



BR0645341



INIS-BR--4012

AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE
DE SÃO PAULO

**AVALIAÇÃO DA PERMEABILIDADE E DA ALTERAÇÃO
MORFOLÓGICA DA SUPERFÍCIE DENTINÁRIA APÓS
APICECTOMIA, TRATAMENTO E RETROPREPARO COM
OS LASERS DE Er:YAG E Nd:YAG**

RODRIGO GUERRA DE OLIVEIRA

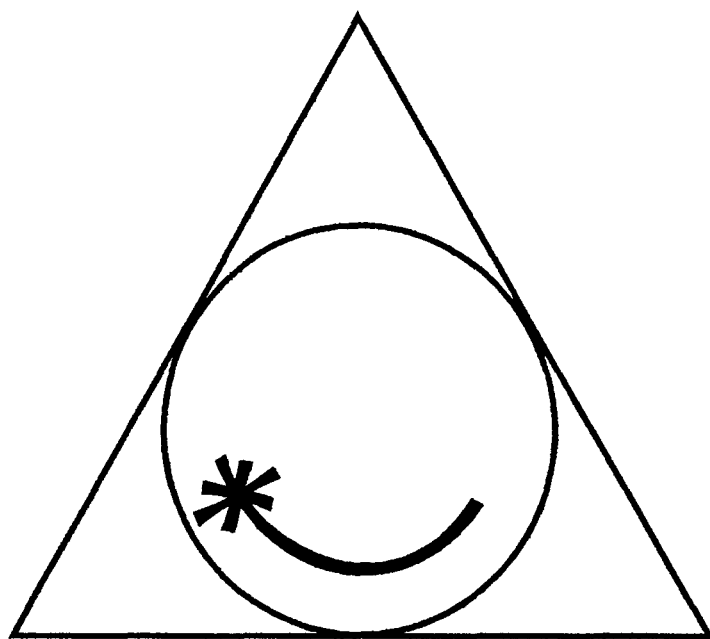
Dissertação apresentada como parte
dos requisitos para obtenção do Grau
de Mestre Profissional na área de Lasers
em Odontologia.

Orientador:
Dr. Carlos de Paula Eduardo

Co-Orientadora:
Profa. Dra. Sônia Lícia Baldochi

**São Paulo
2001**





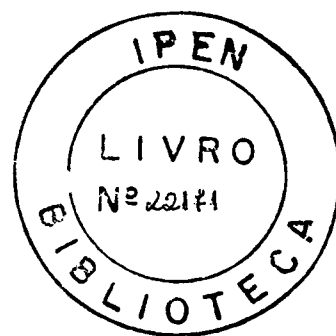
**MESTRADO PROFISSIONALIZANTE DE LASER EM
ODONTOLOGIA**



Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN
Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

AVALIAÇÃO DA PERMEABILIDADE E DA ALTERAÇÃO MORFOLÓGICA DA
SUPERFÍCIE DENTINÁRIA APÓS APICECTOMIA, TRATAMENTO E
RETROPREPARO COM OS LASERS DE Er:YAG E Nd:YAG

RODRIGO GUERRA DE OLIVEIRA



Dissertação apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do título de Mestre
Profissional na área de Lasers em Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. Carlos de Paula Eduardo

Co-Orientadora: Profa. Dra. Sônia Lícia Baldochi



São Paulo

2001

A Deus, que me deu o dom da vida e em todo momento se fez presente, guiando, orientando e iluminando meu caminho.

Aos Meus Pais, verdadeiros mestres na arte de amar, muito obrigado. Cada dia agradeço a Deus por vocês existirem. Amo vocês.

Ao Bruno, meu irmão, sempre presente e disposto a ajudar. Obrigado pelas opiniões e conselhos sempre oportunos.

A Juliana, namorada, companheira e amiga. Soube entender cada momento de ausência, angústia e em todo instante procurou ajudar e, principalmente, incentivar. Muito obrigado.

*"Fim da caminhada
A estrada foi só flores
Porque os espinhos do caminho
Vocês os retiraram"*

Ao meu Orientador, Professor Dr. Carlos de Paula Eduardo, que me ensinou a amar o tema laser e acima de tudo, mostrou-me, com seu jeito simples e ponderado como é possível crescer dentro da profissão, sempre sem perder de vista os nossos maiores sonhos. Me sinto orgulhoso em manter um relacionamento próximo a uma pessoa tão sábia e capaz.

