental Ltda)

rotação*, procurando padronizar o tamanho das raízes em 15mm. O canal radicular foi explorado, em toda sua extensão, utilizando-se uma lima tipo K nº10. Em seguida, todos os ápices radiculares foram delimitados e cortados em 0,5mm, utilizando-se discos de carborundum.

As 42 raízes tiveram os seus canais preparados biomecanicamente em toda a sua extensão até a lima** tipo k nº70 e o escalonamento do preparo, realizado 1mm aquém do comprimento de trabalho, com a lima de nº 80. Durante o preparo biomecânico, todos os canais foram abundantemente irrigados com solução de hipoclorito de sódio a 1%*** a cada troca de instrumento, perfazendo assim um total de 50mL para cada canal preparado. Em seguida, as raízes foram armazenadas em recipientes estéreis contendo solução salina fisiológica e divididas em três grupos de acordo com o tratamento a ser realizado nas paredes dentinárias do interior dos canais radiculares:

a) **grupo 1:** as 14 raízes tiveram seus canais radiculares secos e preenchidos com solução de EDTA, que foi agitado no interior do canal com uma lima tipo kerr número 15 durante 3 minutos. Para neutralizar o EDTA, os canais foram irrigados com 10mL (solução salina fisiológica) e armazenadas nesta solução.

---

* Nevoni – R. D. João V, 266 S.P.
** Moyco – Union Broach, Div. Of Moyco Tech. Inc.
*** Solução de Milton- Pharmácia Dinâmica

b) **grupo 2:** as 14 raízes tiveram seus canais radiculares secos e irradiados por luz laser de Nd:YAG em toda sua extensão. Em seguida foram novamente armazenadas em um recipiente contendo solução salina fisiológica.

c) **grupo 3:** as 14 raízes tiveram seus canais radiculares secos e irradiados por luz laser de Er:YAG em toda sua extensão. Em seguida foram novamente armazenadas em um recipiente contendo solução salina fisiológica.

4.2 Aparelhos e procedimentos utilizados na irradiação pela luz laser

O aparelho de luz laser de Nd:YAG utilizado foi um modelo D laser 300-American Dental Technologies, pulsado, de alta potência (Figura 1). Para a irradiação foi utilizada a energia de 100mJ, taxa de repetição (frequência) de 15 Hertz e com o máximo de potência de 1,5W. Para a orientação da luz laser utilizou-se uma luz guia, o laser de Hélio-Neônio de baixa intensidade (com comprimento de onda de 632,8nm). O sistema de entrega utilizado foi por fibra óptica com 0,32μm de diâmetro, por contato, sendo a ponta da fibra o local onde ocorreu a interação tecidual (Figura 2).

A aplicação do laser foi realizada introduzindo-se a fibra óptica no comprimento total do canal radicular irradiando do ápice à região cervical em toda a extensão do canal radicular, realizando movimentos helicoidais durante 5 a 7 s (Figura 3). Este procedimento foi repetido por quatro vezes, perfazendo um tempo total de aproximadamente 20 s.

O aparelho de luz laser de Érbio:YAG utilizado foi um modelo Kavo-Key laser 2, Erbium:YAG laser, pulsado, de alta intensidade (Figura 4). Para a irradiação foi utilizada a energia de 120mJ, taxa de repetição (frequência) de 10Hz e, com potência média de 1,2W. Para a orientação da luz laser utilizou-se uma luz guia, o laser de Hélio-Neônio de baixa intensidade (com comprimento de onda de 632,8nm). O sistema de entrega utilizado foi por fibra óptica de 0,375μm de diâmetro (com três anéis), método por contato (Figura 5).

A aplicação da luz laser foi realizada introduzindo-se a fibra óptica no comprimento total do canal radicular e irradiando a parede dentinária do canal de apical para cervical em toda sua extensão, realizando movimentos helicoidais durante 5 a 7s, com uma velocidade de 2mm/s, de acordo com Gutknecht[38] et al., 1996 (Figura 6). Este procedimento foi repetido por quatro vezes, perfazendo um total de aproximadamente 20s.

FIGURA 1 - Aparelho de luz laser de Nd:YAG (modelo D laser 300-American Dental Technologies).

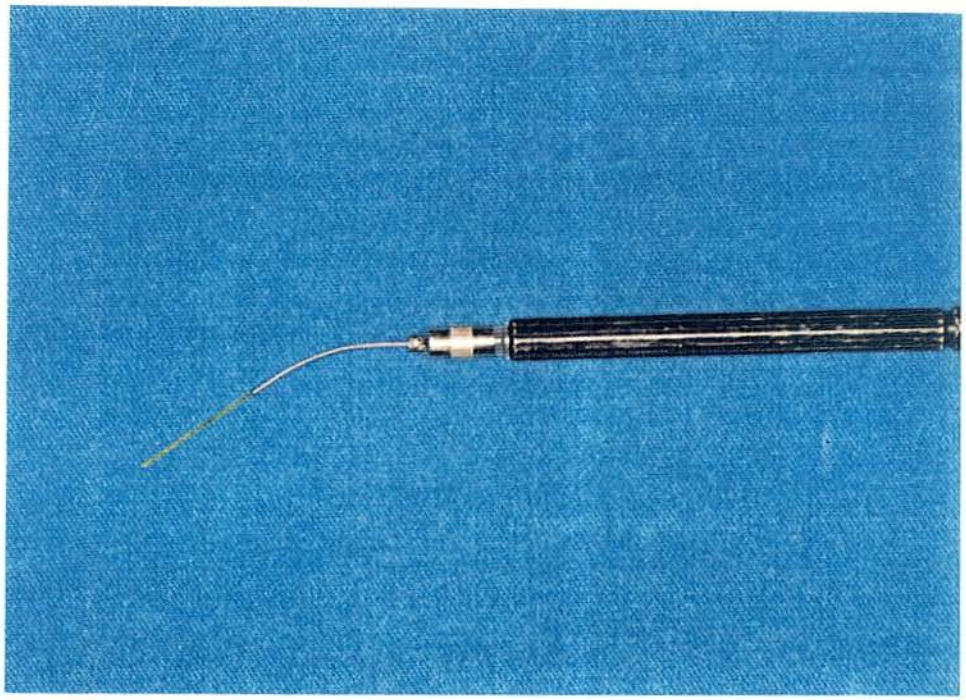

FIGURA 2 – Peça de mão com fibra óptica de 0,32μm de diâmetro (Laser de Nd:YAG)

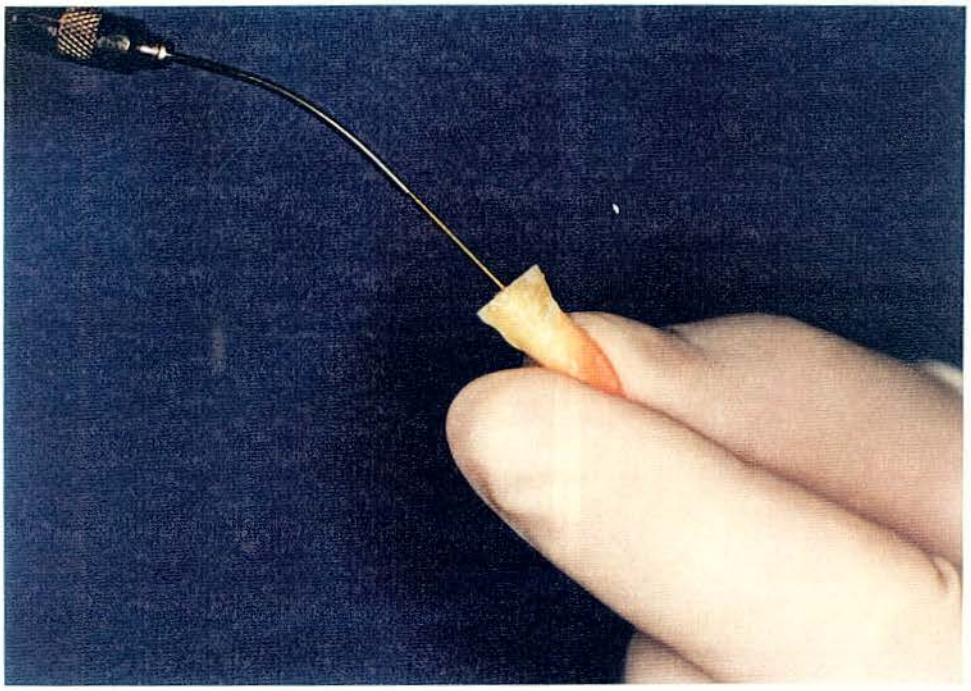

FIGURA 3 – Irradiação com laser de Nd:YAG por meio do sistema de entrega por fibra óptica no interior do canal radicular.

FIGURA 4 - Aparelho de luz laser de Érbio:YAG (modelo Kavo-Key laser 2, Erbium:YAG laser).

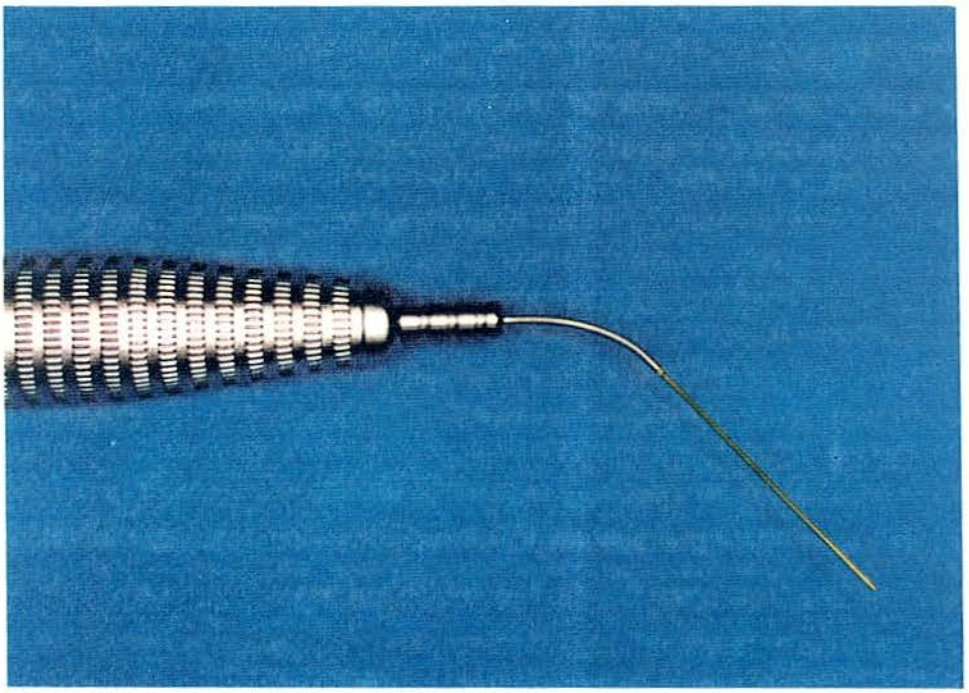

FIGURA 5 – Peça de mão com fibra óptica de 3 anéis de 375μm de diâmetro.

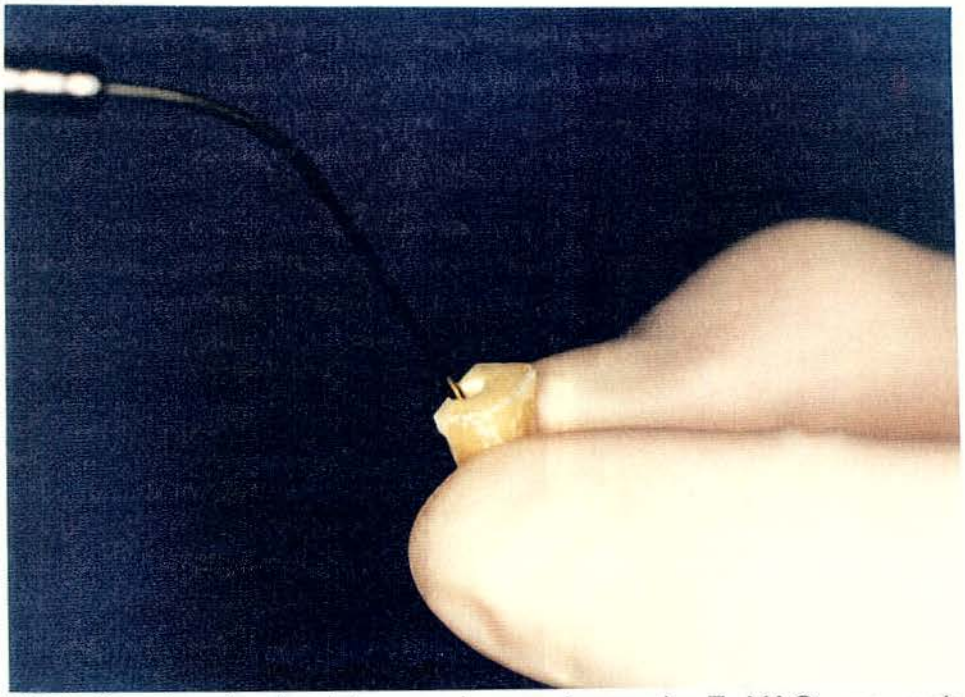

FIGURA 6 – Irradiação intracanal com laser de Er:YAG por meio do sistema de entrega por fibra óptica.

4.3 Avaliação do selamento marginal

Após o tratamento das paredes do canal radicular (irradiação por luz laser ou EDTA), as 42 raízes foram fixadas em palitos de dente sobre placas de cêra utilidade e impermeabilizadas externamente com duas camadas de esmalte para unhas* de cor vermelho, exceto na abertura cervical e forame apical. Para isto, foi colocado um cone de guta-percha no forame apical afim de limitar o forame e evitar que o esmalte pudesse penetrar acidentalmente no interior do canal (Figura 7).

Em seguida foi realizada a irrigação dos canais com solução salina fisiológica para evitar o ressecamento das paredes dentinárias e em seguida foi feita a secagem dos canais radiculares com pontas de papel absorventes**. Foi realizada a seleção do cone principal de guta-percha***, a partir do cone de número 70, o qual atingiu toda a extensão do canal radicular travando no limite apical. Quando o cone ultrapassou o comprimento do canal, este foi cortado com uma lâmina de bisturi nº15 e novamente testado o seu travamento. Após a adaptação do cone principal em toda a extensão do canal, procedeu-se a manipulação do cimento endodôntico**** (Figura 8), de acordo com as instruções do fabricante. Foi realizada a

---

* Risqué Niasi – T. Serra-SP
** Diadent Manufacturing Inc – North Fraser Way Burnaby, B. C. Canada VSJ 5G6
*** Diadent Manufacturing Inc – North Fraser Way Burnaby, B. C. Canada VSJ 5G6
**** Top Seal – Dentsply Maillefer. = Maillefer·Instruments AS CH 1338 Ballaingues, Switzerland

obturação dos canais pela técnica da condensação lateral ativa de cones de guta-percha e cimento endodôntico. Para isto, foi utilizado um espaçador nº 30 e cones secundários de guta-percha R-7* até a completa obturação do canal radicular (Figura 9).

Foram realizadas tomadas radiográficas no sentido mésio-distal para constatar a qualidade das obturações e, em seguida, foi realizado o corte do excesso de material obturador na região cervical, com um condensador endodôntico aquecido.

Realizadas as obturações, todas as raízes receberam imediatamente, uma última camada de impermeabilização com cêra pegajosa**, sendo depositada com uma espátula aquecida sobre toda a superfície das raízes, exceto na região apical, onde a impermeabilização foi realizada mantendo-se apenas o material de obturação do canal radicular exposto (Figura 10). Duas raízes de cada grupo foram tomadas como controle, sendo uma o controle interno positivo, que permaneceu com a abertura de acesso e forame apical sem impermeabilização e o canal foi obturado apenas com cones de guta-percha, sem cimento endodôntico e a outra, o controle interno negativo, que teve o canal radicular obturado de modo semelhante ao grupo experimental e a superfície radicular externa foi completamente impermeabilizada com cêra pegajosa (Quadro 1).

---

* Tanary – Tanariman Industrial LTDA. Manacapuru Amazonas
** Horus-Herpo Produtos Dentários LTDA. Rio de Janeiro-RJ Brasil

Realizada a impermeabilização, as raízes foram imersas em solução aquosa de azul de metileno a 2%*. A imersão no corante foi realizada em um ambiente de vácuo de 20mmHg proporcionado por uma bomba a vácuo conectada a uma campânula (Figura 11). A tampa da campânula e as áreas de conexão foram devidamente seladas com vaselina para impedir a entrada de ar. Em seguida, a bomba a vácuo foi ligada até atingir, no manômetro, um vácuo de 20mmHg. Durante esse período, as raízes já estavam dentro da campânula, em um recipiente de vidro, imersas completamente no corante. Obtido o vácuo, as raízes permaneceram neste ambiente por mais 30 minutos e, em seguida, foram mantidas no corante a uma temperatura de 37 ±1°C com umidade relativa de 100% durante 48 horas.

Após o tempo de permanência no corante, todas as raízes foram lavadas em água corrente por aproximadamente 24 horas. Depois de secas, foram removidas as camadas de impermeabilização externa e, em seguida, as raízes foram clivadas no sentido vestíbulo-lingual. Para isto, foi confeccionada uma fenda longitudinal vestibular e outra lingual, com discos de carborundum e, em seguida, com um cinzel, foi realizado um efeito de alavanca de modo a dividir a raíz em dois segmentos: mesial e distal, seguindo a trajetória do canal radicular até o forame dando ênfase ao terço apical da obturação dos canais radiculares. Desta forma, as metades das

* Terapêutica farmácia de manipulação. S. J. dos Campos SP.

raízes, contendo o canal e a sua obturação bem evidentes, foram fixadas com cêra utilidade em uma lâmina de vidro para a avaliação da infiltração linear apical ocorrida ao longo da interface dente/material obturador.

Quadro 1 – Distribuição das amostras nos grupos experimentais.

	EDTA	LASER Nd:YAG	LASER Er:YAG
GRUPO EXPERIMENTAL	12 RAÍZES	12 RAÍZES	12 RAÍZES
CONTROLE INTERNO	2 RAÍZES (POS/NEG)	2 RAÍZES (POS/NEG)	2 RAÍZES (POS/NEG)
TOTAL (AMOSTRAS)	14	14	14

Dois examinadores realizaram essa avaliação usando um estereomicroscópio com ocular de medição micrométrica* (Figura 12).

O maior valor das infiltrações observadas pelos examinadores foram registradas em uma ficha previamente preparada e utilizando-se uma regra de três simples, as medidas foram transformadas em milímetros. A partir destes dados chegou-se às médias das máximas infiltrações ocorridas para os grupos experimentais, que foram submetidas à análise de variância ANOVA, com teste paramétrico a um critério.

* ZEISS, MC80DX, Carl Zeiss Jena GmgH – Zeiss Gruppe

Esta pesquisa foi analisada e aprovada pelo Comitê de Ética em pesquisa desta instituição conforme o protocolo nº 77/99-PH/CEP (Apêndice C).

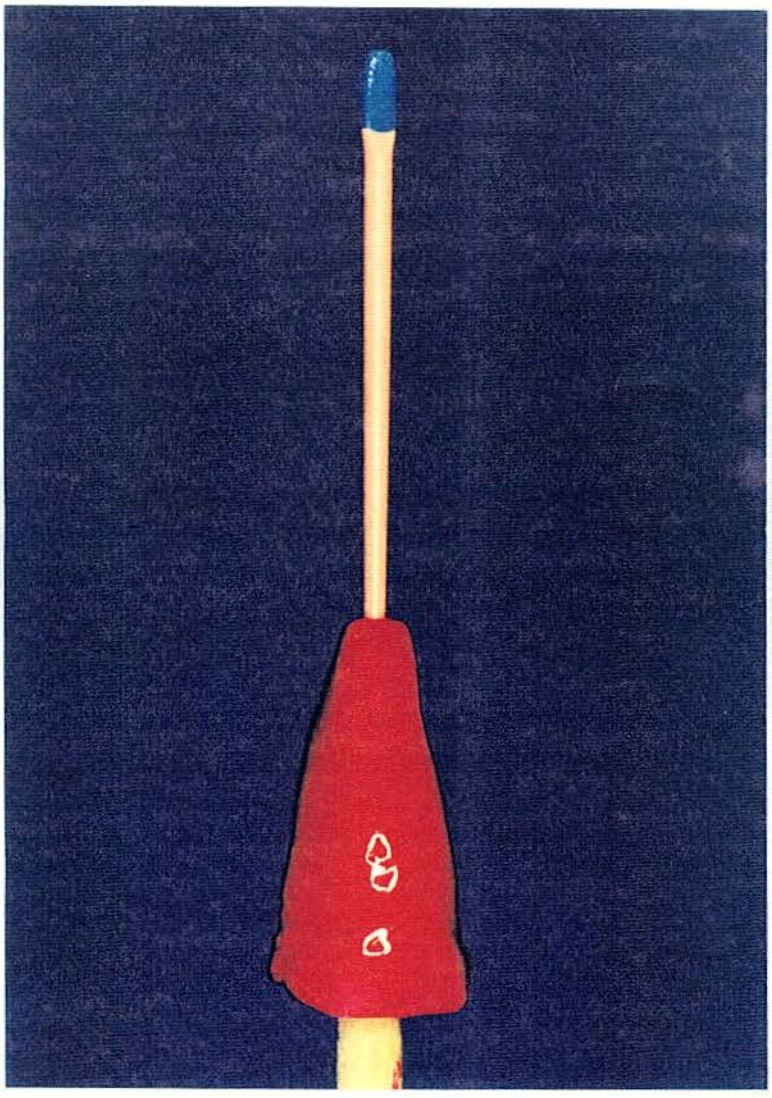

FIGURA 7 - Raiz fixada em palito de dente e impermeabilizada externamente com esmalte para unhas.

FIGURA 8 – Cimento obturador endodôntico Top Seal.

FIGURA 9 – Obturação do canal radicular pela técnica da condensação lateral com cones de guta-percha e cimento endodôntico.

FIGURA 10 – Impermeabilização externa com cera pegajosa, exceto na região apical.

FIGURA 11 – Câmpanula conectada à bomba a vácuo.

FIGURA 12 – Estereomicroscópio usado para medição da infiltração linear do corante.

5 RESULTADOS

Após a secção dos dentes, estes foram avaliados quanto à infiltração linear entre as paredes dos canais radiculares e o material obturador, por dois examinadores previamente calibrados, utilizando para isso um estereomicroscópio com ocular micrométrica. Dos valores das infiltrações observadas pelos examinadores (Apêndice A) nos espécimes dos grupos 1, 2 e 3, foram obtidas as médias dos valores máximos das infiltrações para os grupos em estudo (Tabela 1).

Tabela 1 - Médias máximas das infiltrações (em mm) ocorridas em cada grupo experimental

GRUPOS	GRUPO 1 (EDTA)	GRUPO 2 (Nd:YAG)	GRUPO 3 (Er:YAG)
VALORES MÉDIOS (MM)	1.6mm	0.6mm	7.3mm

As Figuras 13, 14 e 15 ilustram a infiltração representativa ocorrida em cada grupo experimental.

Na Figura 16, podemos observar que as infiltrações ocorridas com o uso do laser de Er:YAG apresentam um valor mediano superior àquela verificada com o

uso do EDTA e do laser de Nd:YAG. Também, observa-se, a superioridade da faixa inter-quartil em relação aos demais.

Avaliando a Figura 16, observa-se mediante a técnica exploratória dos dados, esquema dos cinco números, a diferença de comportamento entre os grupos, isto é, não há sobreposição entre as faixas inter-quartis.