Obrigado Prof. Carlos pois seu exemplo me incentiva cada vez mais a vencer os obstáculos e seguir o sonho de ingressar na carreira acadêmica.

*“Grandes mentes devem estar prontas
não só para agarrar as oportunidades, mas
para fazê-las surgir”*

Colton

A Professora Dra. Sônia Lícia Baldochi, obrigado pela co-orientação dessa dissertação, pela disponibilidade em ajudar e principalmente pela compreensão e atenção dispensadas para aprimorar meu crescimento profissional. Muito obrigado.

*“Ensinar é mostrar que é possível
Aprender é tornar possível a si mesmo...”*

A Professora Dra. Rosangela Almeida Ribeiro, uma pessoa determinada e com imensa capacidade, por isso um exemplo de sucesso. Sempre me lembro dela pois a tenho como uma referência a ser fielmente seguida.

Muito obrigado Rosangela, você foi, é e será, sempre, o meu exemplo de sucesso.

*“O sábio não é o homem que fornece
as verdadeiras respostas, é aquele que
faz as verdadeiras perguntas”*

Claude Levi-Strauss

AGRADECIMENTOS

Aos meus amigos Henrique D. S. Tavares e Leonardo S. Picinini, companheiros todo o tempo; obrigado pelas sugestões apresentadas e pelo repartir mútuo das alegrias e aflições.

A Profa. Dra. Sheila, sempre disposta, colaborou incansavelmente para toda a execução desse trabalho. É para mim uma referência e seu exemplo de caráter, dignidade e brilhantismo profissional me incentivam a não perder de vista meus maiores sonhos e objetivos. É aquela pessoa a qual passei a admirar com seus gestos simples, corretos e sempre inteligentes, norteando meu caminho e com isso contribuindo para a minha formação profissional. Obrigado por tudo, você é muito especial.

Aos os meus colegas do Mestrado. Agradeço a todos pela parceria, pelo convívio e pela amizade.

Aos meus professores da FOU SP e do IPEN, uma vez que esse trabalho também não seria possível sem vocês. Agradeço todo o conhecimento, atenção e a contribuição na minha formação moral e profissional.

Aos professores Edgar, Patrícia e Pelino que tenho orgulho e prazer em ter conhecido e mantido uma relação mais próxima. Vocês são pessoas ímpares e me ensinaram muito; obrigado por tudo.

Aos professores Eduardo Groth, Cláudia e Andréa que também se mostraram incansáveis na arte de ensinar.

A Cida, Sandra e Liliane, que mostram-se sempre disponíveis, atenciosas e acima de tudo competentes nas horas importantes.

Ao Arnaldo e o Sr. Aldo, do Departamento de Dentística da FOUSP, pelo suporte dispensado.

A todos meus familiares que torceram, vibraram e me apoiaram na realização deste trabalho.

A Nivelar pelo suporte técnico e pela torcida.

Ao Richard e Celina pela valiosa contribuição.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse sonho.

RESUMO

**AVALIAÇÃO DA PERMEABILIDADE E DA ALTERAÇÃO MORFOLÓGICA
DA SUPERFÍCIE DENTINÁRIA APÓS APICECTOMIA, TRATAMENTO E
RETROPREPARO COM OS LASERS DE Er:YAG E Nd:YAG**