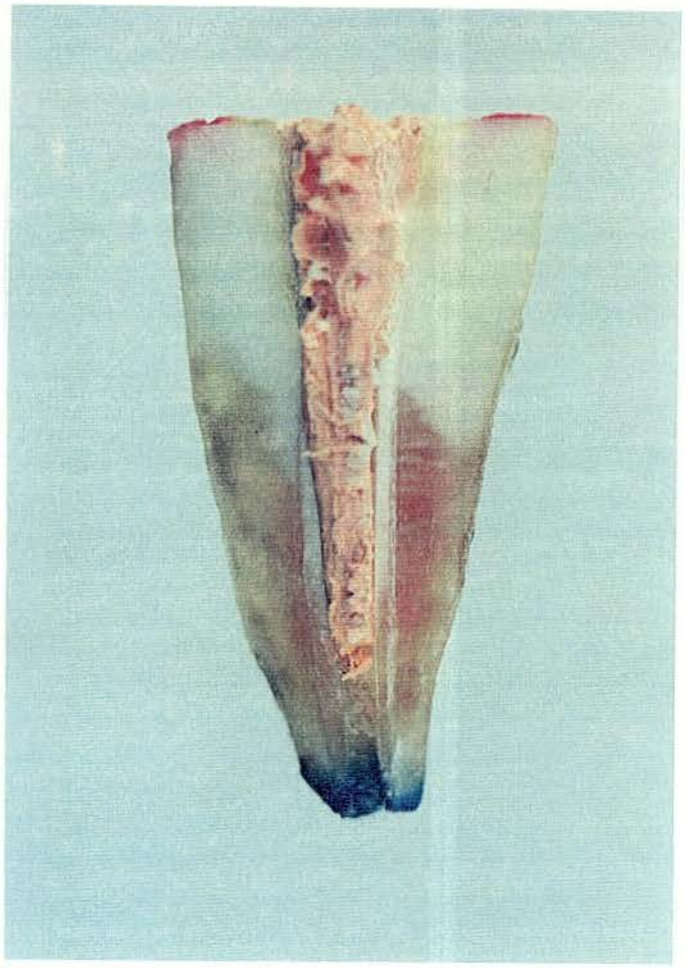

FIGURA 13 – Ilustração representativa da infiltração linear ocorrida em um dos espécimes do grupo 1 (EDTA).

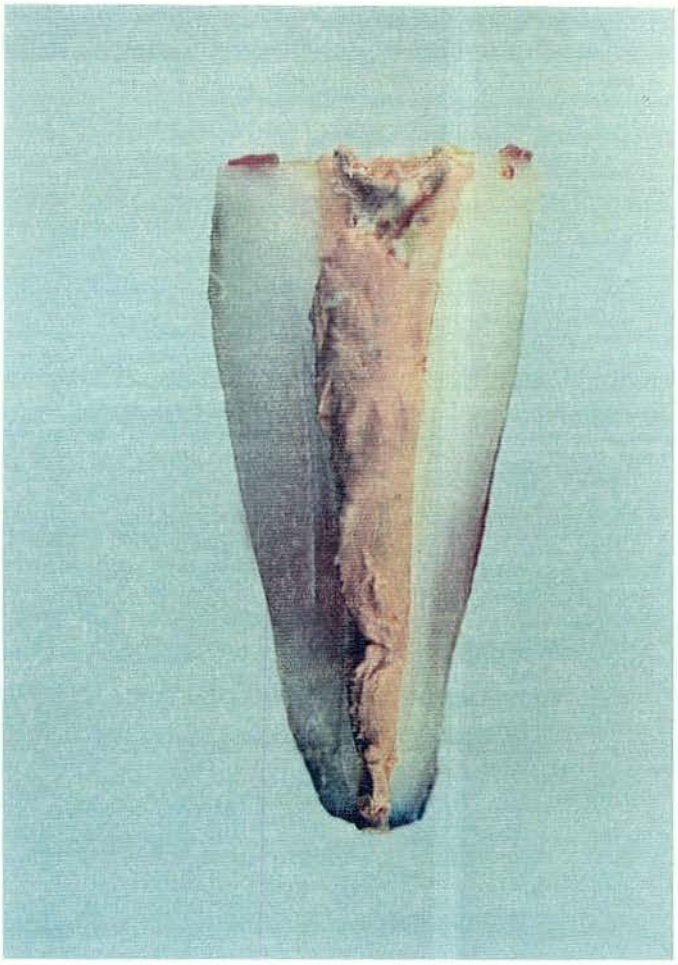

FIGURA 14 - Ilustração representativa da infiltração linear ocorrida em um dos espécimes do grupo 2 (Nd:YAG).

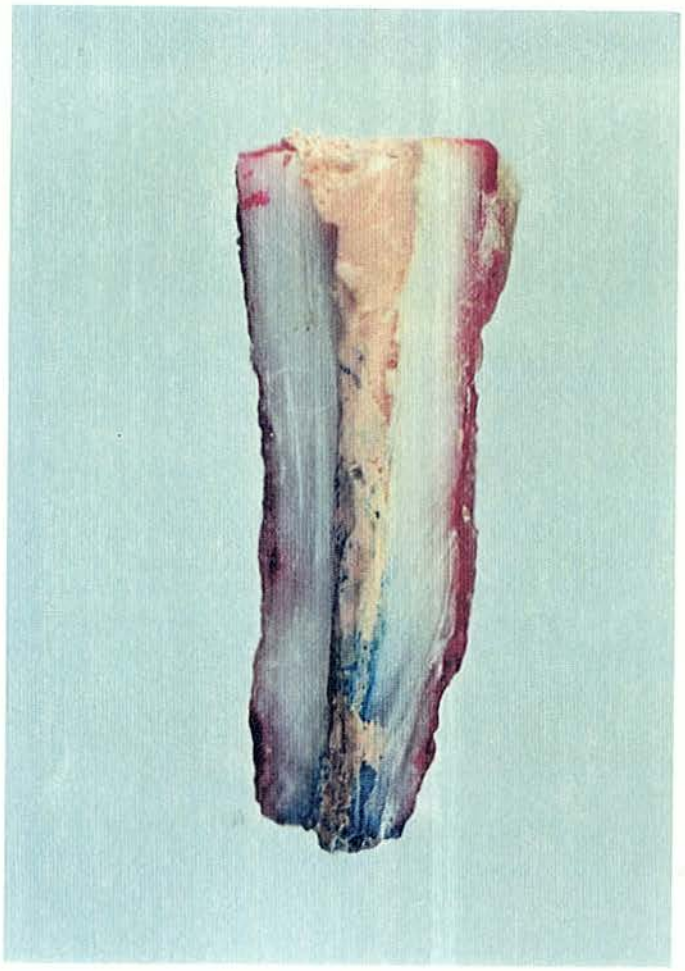

FIGURA 15 – Ilustração representativa da infiltração linear ocorrida em um dos espécimes do grupo 3 (Er:YAG).

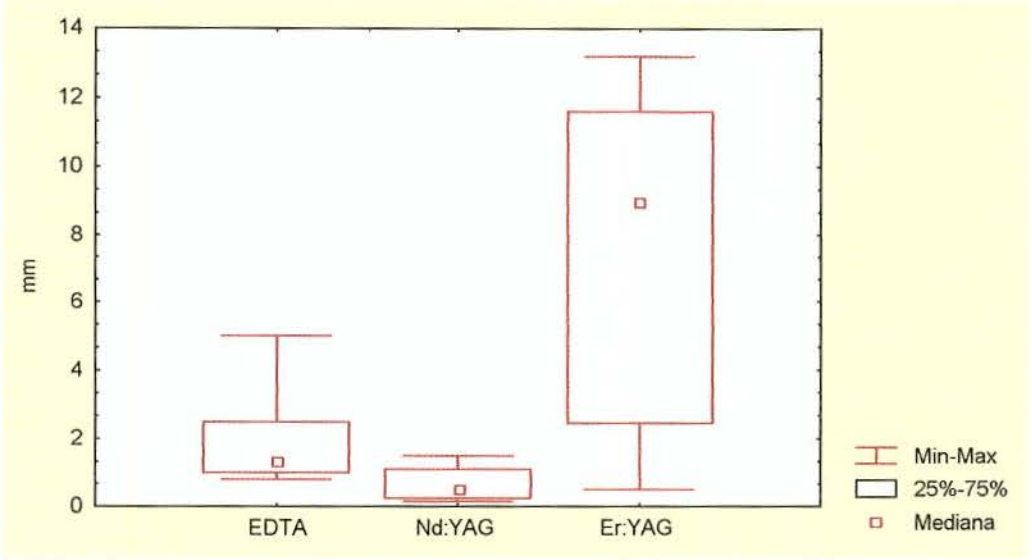

FIGURA 16 - *Box-Plot* referente aos dados de infiltração linear, segundo o tratamento final das paredes do canal radicular.

As Figuras 17 e 18, representam os valores médios das infiltrações de cada grupo avaliado e os valores dos desvios padrão. Verifica-se a superioridade do grau de dispersão do Er:YAG quando comparado com os demais grupos.

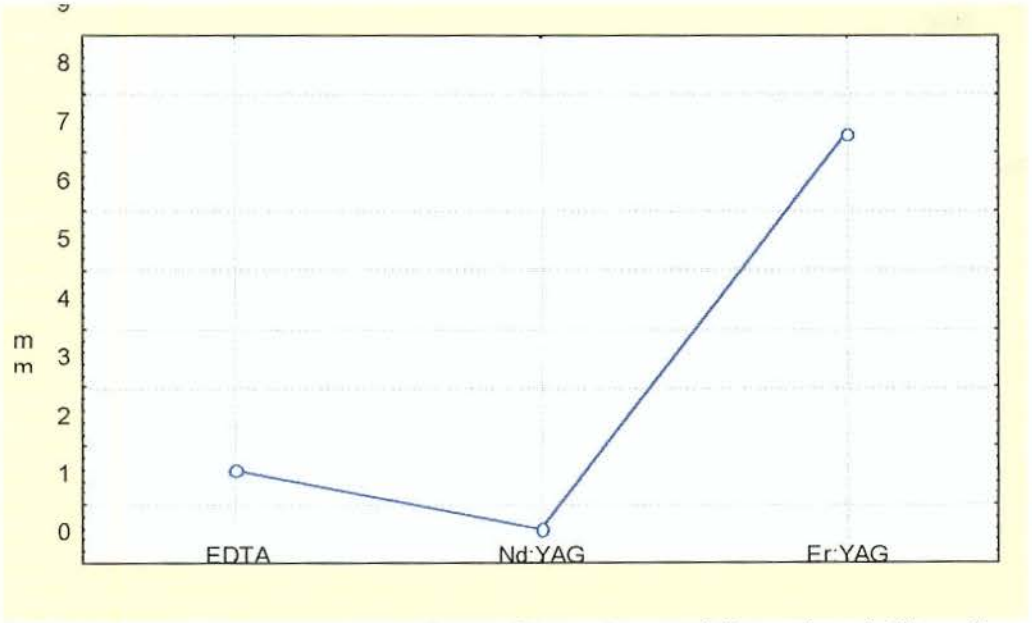

FIGURA 17 – Representação gráfica das médias das infiltrações ocorridas nos três grupos.

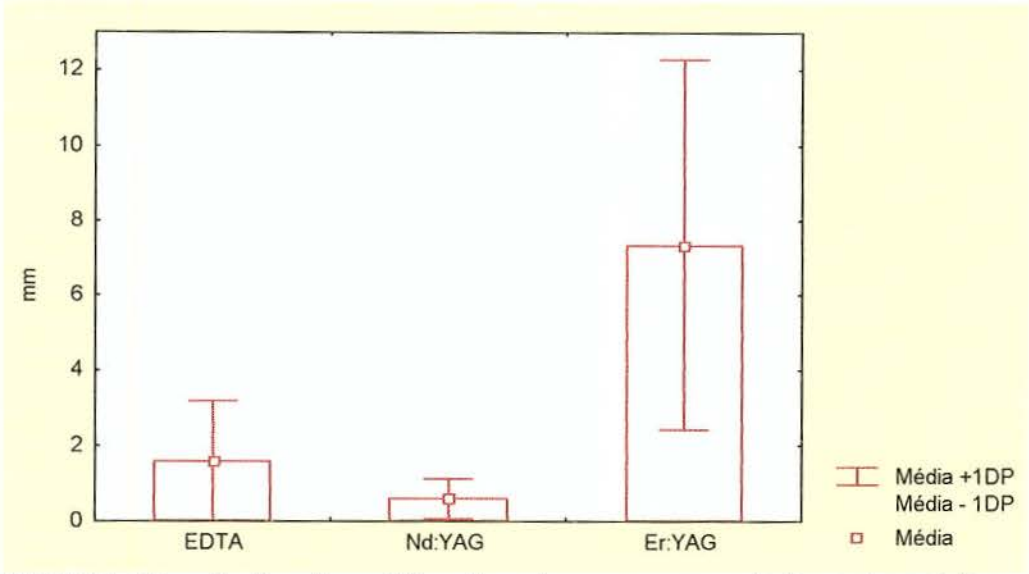

FIGURA 18 – Ilustração gráfica de colunas representativas da média e desvio padrão, de acordo com o grupo experimental.