Rodrigo Guerra de Oliveira

RESUMO

Um dos objetivos do tratamento endodôntico é solucionar os processos patológicos periapicais causados pela contaminação microbiana da polpa dental. A execução de todos os passos do preparo químico-cirúrgico conduz, em grande parte, ao sucesso clínico. Entretanto há um número de casos que não responde favoravelmente e a opção indicada seria o retratamento, uma conduta terapêutica conservadora. Há, no entanto, um número de insucessos que não responde ao tratamento conservador e por isso são submetidos aos procedimentos das cirurgias paraendodônticas. Um dos maiores problemas dessa conduta terapêutica está vinculado à permeabilidade superficial da dentina após a apicectomia e à falta de adaptação marginal adequada entre o material retrobturador e as paredes da cavidade que acabam por permitir a percolação de microrganismos, seus sub-produtos e fluidos orgânicos do sistema de canais radiculares à região periapical, comprometendo assim a devida reparação tecidual. Este trabalho tem como proposição avaliar a permeabilidade superficial e marginal da dentina de corte após a apicectomia, tratamento e retropreparo com os lasers de Er:YAG e Nd:YAG e retrobturados com IRM. Além disso, analisar, sob MEV, as alterações morfológicas causadas pela irradiação desses lasers através de fibras ópticas. Um total de vinte e quatro dentes unirradulares com os canais tratados endodonticamente foram divididos em 3 grupos experimentais: grupo I, cujos ápices foram seccionados com o laser de Er:YAG (350mJ; 4Hz; ponta 2055), o tratamento da superfície dentinária de corte e a retrocavidade foram irradiados com esse mesmo

comprimento de onda (120mJ; 4Hz; ponta 2051) através da fibra 50/10; grupo II, nos quais a apicectomia foi realizada com o laser de Er:YAG (350mJ; 4Hz; ponta 2055), o tratamento da superfície de corte e as retrocavidades irradiadas com o laser de Nd:YAG através de fibra óptica (100mJ; 15Hz; 1,5W); e grupo III (controle), no qual as amostras foram apicectomizadas e as retrocavidades confeccionadas com pontas montadas. A análise da infiltração do corante azul de metileno através da superfície dentinária de corte e da retrobturação demonstrou que as amostras dos grupos que foram irradiadas apresentaram índices de infiltração menores que as do grupo controle, sendo que o grupo II apresentou, estatisticamente, menor infiltração do que os demais grupos experimentais. Esse resultado foi compatível com as alterações morfológicas estruturais evidenciadas em microscopia eletrônica de varredura. As amostras do grupo I (apicectomia com Er:YAG, tratamento da superfície de corte e retropreparo com Er:YAG através da fibra 50/10) apresentaram superfícies limpas e irregulares com a presença de algumas crateras, sem lama dentinária e com exposição de túbulos dentinários. As amostras do grupo II (apicectomia com Er:YAG, tratamento da superfície de corte e retropreparo com Nd:YAG) apresentaram superfícies limpas sem lama dentinária, mais lisas, com fusão e ressolidificação da dentina vedando os túbulos dentinários. Nas condições deste estudo, a irradiação associada, ou seja, a apicectomia com os laser de Er:YAG, tratamento da superfície de corte e a confecção da retrocavidade com o laser de Nd:YAG, demonstrou ser uma opção capaz de diminuir a permeabilidade ao corante azul de metileno.

ABSTRACT

**EVALUATION OF THE PERMEABILITY AND MORPHOLOGICAL ALTERATION
OF THE DENTAL SURFACE AFTER APICOECTOMY, TREATMENT AND
PREPARATION WITH Er:YAG AND Nd:YAG LASERS**

Rodrigo Guerra de Oliveira

ABSTRACT

One of the objectives of endodontic treatment is to resolve pathological periapical processes caused by microbial contamination of the dental pulp. Correct execution of the necessary chemical preparation prior to surgery generally results in positive outcomes. However, a percentage of cases do not respond favorably and therefore require retreatment, a conservative therapeutic option. There are meanwhile a number of treatment failures which do not respond to these conservative measures and must therefore be subjected to paraendodontic surgical procedures. One of the principal problems of this therapeutic conduct is linked to the surface permeability of the dentin after apicoectomy and the lack of adequate marginal adaptation between the retrofilling material and the cavity walls. This permits the percolation of microorganisms and their metabolic by products from the system of root canals to the periapical region, thereby compromising the necessary tissue repair. The present work proposes the evaluation of the surface and marginal permeability of cut dentin after apicoectomy and treatment with Er:YAG and Nd:YAG lasers with fiber optics and then retrofilled with intermediate restorative material (IRM). A total of 24 single-rooted teeth whose canals were endodontically treated were divided into 3 experimental groups: group I, whose apices were sectioned with an Er:YAG laser and the resulting cavity and the cut dental surface were irradiated with this laser via a 50/10 type fiber; in group II the apicoectomy was conducted with an Er:YAG laser and the resulting cavity and the cut surface were irradiated with a Nd:YAG laser; in