Na Figura 19 podemos observar que os dados de infiltração, referente a cada grupo, não apresentam o mesmo desvio padrão, ou seja, o mesmo grau de dispersão em relação à média. O valor de prova (*p-value*) obtido no teste estatístico de Levene, foi inferior ao nível de significância adotado de 5%.

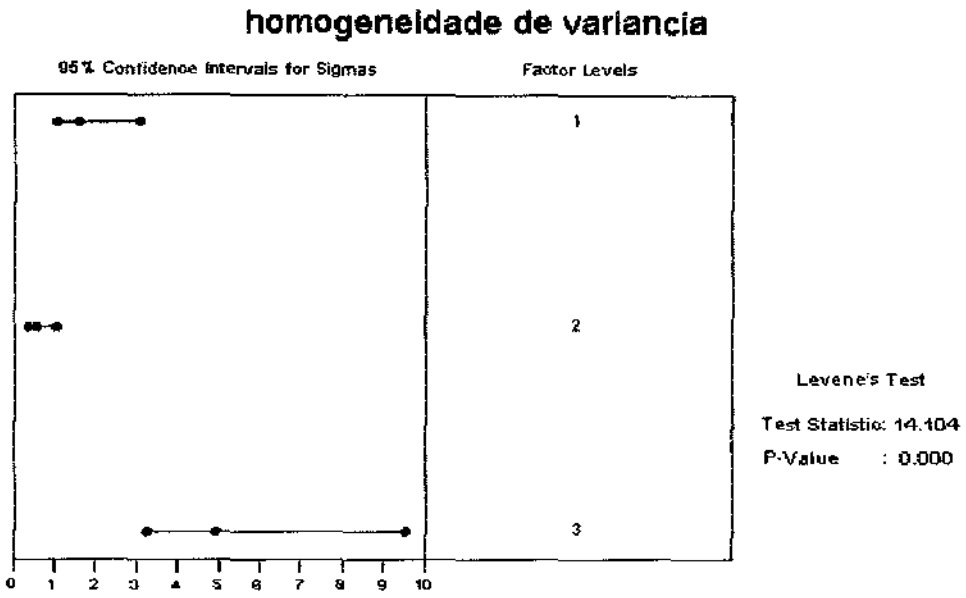

FIGURA 19 - Resultados do teste de homogeneidade de variância (teste de Levene) para os dados na forma original. Onde o 1 = EDTA; 2 = Nd:YAG e 3 = Er:YAG.

Para atendermos o critério de homogeneidade de variância, requisito para efetuarmos o teste paramétrico da análise de variância, efetuamos uma transformação dos dados.

Escolhemos a usual transformação logarítmica e, após observarmos na Figura 20 o resultado do teste de homogeneidade de variância, efetuamos o teste da ANOVA a um critério.

O resultado deste teste de comparação entre as médias de infiltração está apresentado na Tabela 2.

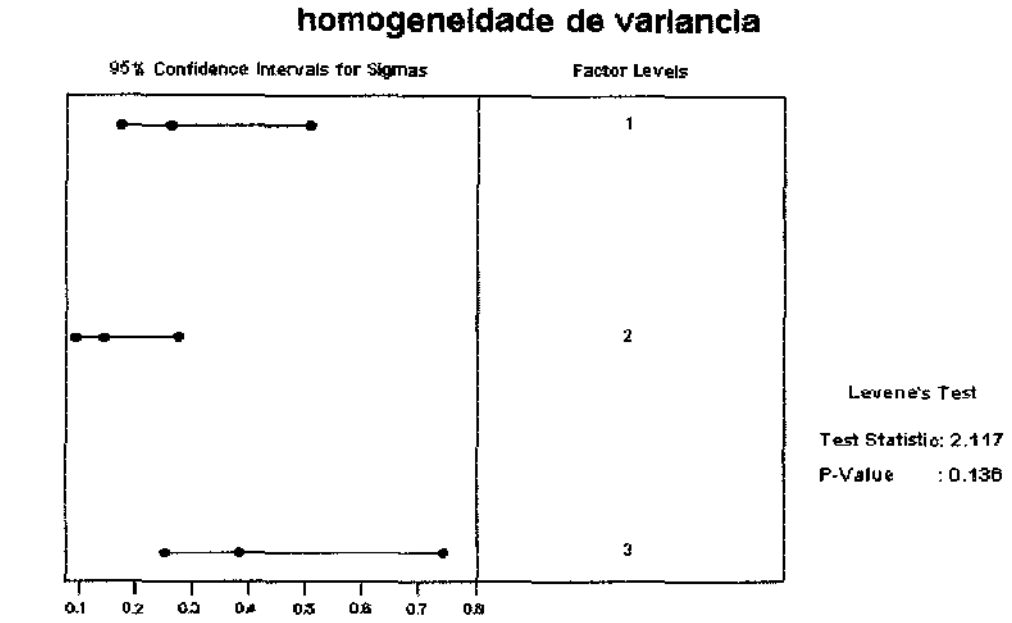

FIGURA 20 - Resultados do teste de homogeneidade de variância (teste de Levene) para os dados transformados, segundo a função logarítmica.

Tabela 2 – Teste ANOVA para os dados transformados

FV	Gl	SQ	QM	F	p
Grupos	2	2,498	1,249	15,992	0,000
Resíduo	33	2,576	0,0781		
Total	35	5,074			

Efetuou-se, a seguir, mediante o programa computacional MINITAB Inc (v.12.1, 1998), o teste de comparação múltipla de Tukey (5%). O resultado é apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 - Resultado do teste de Turkey (5%)

Comparações	Grupo 2 (Nd:YAG)	Grupo 3 (Er:YAG)
Grupo 1 (EDTA)	ns	s
Grupo 2(Nd:YAG)		s

6 DISCUSSÃO

6.1 Da escolha do tema

A grande maioria das alterações patológicas que acometem a polpa e os tecidos periapicais é de etiologia microbiana, sendo que as bactérias e seus produtos exercem um papel significante na indução e principalmente na perpetuação destas lesões (Sundqvist[94], 1994). Desta forma, é imperioso ressaltar que o sucesso do tratamento de dentes com necrose pulpar dependerá da eliminação ou máxima redução possível de bactérias do interior do sistema de canais radiculares, massa dentinária e erosão cementária apical.

O combate aos microrganismos presentes na luz do canal radicular é conseguido pelo preparo biomecânico. No entanto, este preparo, mesmo utilizando uma substância irrigadora dotada de atividade germicida, não é capaz de eliminar estes microrganismos presentes nas demais áreas de propagação bacteriana (Bystron & Sundqvist[12], 1981; Bystron et al.[13], 1987; Sjögren, et al.[84], 1997), sendo necessário a colocação de uma medicação intracanal, dotada de ação antimicrobiana, a fim de atingir áreas inacessíveis pela instrumentação do canal. Este procedimento leva a uma melhor

reparação dos tecidos periapicais e, consequentemente, a um maior índice de sucesso da terapia endodôntica (Bystron et al.[13], 1987; Sjögren et al.[84], 1997).

Entretanto, o curativo de demora quando colocado no interior do canal necessita de um período de espera para a difusão e consequente atuação em todo o sistema de canais radiculares, postergando o término do tratamento endodôntico (Tronstad et al.[100], 1981; Estrela et al.[26], 1998).

Com o advento e difusão da utilização do laser na odontologia, surgiram pesquisas relacionadas a sua atuação para redução bacteriana, por ser um método de fácil aplicação, suprimindo a fase do curativo de demora para posterior obturação do canal radicular. Assim, em 1991, White et al.[107] verificaram a redução bacteriana com o uso do laser de Nd:YAG sobre a dentina contaminada por *B. subtilis* e *E. coli.*

Em 1994, Rooney et al.[80] utilizando o laser de Nd:YAG com potências entre 0,3 e 2,0W e tempos de exposição entre 10 e 30s, verificaram sua eficácia contra *E. faecalis*, quando a energia utilizada estava entre 60 e 75J ou, 25 a 37,5J associados ao uso de corantes.

Tseng et al.[101], 1991, verificaram que o laser de Nd:YAG apresentava atividade bactericida quando utilizado com a potência de 1,5W. Esta atividade foi comprovada por Klinke et al.[51], 1997.

Quanto ao aquecimento que o laser poderia provocar na dentina e ligamento periodontal, Ramskold et al.[78], em 1997, verificaram a eliminação dos microrganismos dos canais radiculares pelo laser de Nd:YAG e observaram que aplicações de 15s utilizando 3W de potência, 50Hz de freqüência e 60mJ de energia não apresentaram riscos de aquecimento nas estruturas adjacentes à raiz e, Strefezza et al.[93], em 1999, verificaram que energia de 60 ou 100mJ, com taxa de repetição de 10 ou 15Hz não causaram danos às estruturas adjacentes à raiz.

No presente trabalho utilizou-se a energia de 100mJ para o laser de Nd:YAG e 120mJ para o laser de Er:YAG, com frequência de 15Hz e 10Hz, respectivamente. Pode-se observar, *in vitro,* a ausência de aquecimento na superfície radicular externa.

Entretanto, o uso do laser pode causar alterações morfológicas na dentina. Em 1985, Zakariasen et al.[110], verificaram fusão e recristalização da dentina quando da utilização do laser de Nd:YAG. Ainda em 1995, Miserendino et al.[63] constataram o selamento dos túbulos dentinários após o uso do laser de Nd:YAG, com conseqüente redução da permeabilidade dentinária e, Barbakow et al.[9], em 1998, verificaram a carbonização da dentina, com o uso do laser com diferentes energias. Os resultados verificados com o laser de Nd:YAG foram semelhantes aos achados dos trabalhos de Goodis et al.[36], em 1992; Goodis et al.[37], em 1993 e Harashima

et al.[41], em 1997, que verificaram remoção da *smear layer* e alterações morfológicas como fusão e recristalização da dentina.

Tanji et al.[98], em 1998, observaram que o laser de Nd:YAG, com energia de 100mJ e freqüência de 15Hz, causou fusão e recristalização dentinária com obliteração de alguns túbulos, enquanto que, a aplicação do laser de Er:YAG nas paredes dentinárias, devido ao processo de ablação, resultou na abertura dos túbulos dentinários. Também Soares et al.[86], em 1996 e Takeda et al.[96], em 1998, verificaram a ausência de *debris*, evaporação da *smear layer* e abertura dos túbulos dentinários, com o uso do laser de Er:YAG.

Estas alterações morfológicas ocorridas nas paredes dentinárias após a aplicação do laser, com presença ou não de *smear layer*, podem interferir na adaptação do material obturador às paredes do canal radicular. De acordo com White et al.[109], 1987; Oksan et al.[69], 1993, a *smear layer* presente nas paredes dos canais radiculares atua como barreira física, interferindo na adesão e penetração dos cimentos obturadores nos túbulos dentinários. Com a remoção desta camada, ocorre a penetração do cimento endodôntico no interior dos túbulos, melhorando a capacidade seladora da obturação (White et al.[108], 1984). A remoção desta camada, na endodontia, é realizada com o emprego de um agente quelante (EDTA), utilizado após o preparo biomecânico, agitado por dois ou três minutos no interior dos canais radiculares (Lopes et

al.[58], 1996; Leonardo & Leal[54], 1998). Esta manobra propicia melhor contato de medicamentos e materiais obturadores às paredes dos canais radiculares.

Baseado nas considerações de que a simples remoção da *smear layer* pode interferir no selamento marginal das obturações e que o uso da irradiação por luz laser, modifica a morfologia das paredes dos canais radiculares podendo interferir no selamento das obturações, realizou-se este trabalho.

6.2 Da metodologia

Para avaliar a adaptação da obturação às paredes dos canais radiculares, optou-se pelo método de mensuração com o uso de corantes, por ser um método simples e seguro, que baseia-se na suposição de que a penetração do agente traçador pode indicar a extensão do espaço existente entre a obturação e as paredes do canal.

Dentre os problemas encontrados para a realização de trabalhos utilizando dentes humanos extraídos pode-se citar a questão ética e a padronização da amostra. Quanto a ética, utilizou-se, nesta pesquisa, dentes extraídos na disciplina de cirurgia da Faculdade de Odontologia –UNESP – campus de São José dos Campos, por motivos diversos e, com prévia autorização dos pacientes à disciplina. Os dentes foram

posteriormente encaminhados à disciplina de endodontia desta faculdade, tornando-se desta forma parte do banco de dentes desta disciplina. Referente à padronização da amostra utilizando dentes humanos, existem dificuldades relativas à idade do dente, quantidade de dentina esclerosada, variáveis anatômicas, principalmente na região apical, que podem interferir nos padrões de infiltração. A simples sobreinstrumentação dos canais ampliando o forame e padronizando seu diâmetro, pode não ser suficiente para que todos os espécimes tenham condições semelhantes para a penetração do corante, com área de contato de igual diâmetro entre o material obturador e a solução traçadora em todas as raízes. Isto é devido à grande possibilidade de ocorrência de desvios de direção entre o canal dentinário e o canal cementário, levando a uma ampliação do forame nos casos em que este não coincide com o vértice radicular. A fim de eliminar esta condição anatômica, optou-se pelo corte de 0,5mm da extremidade apical, procurando-se manter o forame apical na direção do canal dentinário.

Para que o corante penetrasse apenas pelo forame apical, realizou-se a impermeabilização de toda a superfície radicular externa com duas camadas de esmalte de unhas e uma camada de cera pegajosa em toda a superfície radicular externa, com exceção da região apical. Existem várias substâncias utilizadas com esta finalidade. Valera[102], em 1993, utilizou araldite e esmalte para unhas. Jacobsen et al.[48], em

1993, utilizaram o esmalte para unhas, cera pegajosa, resina epóxica e resina para fundição, como agentes impermeabilizantes em estudos de infiltração. Concluíram que todos os agentes usados neste trabalho são eficazes em estudos de curta duração, e observaram ainda que em estudos de maior duração, a cera pegajosa constitui-se no material mais efetivo.

No que se diz respeito à utilização de substâncias traçadoras para realização das medidas das infiltrações, autores como Holland et al.[44], em 1991; Valera[102], em 1993; e Valera et al.[103], em 1998, dão preferência aos corantes. Nesta pesquisa, o corante utilizado foi a solução aquosa de azul de metileno a 2%. Ahlberg et al.[3], em 1995, compararam o padrão de infiltração linear apresentado pelos corantes azul de metileno a 5% em solução aquosa e tinta da índia e verificaram que, em todos os grupos o azul de metileno penetrou mais do que a tinta da índia, concluindo que o baixo peso molecular do azul de metileno lhe permite uma maior penetração. Segundo Kersten & Moorer[49], em 1989, o azul de metileno possui uma infiltração comparável à do ácido butírico, que é produzido por microrganismos, além do que este corante possui uma boa resolução, é de fácil manuseio e econômico.

Quanto à utilização do vácuo, Antonopoulos et al.[6], em 1998, avaliaram métodos passivos de penetração de corante, sob pressão negativa ou sob condições de alta pressão e verificaram que não é necessário o uso de pressão

negativa para avaliar a capacidade de selamento das obturações endodônticas, *in vitro*. Entretanto, Spangberg et al.[87], em 1989, verificaram que só ocorre a completa penetração do corante quando da utilização de vácuo, pois existe uma quantidade de ar aprisionado nos espaços entre a obturação e as paredes do canal radicular onde o corante não é capaz de penetrar sem que haja eliminação prévia do ar aprisionado. Entretanto, estes trabalhos realizaram a imersão no corante após atingido o vácuo e no presente trabalho, o vácuo foi atingido após a imersão das raízes no corante. Este procedimento é tão efetivo quanto a utilização do vácuo previamente à imersão no corante (Holland, R*.).

Neste trabalho realizou-se controles internos positivo e negativo, para cada grupo experimental, com o objetivo de monitorar internamente cada grupo (Swanson & Madison[95], 1987; Valera et al.[103], 1998). Verificou-se total penetração do corante nos controles positivos, e superfície radicular isenta de corante nos controles negativos.

Relativo a escolha dos lasers, optou-se pelos mais usados na endodontia e que apresentavam atuações diferentes sobre a dentina radicular: um laser de Er:YAG e outro laser de Nd:YAG. Tanji et al.[98], em 1998, observaram a ocorrência de alterações na superfície dentinária de canais radiculares irradiados por laser de Er:YAG (54mJ, 15Hz, utilizando movimentos circulares da região apical em direção à

* HOLLAND, R. (Faculdade de Odontologia – UNESP – Campus de Araçatuba), Comunicação pessoal, 1998.

região cervical em quatro aplicações de 10s cada) e laser de Nd:YAG (100mJ, 15Hz, utilizando movimentos circulares da região apical em direção à região cervical em quatro aplicações de 10s cada). Constataram que o laser de Er:YAG causava a abertura dos túbulos dentinários decorrente do processo de ablação e o laser de Nd:YAG causava fusão e recristalização da dentina com obliteração de alguns túbulos dentinários.

A escolha dos parâmetros utilizados para a irradiação foi baseada em trabalhos previamente realizados por: Klinke et al.[51], em 1997, que utilizaram o laser de Nd:YAG (1,5W, 15pps, fibra óptica de 200μm em quatro aplicações de 10 a 20s) e alcançaram resultados satisfatórios sobre o *S. mutans;* Strefezza et al.[93], em 1999, que verificaram que o laser de Nd:YAG é seguro e pode ser usado clinicamente, com energia de 60 ou 100mJ e taxa de repetição de 10 ou 15Hz, sem causar danos biológicos; e Takeda et al.[96], em 1998, que estudaram a eficácia do laser de Er:YAG na remoção de *debris* e *smear layer* das paredes dentinárias de canais radiculares tratados e, perceberam que, com pulsos de 100mJ, potência de 1-2W e quatro aplicações de 3s, os canais radiculares apresentavam-se livres de *debris*, com a evaporação da *smear layer* e abertura dos túbulos dentinários.

Gutknecht et al[38], em 1996, conseguiram sucesso em 82% dos casos de dentes com lesão periapical tratados com o laser de Nd:YAG utilizando 100mJ de energia, 1,5W de potência e frequência de 15Hz. Os mesmos autores

preconizaram a realização de movimentos helicoidais com a fibra óptica, da região do ápice até a coroa, repetindo esta ação por três ou quatro vezes e, estabeleceram que os parâmetros utilizados neste trabalho podem ser considerados ideais para a aplicação no interior de canais radiculares, "*in vivo*".

6.3 Dos resultados

Na Tabela 1, verifica-se que o Grupo 3 (Er:YAG) apresentou infiltração média superior e estatisticamente significante em relação aos demais grupos (Quadro 2).

Estes resultados são surpreendentes, pois esperava-se as menores infiltrações com a utilização do laser de Er:YAG, que quando aplicado na dentina promove exposição dos túbulos dentinários, remoção da *smear layer*, fusão e recristalização da dentina (Soares et al.[86], 1996). Aliado a isto, Cussioli et al.[20], em 1999, verificaram o aumento da permeabilidade dentinária com o uso do Er:YAG. Estas observações justificariam uma melhora no selamento marginal das obturações de canais radiculares após o uso deste laser.

Embora o laser de Er:YAG não promova o derretimento da dentina com o fechamento dos túbulos, é possível que ele possa causar redução na camada dentinária, formando crateras e consequentemente, grandes irregularidades como descrito por Dostálová et al.[23], em 1997,

que observaram diminuição da camada dentinária com o uso do laser de Er:YAG em preparos cavitários. Estas alterações podem ter dificultado a adesão do material obturador às paredes do canal radicular. Aliado a isto, a abertura excessiva dos túbulos dentinários pode ter favorecido a penetração do corante, uma vez que o material obturador empregado não apresenta adesão química às paredes dentinárias.

São poucas as pesquisas avaliando o Top Seal ou o AH Plus (formulação idêntica ao Top Seal) (Zmener et al.[113], 1997). No entanto, muitos trabalhos mostram a excelente capacidade seladora do AH 26 (Gettleman et al.[31], 1991, Holland et al.[44], 1991, Holland et al.[45], 1995) precursor destes cimentos (Almeida[4], 1997); isto, associado às pequenas infiltrações dos demais grupos experimentais, reforça a hipótese de que os grandes valores de infiltração observadas com o uso do laser de Er:YAG podem ser devido à presença de crateras formadas nas paredes dentinárias internas. Entretanto, pode-se observar uma grande variabilidade nas infiltrações entre os espécimes deste grupo. É provável que as irregularidades formadas nas paredes dentinárias tenham ocorrido entre os espécimes, de acordo com a variação inerente às dificuldades de padronização das raízes dentárias.

Na Tabela 1 e Figura 17, verifica-se que as menores infiltrações ocorreram nos espécimes do laser de Nd:YAG; estas infiltrações foram menores do que as observadas no grupo onde foi realizada a remoção da *smear*

layer pelo EDTA. É possível que este cimento tenha boa adesão às paredes de dentina e que apesar da obliteração de alguns túbulos dentinários, a rugosidade uniforme deixada nas paredes dentinárias, possa ter favorecido a adesão do cimento obturador, com consequente melhora do selamento marginal, Tanji et al.[98], em 1998 e Miserendino et al.[63], 1995, verificaram que com o laser de Nd:YAG, ocorria fusão e recristalização da dentina, com a obliteração de alguns túbulos dentinários. Pequenas irregularidades em toda a superfície dentinária podem ter contribuído para uma melhora no selamento marginal.

Quanto ao uso do EDTA, os resultados do presente estudo mostraram que este procedimento é desejável e permite um bom selamento das obturações (Tabela 1) (Figura 17). Este resultado está de acordo com trabalhos da literatura como os de Cergneux et al.[16], em 1987 e Saunders & Saunders[81], em 1992, que verificaram que a remoção da *smear layer* pode melhorar o selamento da obturação do canal radicular.

Pela revisão da literatura realizada, não foram observados trabalhos realacionados ao tema estudado, sendo necessários outros estudos *in vitro* antes da utilização clínica do laser, previamente à realização da obturação de canais radiculares.

7 CONCLUSÕES

Considerando a metodologia proposta, suas limitações e os resultados obtidos, pode-se verificar que:

a) quanto ao tratamento prévio da dentina, pode-se verificar em ordem crescente das infiltrações: grupo 2 (Laser de Nd:YAG); grupo 1 (EDTA) e grupo 3 (Laser de Er:YAG);

b) o grupo 3 (laser de Er:YAG) apresentou infiltração média estatisticamente superior em relação ao grupo 1 (EDTA) e grupo 2 (Laser de Nd:YAG);

c) os grupos 1 (EDTA) e 2 (Laser de Nd:YAG) não diferiram estatisticamente;

d) o uso do laser de Er:YAG como coadjuvante na terapia endodôntica deve ser realizado com cautela, até que sejam realizadas novas pesquisas definindo os seus parâmetros de utilização.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

01 ADRIAN, J.C., WASHINGTON, D.C. Pulp effects of neodymium laser. *Oral. Surg.*, v.44, n.2, p.301-5, Aug. 1977.

02 ADRIAN, J.C., BERNIER, J.L., SPRAGUE, W.G. Laser and the dental pulp. *J. Am. Dent. Assoc.*, v.83, p.113-7, July 1971.

03 AHLBERG, K.M.F., ASSAVANOP, P., TAY, W.M. Comparison of the apical dye penetration patterns shown by methylene blue and India ink in root-filled teeth. *Int. Endod. J.*, v.28, p.30-4, 1995.

04 ALMEIDA, W.A. Cimentos obturadores de canais radiculares. Avaliação histológica da resposta dos tecidos apicais e periapicais em dentes de cães após biopulpectomia. Estudo da infiltração marginal apical. Araraquara, 1997. 188p. Tese (Doutorado em Endodontia)-Faculdade de Odontologia de Araraquara, Universidade Estadual Paulista.

---

* Baseado em:
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. *Referências bibliográficas NBR6023*. Rio de Janeiro, 1989. 19p.

05 ANIC, I. et al. Scanning electron microscopic study of dentin lased with Argon, CO_2 and Nd:YAG laser. *J. Endod.*, v.24, n.2, p.77-81, Feb. 1998.

06 ANTONOPOULOS, N.G., ATTIN, T., HELLWING, E. Evaluation of the apical seal of root canal fillings with different methods. *J. Endod.*, v.24, n.10, p.655-8. Oct. 1998.

07 BADER, G., LEJEUNE,S. Prospective study of two retrograde endodontic apical preparation with and without the use of CO_2 laser. *Endod. Dent. Traumatol.*, v.14, p.75-8, 1998.

08 BAHCALL, J.K. et al. Scanning electron microscopic comparison of canal preparation with Nd:YAG laser and hand instrumentation: a preliminary study. *Gen. Dent.*, Jan./Feb. p.45-7, 1993.