group III, the samples were apicoectomized and the cavities were treated with a high speed bur (control group). Analysis of the infiltration of the dye methylene blue throughout the cut dental surface and the reconstruction demonstrated that the samples in the irradiated groups presented lower indices of infiltration than the control group. The Group I samples, meanwhile, did not present statistically significantly better results than the control group. Group II presented statistically significantly less infiltration than the other experimental groups. This result is compatible with the morphological and structural alterations evidenced by scanning electron microscopy: the group I samples (Er:YAG) presented clean, irregular surfaces with the presence of some cratering, without a smear layer and with the dental tubules exposed. The group II samples (Er:YAG and Nd:YAG) presented smoother, clean surfaces, without a smear layer, with fusion and resolidification of the dentin which sealed the dental tubules. Under the conditions of the study, apicoectomy with the Er:YAG laser followed by subsequent treatment of the cut surface and resulting cavity with a Nd:YAG laser, have shown as an option capable of reducing the permeability of the dentin to methylene blue dye.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	4
3 REVISÃO DA LITERATURA	6
4 MATERIAIS E MÉTODOS	43
4.1 Materiais	44
4.2 Equipamentos	44
4.2 Métodos	46
5 RESULTADOS	51
6 DISCUSSÃO	58
7 CONCLUSÕES	71
8 ANEXOS: Parecer dos Comitês de Ética do IPEN e da FOUSP	73
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 4.1 Laser de Er:YAG (KaVo KEY 2) LELO-FOUSP	45
FIGURA 4.2 Fibra 50/10	45
FIGURA 4.3 Laser de Nd:YAG (ADT) LELO-FOUSP	45
FIGURA 4.4 Amostras após impermeabilização e imersão	48
FIGURA 4.5 Amostras seccionadas	48
FIGURA 4.6 Primeira secção sendo cortada e fixada no "stub"	49
FIGURA 4.7 Representação da infiltração no plano cartesiano (X e Y)	50
FIGURA 5.1 Média de infiltração "r" para cada grupo	52
FIGURA 5.2 Elétron-micrografias de amostra do grupo I (Er:YAG)	55
a Evidenciando presença de crateras	55
b Superfície da parede interna de uma das crateras	55
c Superfície tratada com a fibra 50/10 em maior aumento	55
FIGURA 5.3 Elétron-micrografias de amostra do grupo II	56
a Superfície seccionada com Er:YAG e tratada com Nd:YAG)	56
b Evidenciando fusão e ressolidificação	56
c Evidenciando foraminas decorrentes da irradiação	56
FIGURA 5.4 Elétron-micrografias de amostra do grupo III	57
a Superfície apical seccionada com pontas montadas	57
b Evidenciando a presença de lama dentinária	57
c Lama dentinária vedando os túbulos dentinários	57

LISTA DE TABELAS

TABELA 5.1 Média descritiva de infiltração para cada grupo	52
TABELA 5.2 Comparação múltipla de Tukey	53
TABELA 5.3 Comparação múltipla entre grupos	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Acrogramas

CIV: Cimento de Ionômero de Vidro

CW: c(ontinuous) W(ave), onda contínua

EBA: ácido etoxibenzóico

EDTA-T: ácido etileno-diamino-tetra-acético e detergente Tergentol

IPEN: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

IRM: Intermediated Restorative Material

IV: Infravermelho

LASER: *L(ight) A(mplification) by S(timulated) E(mission) of R(adiation)*;
amplificação da luz por emissão estimulada de radiação;

LILT: *L(ow) I(ntensity) L(aser) T(herapy)*, terapia com laser de baixa
intensidade

MEV: Microscopia Eletrônica de Varredura

UV: ultravioleta

Física

DE: Densidade de Energia ou fluência

E: Energia

f: frequência ou taxa de repetição

ϕ : diâmetro

λ : comprimento de onda

μ_a : coeficiente de absorção

P: potência

P_m : potência média

Química

CO₂: dióxido de carbono

Er:YAG: cristal óxido: Y₃Al₅O₁₂ dopado com érbio

H₂O₂: peróxido de hidrogênio

He: hélio

He-Ne: hélio e neônio

Ho:YAG: cristal óxido: Y₃Al₅O₁₂ dopado com hólmio

Nd:YAG: cristal óxido: Y₃Al₅O₁₂ dopado com neodímio

Ne: neônio

YAG: *Y*(ttrium) *A*(luminium) *G*(arnet), cristal óxido: Y₃Al₅O₁₂

YLF: *Y*(ttrium) *L*(ithium) *F*(luoride), LiYF₄: tetrafluoreto de ítrio e lítio

Unidades

°C: graus Celsius ou graus centígrados

cm²: centímetros quadrados

Hz: Hertz

J: Joule

J/cm²: Joules/centímetro quadrado

mJ: milijoule

mm: milímetro

ms: milisegundo

mW: miliwatt

µm: micrômetro

µs: microsegundo

nm: nanômetro

ns: nanosegundo

s: segundo

W: watt

Prefixos, símbolos e valores

Prefixo	Símbolo	Valor
Tera	T	10^{12}
Giga	G	10^9
Mega	m	10^6
Quilo	K	10^3
Centi	c	10^{-2}
Mili	m	10^{-3}
Micro	μ	10^{-6}
Nano	n	10^{-9}
Angstrom	Å	10^{-10}
Pico	p	10^{-12}
Femto	f	10^{-15}

1 INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

A cirurgia parendodôntica tem sido utilizada para a resolução de problemas criados pelo tratamento endodôntico ou que não foram solucionados por ele. É, portanto, uma alternativa terapêutica para os dentes portadores de calcificações, perfurações e elevado grau de curvatura das raízes, pinos intrarradiculares não passíveis de remoção (Pilatti *et al.*, 1994) e, principalmente, para canais radiculares que apresentam uma colonização bacteriana estável e refratária à endodontia convencional, o que leva à manutenção do processo lesivo apical (Tronstad *et al.*, 1990). No insucesso do tratamento endodôntico, indica-se, via de regra, o retratamento e, quando este torna-se inviável, procede-se a intervenção cirúrgica (Gilheany *et al.*, 1994).

Conceitualmente, o procedimento de seccionar e remover uma parte do ápice dental, o terço apical, é conhecido como apicectomia. Após a incisão e rebatimento do retalho de tecido mole para exposição do ápice, acompanhados, freqüentemente, da osteotomia, cureta-se a região apical para remover o tecido acometido e remove-se o ápice radicular, além de, durante o próprio ato cirúrgico, realizar-se a obturação retrógrada que tem por objetivo impedir comunicação entre o sistema de canais radiculares e os tecidos periapicais (Ingle, 1994).

Molven *et al.* (1991), analisando sob microscopia eletrônica a porção apical de canais radiculares onde lesões periapicais estavam instaladas, observaram bactérias nos 2mm apicais das raízes em 83% dos casos. A presença de microrganismos na região apical da raiz geraria um fluxo migratório para o interior do canal, razão pela qual a retrobturação seria eleita como um procedimento de rotina em cirurgias apicais (Friedman, 1991).

A meta da cirurgia endodôntica, portanto, é promover um selamento apical do sistema de canais radiculares e, conseqüentemente, obter uma barreira efetiva na passagem de microrganismos ou de seus produtos para os tecidos periapicais (Vertucci & Beatty, 1986).

Miserendino & ILL (1988) sugeriram que a utilização racional do laser de CO₂ nas cirurgias periapicais proporcionaria situações favoráveis, como: melhora na hemostasia e, conseqüentemente, na visualização do campo cirúrgico pelo operador; potencial esterilização do ápice; potencial redução na permeabilidade da superfície radicular; redução na dor pós-operatória.

O laser de Er:YAG, com comprimento de onda de 2,94µm, demonstra habilidade em promover ablação de tecidos duros orais de forma efetiva por ser absorvido pela água e hidroxiapatita (Dostálová *et al.*, 1997). Em 1996, Gouw-Soares *et al.*, mostraram, através de microscopia eletrônica de varredura, que este comprimento de onda promove, após apicectomia, um corte limpo, com exposição de túbulos dentinários e ausência de *smear layer* e danos estruturais, sem fendas ou fusão.