09 BARBAKOW, F., LUTZ, F., HAVRANECK, L. SEM and microscope evaluation of Nd:YAG lased root canal walls. *J. Endod.*, v.24, n.4, p.276, Apr. 1998. (Abstract 19).

10 BLUM, J.Y., ABADIE, M.J.M. Study of the Nd:YAP laser: effect on canal cleanliness. *J. Endod.*, v.23, n.11, p.669-75, Nov. 1997.

11 BLUM, J.Y., MICHAILESCO, P., ABADIE, M.J.M. An evaluation of the bactericidal effect of the Nd:YAP laser. *J. Endod.*, v.23, n.9, p.583-5, Sept. 1997.

12 BYSTRON, A., SUNDQVIST, G. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in

endodontic therapy. *Scand. J. Dent. Res.*, v.84, p.321-8, 1981.

13 BYSTRON, A. et al. Healing of periapical lesions of pulpless teeth after endodontic treatment with controlled assepsis. *Endod. Dent. Traumatol.*, v.3, p.58-63, 1987.

14 CALAS, P., ROCHA, D.T., KOZYRAKIS, K. Effect of Nd-YAP laser on curved root canal preparation. *J. Endod.*, v.24, n.4, p.276, Apr. 1998. (Abstract 21).

15 CAMARGO, S.C.C. et al. In vitro evaluation of Er:YAG irradiation in apicoectomy end retrofilling cavity preparation compared to two different techniques. In: [Proceedings of Spie Reprint]. São José: Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, 1998. p.196-204. (Spie Procedings Series, 3248).

16 CERGNEUX, M. et al. The influence of smear layer on the sealing ability of canal obturation. *Int. Endod. J.*,v.20, p.228-32, 1987.

17 CERISIER, P.U., PASQUETTI, C.R., SIMEONE, D.C.D. The radicular dentine temperature during laser irradiation: a numerical modeling. *J. Clin. Laser Med. Surg.*, v.14, n.4, p. 157-62, 1996.

18 CHESS, J.T. Laser dentistry. *CDA J.*, v.19, n.11, p.19-23, Nov. 1991. (Editorial).

19 COHEN, B.I., DEUTSCH, A.S., MISIKANT, B.L. Effect of power settings on temperature change at the root surface when using a holmium YAG laser in enlarging

the root canal. *J. Endod.*, v.22, n.11, p. 596-9, Nov. 1996.

20 CUSSIOLI, A.L. et al. Avaliação da permeabilidade dentinária radicular, após o uso do laser de Er:YAG. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PESQUISA ODONTOLÓGICA, 16, 1999, Águas de São Pedro. *Anais...* São Paulo: SBPqO, 1999. p.15.(Abstract A 040).

21 DEDERICH, D.N., ZAKARIASEN, K.L., TULIP, J. Scanning electron microscopic analysis of root canal wall dentin following neodymium-yttrium-aluminum-garnet laser irradiation. *J. Endod.*, v.10, p.428-31, 1984.

22 DEDERICH, D.N., ZAKARIASEN, K.L., TULIP, J. SEM Analysis of dyed canal dentin folowing Nd:YAG laser irradiation. *J. Dent. Res.*, v.64, sp. iss., p.239, 1985. (Abstract 581).

23 DOSTÁLOVÁ, T. et al. Dentin and pulp response to Erbium:YAG laser ablation: a preliminary evaluation of human teeth. *J. Clin. Laser Med. Surg.*, v.15, n.3, p.117-21, 1997.

24 EDUARDO, C.P., CECCHINI, R.C.M., CECCHINI, S.C.M. O papel coadjuvante do Nd:YAG laser na endodontia caso clínico. *Rev. ABO Nac.*, v.1, n.2, p.102-4, set./out. 1993.

25 ERBET, J., PETSCHELT, A. Sealing ability of a new silicone-based sealer under different conditions. *Int. Endod. J.*, v.31, p.194, 1998. (Abstract).

26 ESTRELA, C. et al. *In vitro* determination of direct antimicrobial effect of calcium hydroxide. *J. Endod.*, v.24, n.1, p.15-17 Jan. 1998.

27 FARGE, P., NAHAS, P., BONIN, P. In vitro study of a Nd:YAP laser in endodontic retreatment. *J. Endod.*, v.24, n.5, p. 359-63, May 1998.

28 FAYAD, M.I., CARTER, J.M., LIEBOW, C. Transient effects of low-energy CO_2 laser irradiation on dentinal impedance: implications for treatment of hypersensitive teeth. *J. Endod.*, v.22, n.10, p.526-31, Oct. 1996.

29 FEGAN, S.E., STEIMAN, R. Comparative evaluation of the antibacterial effects of intracanal Nd:YAG laser irradiation: an in vitro study. *J. Endod.*, v.21, n.8, p.415-7, Aug. 1995.

30 FRIEDMAN, S. et al. Inflammatory resorption in Nd:YAG laser irradiated root surfaces. *J. Endod.*, v.24, n.4, p.281, Apr. 1998. (Abstract 41).

31 GETTLEMAN, B.H., MESSER, H.H., ELDEEB, M.E. Adhesion of sealer cements to dentin with and without the smear layer. *Int. Endod. J.*, v.17, p.15-20, 1991.

32 GOLDMAN, M. The application of laser spectroscopy for the qualitative and quantitative analyses of the inorganic components of calcified tissues. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, v.17, n.1, p.102-3, Jan. 1964.

33 GOLDMAN, M., SIMMONDS, S., RUSH, R. The usefulness of dye penetration studies reexamined. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, v.67, n.3, p.327-32, Jan. 1989.

34 GOODIS, H.E. et al. Effect of Nd:YAG laser on dentin permeability. *J. Dent. Res.* v.71, p.162, 1992. (Abstract 452).

35 GOODIS, H.E. et al. Evaluation of the Nd:YAG laser in root canal sterilization. *J. Dent. Res.*,v.72, p.564, July 1992. (Abstract 392).

36 GOODIS, H.E. et al. Root canal system preparation: conventional versus laser methods in vitro. *J. Dent. Res.*, v.71, p.162, 1992. (Abstract 454).

37 GOODIS, H.E. et al. Scanning electron microscopic examination of intracanal wall dentin: hand versus laser treatment. *Scannig Microsc.*, v.7, n.3, p.979-87, 1993.

38 GUTKNECHT, N. et al. Long-term clinical evaluation of endodontically treated teeth by Nd:YAG lasers. *J. Clin. Laser Med. Surg.*, v.14, n.1, p.7-11, 1996.

39 GUTKNECHT, N. et al. The efficiency of root canal disinfection using a Holmium: Yttrium – Aluminum – Garnet laser in vitro. *J. Clin. Laser Med. Surg.*, v.15, n.2. p.75-8, 1997.

40 HAïKEL Y. et al. A new method for the quantitative analysis of endodontic microleakage. *J Endod.*, v.25, n.3, p.172-7, Mar. 1999.

41 HARASHIMA, T. et al. Effect of Nd:YAG laser irradiation for removal of intracanal debris and smear layer in extracted human teeth. *J. Clin. Laser Med. Surg.*, v.15, n.3, p. 131-5, 1997.

42 HARASHIMA, T. et al. Effect of argon laser irradiation on instrumented root canal walls. *Endod. Dent. Traumatol.*, v.14, p.26-30, 1998.

43 HARDEE, M., MISERENDINO, L., KOS, W. Evaluation of the antibacterial effects of intracanal Nd:YAG laser irradiation. *J. Endod.*, v.16, n.4, p.194, 1990. (Abstract 20).

44 HOLLAND, R. et al. Infiltração marginal dos cimentos endodônticos. *Rev. Gaucha Odontol.*, v.39, n.6, p.413-6, nov./dez. 1991.

45 HOLLAND, R. et al. Effect of dentin surface treatment on leakage of root filling with a glass ionomer sealer. *Int. Endod. J.*,v.28, p.190-3, 1995.

46 HOOKS, T.W. et al. Use of the carbon dioxide laser in sterilization of endodontic reamers. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, v.49, n.3, p.263-5, Mar. 1980.

47 ITO, K., NISHIKATA, J., MURAI, S. Effects of Nd:YAG laser radiation on removal of a root surface smear layer root planing: a scanning electron microscopic study. *J. Periodontol.*, v.64, n.6, p. 547-52, June 1993.

48 JACOBSEN, E.L. et al. Long-term sealing efficacy of four root surface sealing materials used in endodontic

leakage studies. *J. Endod.*, v.19, n.12, p.587-90, Dec. 1993.

49 KERSTEN, H.W., MOORER, W.R. Particles and molecules in endodontic leakage. *Int. Endod. J.*, v.22, p.118-24, 1989.

50 KFOURI, L.S. et al. Efeitos da luz laser na viabilidade de *Streptococcus mutans*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PESQUISA ODONTOLÓGICA, 15, 1998, Águas de São Pedro. *Anais...* São Paulo: SBPqO, 1998. p.129.(Abstract B 105).

51 KLINKE, T., KLIMM, W., GUTKNECHT, N. Antibacterial effects of Nd:YAG laser irradiation within root canal dentin. *J. Clin. Laser Med. Surg.*, v.15, n.1, p.29-31, 1997.

52 KOBA, K. et al. A histopathological study of the morphological changes at the apical seat and in the periapical region after irradiation with a pulsed Nd:YAG laser. *Int. Endod. J.*, v.31, p.415-20, 1998.

53 KOMORI, T. et al. Erbium:YAG and Holmium:YAG laser root resection of extratected human teeth. *J. Clin. Laser Med. Surg.*, v.15, n.1, p.9-13, 1997.

54 LEONARDO, M.R., LEAL, J.M *Endodontia:* tratamento de canais radiculares. 3.ed. São Paulo: Panamericana, 1998. 908p.

55 LEVY, G. Cleanning and shaping the root canal with a Nd:YAG laser bean: a comparative study. *J. Endod.*, v.18, n.3, p.123-7, Mar. 1992.

56 LEVY, G. et al. Pressure waves in root canals induced by Nd:YAG laser. *J. Endod.*, v.22, n.2, p. 81-4, Feb. 1996.

57 LIU, H.C., LIN, C.P., LAN, W.H. Sealing depth of Nd:YAG laser on human dentinal tubules. *J. Endod.*, v.23, n.11, p.691-3, Nov. 1997.

58 LOPES, H.P. et al. Mechanical stirring of smear layer removal: influence of the chelating agent (EDTA). *Braz. Endod. J.*, v.1, p.52-5, 1996.

59 LUMLEY, P. J. An *in vitro* investigation of apical leakage in canals obtured by Alphaseal, continuous wave or lateral condensation. *Int. Endod. J.*, v.31, p.204, 1998. (Abstract).

60 MADER, C.L., BAUMGARTNER, J.C. Scanning electron microscopic examination of endodontic smeared layer. *J. Dent. Res.*, v.64, sp. iss., p.239, 1985. (Abstract 580).

61 McMICHEN, F.R.S., GULABIVALA, K., PEARSON, G.A. Comparative study of selected physical properties of five root canal sealers. *Int. Endod. J.*, v.31, p.205, 1998. (Abstract).

62 MISERENDINO, L.J., WAUKEGAN, I. The laser apicoectomy: endodontic application of the CO_2 laser for periapical surgery. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, v.66, n.5, p.615-9, Nov. 1988.

63 MISERENDINO, L.J., LEVY, G.C., RIZOIU, I.M. Effects of Nd:YAG laser on permeability of root canal wall dentin. *J. Endod.*, v.21, n.2, p.83-7, Feb. 1995.

64 MISERENDINO, L.J. et al. Histologic effects of a thermally cooled Nd:YAG laser on the dental pulp and supporting structures of rabbit teeth. *Oral Surg. Oral Med. Oral. Pathol.*, v.76, n.3, p.93-100, July 1994.

65 MORITZ, A. et al. *In vitro* irradiation of infected root canals with a diode laser: results of microbiologic, infrared spectrometric and stain penetration examinations. *Quintessence Int.*, v.28, n.3, p.205-9, 1997.

66 MOSHONOV, J. et al. Efficacy of argon laser irradiation in removing intracanal debris. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral. Radiol.*, v.79, n.2, p.221-5, Feb. 1995.

67 MOSHONOV, J. et al. Nd:YAG laser irradiation in root canal disinfection. *Endod. Dent. Traumatol.*, v.11, p. 220-4, 1995.

68 MYERS, M.L. The effect of laser irradiation on oral tissues. *J. Prosthet. Dent.*, v.66, p.395-7, 1991.

69 OKSAN, T. et al. The penetration of root canal sealers into dentinal tubules. A scannig electron microscopy study. *Int. Endod. J.*, v.26, p.301-5, 1993.

70 OLIVER, C.M., ABBOTT, P.V. Relationship between apical leakage and clinical sucess of root fillings. *J. Endod.*, v.23, n.4, p.253, Apr. 1997. (Abstract 18).

71 ÖZATA, F. et al. Comparative study of apical leakage of Apexit, Ketac-endo and Diaket root canal sealers. *Int. Endod. J.*, v.31, p.208, 1998. (Abstract).

72 PAGHDIWALA, A.F. Root resection of endodontically treated teeth by Er:YAG laser radiation. *J. Endod.*, v.19, n.2, p.91-4., Feb. 1993.

73 PASHLEY, E.L. et al. Effect of CO_2 energy on dentin permeability. *J. Endod.*, v.18, n.6, p.257-62, June 1992.

74 PELINO, J.E.P. *Estudo in vitro do efeito do laser de Nd:YAG sobre o esmalte dental humano:* análise por microscopia óptica e microscopia eletrônica de varredura. São José dos Campos, 1998. 161p. Dissertação (Mestrado em Odontologia Restauradora) – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista.

75 PICK, R.M. Lasers in dental surgery. *CDA J.*, v.15, p.10-4, Feb. 1987.

76 POTTS, T.V., PETROU, A. Laser photopolymerization of dental materials with potential endodontic applications. *J. Endod.*, v.16, n.6, p. 265-8, June 1990.

77 POWELL, G.L., MORTON, T.H., LARSEN, A.E. Pulpal response to irradiation of enamel with continous wave CO_2 laser. *J. Endod.*, v.15, n.12, p.581-3, Dec. 1989.

78 RAMSKOLD, L.O., FONG, C.D., STROMBERG, T. Thermal effects and antibacterial properties of energy levels

required to sterilize stained root canals with na Nd:YAG laser. *J. Endod.*, v.23, n.2, p. 96-9, Feb. 1997.

79 RETON-HARPER, P., MIDDA, M. Nd:YAG laser treatment of dentinal hipersensitivity. *Br. Dent. J.*, v.11, p.13-6, Jan. 1992.

80 ROONEY, J., MIDDA, M., LEEMING, J. A laboratory investigation of the bactericidal effect of a Nd:YAG laser. *Br. Dent. J.*, v.176, n.2, p.61-4, Jan. 1994.

81 SAUNDERS, W.P., SAUNDERS, E.M. The influence of smear layer upon the coronal leakage of gutta-percha root fillings and glass ionomer sealer. *Int. Endod. J.*, v.25, p.245-9, 1992.

82 SCHALLER, H.G., WEIHING, T., STRUB, J.R. Permeability of dentine after Nd:YAG laser treatment: an in vitro study. *J. Oral Rehabil.*, v.24, p.274-81, 1997.

83 SIRAGUSA, M., RACCIATTI, G., SPOLETI, P. The sealing ability of Sealapex and Apexit. *J. Endod.*, v.23, n.4, p.253, Apr. 1997. (Abstract 17).

84 SJÖGREN, U. et al. Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *Int. Endod. J.*, v.30, n.5, p.297-306, Sept. 1997.

85 SOARES, S.C.G. *Avaliação da redução bacteriana em dentina radicular contaminada irradiada com laser de Ho:YAG. Estudo in vitro.* São Paulo, 1998. 141p.

Dissertação (Mestrado em Dentística)-Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo.

86 SOARES, S.C.G., MARQUES, J.L.L., EDUARDO, C.P. Apicoectomy by Er:YAG laser: permeability and morphological study of dentine cut surface. *Int. Laser Congress,* Sept. p.365-9, 1996.

87 SPANGBERG, L.S.W., ACIERNO, T.G., CHA, B.Y. Influence of entrapped air on the accuracy of leakage studies using dye penetration methods. *J. Endod.*, v.15, n.11, p.548-51, Nov. 1989.

88 STABHOLZ, A. et al. Effects of Nd:YAG laser on apical seal of teeth after apicoectomy and retrofill. *J. Endod.*, v.18, n.8, p. 371-4, Aug. 1992.

89 STABHOLZ, A. et al. Effect of ArF193nm excimer laser on human dentinal tubules. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, v.75, n.1, p.90-4, Jan. 1993.

90 STABHOLZ, A. et al. Sealing of human tubules by XeCl 308-nm Excimer laser. *J. Endod.*, v.19, n.6, p. 267-71, June 1993.

91 STERN, R.H., SOGNNAES, R.F. Laser bean effect on dental hard tissues. *J. Dent. Res.,* v.43, n.5, p.873, 1964. (Abstract 307).

92 STEVENS, B.H. et al. Dentin ablation by Ho:YAG laser: correlation of energy versus volume using stereophotogrammetry. *J. Endod.*, v.20, n.5, p.246-9, May 1994.

93 STREFEZZA, C. et al. Efeitos térmicos da irradiação intracanal do laser de Nd:YAG. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PESQUISA ODONTOLÓGICA, 16, 1999, Águas de São Pedro. *Anais...* São Paulo: SBPqO, 1999. p.17.(Abstract A 046).

94 SUNDQVIST, G. Taxonomy, ecology, and pathogenicity of the root canal flora. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.* v.78, n.4, p.522-30, Oct. 1994.

95 SWANSON, K., MADISON, S. An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part 1. Times periods. *J. Endod.,* v.13, n.2, p.56-9, Feb. 1987.

96 TAKEDA, F.H. et al. Efficacy of Er:YAG laser irradiation in removing debris and smear layer on root canal walls. *J. Endod.*, v.24, n.8, p.548-51, Aug. 1998.

97 TAMSE, A., KATZ, A., KABLAN, F. Comparison of apical leakage shown by four different dyes with two evaluating methods. *Int. Endod. J.*, v.31, p.333-7, 1998.

98 TANJI, E.Y., SOARES, S.C.G., EDUARDO, C.P. M.E.V. de canais radiculares irradiados com Er:YAG e Nd:YAG lasers. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PESQUISA ODONTOLÓGICA, 15, 1998, Águas de São Pedro. *Anais...* São Paulo: SBPqO, 1998. p.47. (Abstract A 126).

99 THOMAS, V.P., PETROU, A. Laser photopolimerization of dental materials with potencial endodontic applications. *J. Endod.,* v.16, n.6, p.265-8, June 1990.

100 TRONSTAD, L. et al. pH changes in dental tissues after root canal filling with calcium hydroxide. *J. Endod.*, v.7, n.1, p.17-21, Jan. 1981.

101 TSENG, P. et al. The bactericidal effect of a Nd:YAG laser *in vitro*. *J. Dent. Res.*, v.70, n.4, p.650, Apr. 1991. (Abstract 7).

102 VALERA, M.C. *Avaliação da infiltração marginal de corante, via coronária, em função do momento, nivel de corte das obturações de canais radiculares e armazenamento em saliva*. Bauru, 1993. 89p. Dissertação (Mestrado em Endodontia)-Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo.

103 VALERA, M.C., LEONARDO, M.R., BONETTI FILHO, I. Cimentos endodônticos – Selamento marginal apical imediato e após armazenamento de seis meses. *Rev. Odontol. Univ. São Paulo,* v.12, n.4, p.355-60, Out./Dez. 1998.

104 VICKERS, V.A. et al. Ablation of hard dental tissues with the Er:YAG laser. *J. Dent. Res.*, v.71, p.162, 1992. (Abstract 451).

105 WATANABE, II.S. Effect of CO_2 laser on class V cavities on human molar teeth under a scanning electron microscope. *Braz. Dent. J.*, v.7, n.1, p.27-31, 1996.

106 WATANABE, II.S. et al. Estudo através do microscópio eletrônico de varredura, dos efeitos do raio "laser"CO_2

sobre a dentina de molares humanos. *Odontol. Mod.*, v.14, n.6, p.33-7, Julho 1987.

107 WHITE, J.M., GOODIS, H.E., COHEN, J.N., Bacterial reduction of contamined dentin by Nd:YAG laser. *J. Dent. Res.*, v.70, p.412, 1991. (Abstract 1170).

108 WHITE, R.R., GOLDMAN, M., LIN, P.S. The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. *J. Endod.*, v.10, n.12, p.558-62, Dec. 1984.

109 WHITE, R.R., GOLDMAN, M., LIN, P.S. The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by endodontic filling materials. Part II. *J. Endod.*, v.13, n.8, p.369-74, Aug. 1987.

110 ZAKARIASEN, K.L. et al. Laser fusion of dentin plugs in root canals. *J. Dent. Res.*, v.64, p.239, 1985. (Abstract 579).

111 ZEZELL, D.M. Utilização clínica do laser. São Paulo: IPEN, 1999. 44p. (Workshop).

112 ZHANG, C. et al. Effects of pulsed Nd:YAG laser irradiation on root canal wall dentin with different laser initiators. *J. Endod.*, v.24, n.5, p.352-5, May 1998.

113 ZMENER, O. et al. Sealing properties of a new epoxi resin-based root canal sealer. *Int. Endod. J.*, v.30, n.5, p.332-4, 1997.

Apêndice A - Quadros demonstrativos das medidas das infiltrações ocorridas em cada espécime para os 3 grupos

Quadro 3 - Grupo EDTA

ESPÉCIMES	EXAMINADOR 1	EXAMINADOR 2	MÉDIA
01	0.0	0.0	0.0
02	1.2	0.8	1.0
03	0.9	0.7	0.8
04	5.0	5.0	5.0
05	0.	0.0	0.0
06	3.5	3.5	3.5
07	1.3	1.4	1.35
08	1.5	1.5	1.5
09	4.0	3.0	3.5
10	1.5	1.0	1.25
11	0.0	0.0	0.0
12	1.3	1.3	1.3
			MÉDIA DO GRUPO 1.6mm

Quadro 4 - Grupo Nd:YAG

ESPÉCIMES	EXAMINADOR 1	EXAMINADOR 2	MÉDIA
01	0.5	0.4	0.45
02	1.0	1.0	1.0
03	0.0	0.	0.0
04	0.0	0.3	0.15
05	0.5	0.5	0.5
06	0.0	0.0	0.0
07	0.1	0.3	0.2
08	1.5	1.2	1.35
09	1.3	1.7	1.5
10	1.5	1.0	1.25
11	0.5	0.6	0.55
12	0.2	0.3	0.25
MÉDIA DO GRUPO □ 0.6mm			

Quadro 5 – Grupo Er:YAG

ESPÉCIMES	EXAMINADOR 1	EXAMINADOR 2	MÉDIA
01	9.3	9.0	9.15
02	4.5	4.5	4.5
03	4.2	4.0	4.1
04	11.0	11.0	11.0
05	9.0	8.5	8.75
06	13.0	13.4	13.2
07	0.5	0.5	0.5
08	0.7	0.6	0.65
09	13.0	11.3	12.15
10	13.0	11.5	12.25
11	1.0	0.6	0.8
12	11.0	11.2	11.1
			MÉDIA DO GRUPO 7.3mm

Apêndice B – Algumas considerações sobre a física do laser

A luz laser forma-se a partir de uma cavidade óptica formada por espelhos em suas extremidades, sendo que em uma extremidade este espelho é totalmente reflectivo, o que aumenta a excitação dos átomos. Na outra extremidade existe outro espelho parcialmente reflectivo, que permite a passagem de comprimentos de ondas específicos (Pick[75], 1987). A cavidade pode ser constituída por um elemento sólido, líquido ou gasoso, que é denominado de meio ativo, que é a substância a ser estimulada a produzir energia laser em forma de fótons, com um comprimento de onda específico. Esta estimulação é realizada por meio de uma fonte de energia. A partir do momento em que o átomo retorna ao seu estado fundamental, este emite um fóton, liberando assim outros átomos excitados, onde a luz apresenta um aumento constante de intensidade à medida em que oscila entre os espelhos (Figura 21).

Três componentes são absolutamente necessários para qualquer sistema laser: uma fonte de energia, um meio ativo e um ressonador óptico. Além disso, a maioria dos sistemas de laser apresentam ainda um sistema de resfriamento, um painel de controle e um sistema de entrega.

Os componentes de um laser podem ser divididos em: óptico, mecânico e elétrico.

Dentre os componentes ópticos podemos citar:

a) cavidade ressonante = é um tubo que abriga o meio ativo e os espelhos refletores de fótons, um totalmente refletivo e outro parcialmente refletivo, que vai permitir a passagem da energia gerada (Chess[18], 1991);
b) refletores de fótons = são espelhos localizados nas extremidades da cavidade ressonante, onde um é refletivo e o outro é transmissivo de 85 a 90% (Pelino[74], 1998);
c) fonte de energia = é o aparelho que vai fornecer energia para dentro do ressonador, proporcionando assim uma inversão da população do meio ativo (Chess[18], 1991);
d) meio ativo = constitui-se no elemento ou componente do laser que é estimulado para transmitir fótons. A nomenclatura dos lasers depende do seu meio ativo, por exemplo, o laser de CO_2, é produzido por um meio ativo que é composto por pelo gás CO_2 (Pelino[74], 1998);
e) lentes e filtros = as lentes são usadas para focar o feixe de laser, quando são convergentes focam o laser em um feixe fino; enquanto que as lentes divergentes espalham

o feixe. Os filtros possuem a finalidade de inibir a propagação da luz, absorvendo ou refletindo, e é específico ao comprimento de onda.

Os componentes mecânicos são:

a) console = caixa que abriga e protege os componentes do laser;
b) painel de controle = fonte onde são realizadas as operações de programação do alcance das funções e alcance da luz laser no tecido;
c) sistema de entrega = é o aparelho que transmite a luz laser da ponta do laser até o tecido (Pelino[74], 1998)
d) sistema de refrigeração = é responsável pela prevenção do sobre-aquecimento do tecido a ser irradiado. Pode ser realizado por um ventilador interno, jato de água interno contínuo ou até mesmo por uma fonte externa.

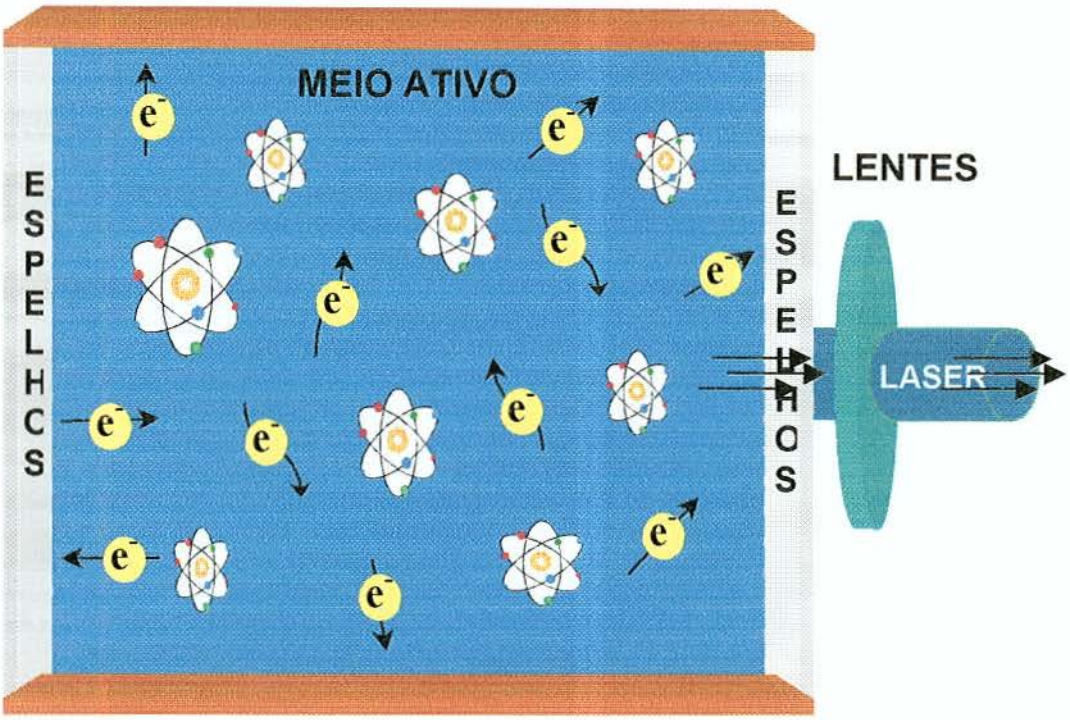

FIGURA 21 – Representação de um sistema laser

Os componentes elétricos constituem-se de:

a) fonte de força = varia de acordo com as necessidades específicas do laser, pode ser de 110 ou 220V;

b) aparelho de ativação = são a peça de mão e o pedal.

Os efeitos do laser sobre os tecidos dependem de:

a) características do tecido (cor, consistência);

b) comprimento de onda do laser;

c) densidade de potência;

d) características de emissão temporária, como freqüência de pulso;

e) método de entrega (por contato ou não);

f) duração da exposição à energia laser.

Dependendo destes fatores, a interação do laser com os tecidos pode ocorrer por quatro processos: reflexão, absorção, difusão ou transmissão (Dederich et al.[22], 1985).

a) reflexão = é variável e depende do tecido e da sua pigmentação. Quando o feixe de luz laser toca a superfície, este pode permanecer colimado e intacto ou pode tornar-se difuso, que ocorre quando o feixe colimado toca uma superfície irregular;

b) absorção = consiste na conversão da energia radiante pela passagem através do tecido. Uma grande absorção permite uma penetração rasa para dentro do tecido e uma absorção menor permite uma penetração maior dentro dos tecidos, alem de apresentar uma menor temperatura. Os efeitos terapêuticos do feixe de laser pelos tecidos depende de sua absorção;

c) difusão = consiste no espalhamento da energia laser dentro do tecido e resulta da reflexão aleatória da energia do seu ângulo original;

d) **transmissão** = é a condução da energia radiante através de um meio. Ocorre quando a colimação do feixe de laser permanece intacto quando em contato com o tecido. Depende da cor específica, do material da estrutura e do comprimento de onda utilizado.

Interação laser-tecidos biológicos

Quando a luz laser incide sobre um tecido, parte desta luz é refletida, parte da luz remanescente que foi transmitida é espalhada dentro do tecido, que em alguns casos pode causar danos em regiões distantes da área onde o feixe aparentemente se propaga. Parte da luz remanescente é absorvida pela água no tecido ou por cromóforos absorvedores (hemoglobina, melanina) e parte desta luz pode ser transmitida ao longo de toda a espessura do tecido.

Sabendo-se que o corpo humano é constituído em sua maior parte por água, a absorção de luz pela água é importantíssima para as aplicações biomédicas do laser e para os possíveis danos biológicos durante a operação com o laser. A luz que é absorvida pela água aquece o volume absorvedor em um tempo muito pequeno, e este pode ser vaporizado ou o calor pode difundir-se através do tecido.

Cerca de 90% da luz incidente em um dado comprimento de onda é absorvida em uma certa profundidade

característica, conhecido como comprimento de extinção. Uma medida de absorção mais usual é o comprimento de absorção , que o comprimento no qual 63% da luz incidente é absorvida (Zezell[111], 1999).

Energia e potência

Energia representa a capacidade de promover mudanças no material que absorve o laser. É expressa em Joules (J).

Potência representa a média de energia transmitida em Joules por segundo. É expressa em watt (W).

POTÊNCIA(w) =ENERGIA (J) / TEMPO (s)

1W = 1J/s

Tamanho da área irradiada

Representa a área sobre a qual a energia a laser é aplicada sobre o material. É medida em cm^2 ou em μ.

Constitui-se em um importante componente para o cálculo de determinação da densidade de potência.

Densidade de potência

Constitui-se na variável mais importante para a determinação dos efeitos que o laser causa sobre o material que é irradiado.

DENS. DE POTÊNCIA = POT. (W) / ÁREA IRRADIADA (cm^2)

Apêndice C – Certificado de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA

unesp

CERTIFICADO

CERTIFICAMOS, que o protocolo nº 77/99-PH/CEP, sobre **"Efeito dos lasers de Nd:YAG e de Er:YAG na adaptação das obturações endodônticas de canais radiculares: análise do selamento marginal apical"**, sob a responsabilidade de **Claudio Antonio Talge Carvalho**, está de acordo com os Princípios Éticos, seguindo diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisa, envolvendo seres humanos, conforme Resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa.

São José dos Campos, 24 de setembro de 1999.

Prof. Dr. Paulo Villela Santos Júnior
Presidente do Comitê de Ética em Pesquisa-Local

CARVALHO, C.A.T. *Efeito dos lasers de Nd:YAG e de Er:YAG na adaptação das obturações de canais radiculares* : análise do selamento marginal apical. São José dos Campos, 1999. 156p. Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista.

RESUMO

A capacidade do laser de promover a limpeza e desinfecção do sistema de canais radiculares, tem tornado esta modalidade de tratamento em uma alternativa viável e real na endodontia. O propósito deste estudo foi avaliar o selamento marginal apical das obturações de canais radiculares,realizados após a irradiação pelo laser de Nd:YAG ou de Er:YAG. Para isto, foram utilizados 42 dentes unirradiculados humanos, extraídos, que tiveram as suas coroas cortadas e os canais radiculares preparados até o instrumento de número 70, seguido de escalonamento com a lima tipo K nº80. Os canais foram irrigados abundantemente com solução de hipoclorito de sódio a 1%. Após foram secos e as raízes divididas em 3 grupos de acordo com o tratamento das paredes dos canais. Grupo 1: os canais foram preenchidos com EDTA por 3 minutos, seguido de irrigação com hipoclorito de sódio a 1%; Grupo 2: as paredes dos canais foram irradiadas por luz laser de Nd:YAG; e Grupo 3: as paredes dos canais foram irradiadas pelo laser de Er:YAG. Em seguida, os canais radiculares de todos os espécimes foram obturados com cones de guta-percha e cimento Top-Seal, pela técnica da condensação lateral. As raízes foram impermeabilizadas externamente, exceto no forame apical e, imersas em solução aquosa de azul de metileno a 2% durante 48h. Os resultados mostraram que as maiores infiltrações ocorreram no Grupo 3 - Er:YAG (7.3mm), seguido pelo Grupo 1 – EDTA (1.6mm) e pelo Grupo 2 - Nd:YAG (0.6mm). O Grupo Er:YAG diferiu estatisticamente dos demais ($p<0,05$). Concluiu-se que a aplicação do laser Er:YAG, previamente às obturações de canais radiculares, deve ser utilizado com cautela até que mais pesquisas sejam realizadas para definir parâmetros mais adequados para o seu emprego.

Palavras-chave: Endodontia; laser; canais radiculares, obturação; microinfiltração.

CARVALHO, C.A.T. *Effect of the lasers of Nd:YAG and of Er:YAG in the obturation adaptation of radicular canals:* analysis of the apical marginal sealing. São José dos Campos, 1999. 156p. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista.

ABSTRACT

The capacity of the laser to promote the cleaning and disinfection of the radicular canal system has been turning this type of treatment in a viable and real alternative in endodontics. The purpose of this study was to evaluate the apical marginal sealing of root canal obturations done after the irradiation with the laser of Nd:YAG or of Er:YAG. In this manner, 42 human, extracted single-rooted teeth were used, they were crown sectioned and the root canals prepared to nº 70 K file, followed by back stepping with the nº 80 K file. The canals were irrigated abundantly with 1-% sodium hypochlorite solution. After they were dried and divided in 3 groups in agreement with the canal wall treatment. Group 1: the canals were filled with EDTA for 3 minutes, followed by irrigation with 1-% sodium hypochlorite solution; Group 2: the canal walls were irradiated with Nd:YAG laser; and Group 3: the canal walls were irradiated with Er:YAG laser. Afterwards, the root canals of all the specimens were obturated with gutta-percha cones and Top-Seal cement, by the lateral condensation technique. The roots were externally waterproof, except in the apical foramen and, immerged in aqueous solution of 2% methylene blue during 48 hours. The results showed that the largest infiltrations happened in the Group 3 - Er:YAG (7.3mm), proceeded by the Group 1 - EDTA (1.6mm) and for the Group 2 - Nd:YAG (0.6mm). The Group Er:YAG differed statistically of the others (p<0,05). It was concluded that the Er:YAG laser application, previously to the obturations of radicular canals, must be used with caution until future research is define the best parameters for it's use.

Keywords: Endodontics; laser; root canal, obturation; microleakage.

Autorizo a reprodução xerográfica deste trabalho

São José dos Campos, 10 de fevereiro de 2000

Claudio Antonio Talge Carvalho