Em 1996, Maillet *et al.* sugeriram que o laser de Nd:YAG é um instrumento com potencial para otimizar os tratamentos cirúrgicos apicais. A radiação promove fusão e recristalização da superfície dentinária, o que pode resultar na obliteração dos túbulos dentinários e decréscimo da permeabilidade. Esses efeitos podem reduzir a infiltração apical, que é um dos maiores fatores associados às falhas do tratamento cirúrgico periapical.

Dessa forma, percebe-se que o laser é, na atualidade, um instrumento de grande interesse e importância para as aplicações biomédicas. Por ser uma nova conduta terapêutica na prática odontológica e principalmente nas cirurgias periapicais, cumpre ressaltar a importância de seus estudos científicos fundamentando a veracidade deste recurso atualmente preconizado.

2 OBJETIVOS

2 OBJETIVOS

Considerando o exposto no capítulo anterior, este estudo *in vitro* se propõe especificamente a:

Avaliar a permeabilidade da superfície dentinária de ressecção após apicectomia com ponta montada ou com o laser de Er:YAG seguida do tratamento da superfície e retropreparo com os lasers de Er:YAG e Nd:YAG, por meio da análise em microscopia óptica da infiltração do corante azul de metileno;

E, sob microscopia eletrônica de varredura, avaliar as alterações morfológicas da superfície dentinária causadas pela irradiação dos lasers de Er:YAG e Nd:YAG através de fibras ópticas.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo revisa a literatura concernente à apicectomia convencional, à ação do laser na região periapical e à microinfiltração, sendo que os três itens apresentam-se expostos separadamente para melhor compreensão do tema proposto para realização do estudo.

3.1 Apicectomia

A cirurgia periapical, segundo Rud & Andreasen (1972), foi introduzida por Farrar em 1884 e consistia na remoção do ápice contaminado ou danificado associado a uma adequada retrobturação, formando assim uma barreira entre o sistema de canais e os tecidos periapicais.

Os primeiros estudos que abordaram a indicação de uma nova técnica de selamento apical para os dentes, que por algum motivo não puderam ser tratados endodonticamente de maneira convencional, fazem referência ao preparo apical de instrumento cortante rotatório (ICR) adaptado a contra-ângulo. Especialmente desenhado e adaptado para confecção de uma cavidade no longo eixo do canal radicular, o artefato possibilitava a remoção da matéria orgânica ali localizada, produzindo, de alguma forma, a limpeza e a desinfecção da porção apical do canal (Dulcos, 1934).

Sommer em 1946 propôs o seccionamento da extremidade radicular com o emprego de instrumento cortante rotatório de fissura, inclinado no sentido da incisal do dente, no intuito de favorecer a visão do operador. Instrumentando o terço apical do canal com limas tipo Kerr até próximo ao pino intra-radicular ou a alguma obstrução no interior do canal, limpava esse segmento, empregando para isso ácido fenol sulfônico. Na obturação, selecionava um cone de prata que, adaptado às paredes do canal e nivelado à

superfície apical era impregnado, juntamente com a dentina, de uma solução de nitrato de prata.

Em 1956, Sommer *et al.*, preocupados com a necessidade de incorporar novas técnicas à prática clínica, expressaram a necessidade da ablação total do conteúdo situado ao redor do ápice radicular.

Kuttler, em 1961, acentuou o cuidado que se deve tomar quando do envolvimento da limpeza do terço apical com limas endodônticas previamente curvadas, indicando, como procedimento final, o emprego de uma solução de nitrato de prata em toda a superfície apical retrobturada com guta-percha.

Demonstrando uma preocupação diante da indicação da cirurgia, surge a recomendação no preparo do ápice e obturação retrógrada, somente diante da impossibilidade de se realizar o tratamento endodôntico convencional em dentes com lesão periapical, na mesma época em que tem início o emprego de limas endodônticas adaptadas a pinças hemostáticas, quando da retroinstrumentação e emprego de amálgama de prata (Anton & Matsas, 1971).

A necessidade de acesso aos canais pela via apical, em casos selecionados, foi relatado por Nygaard-Ostby, em 1971, sugerindo a limpeza apical e a retrobturação pelo emprego de guta-percha ou amálgama de prata. Ressalta ainda a necessidade da apicectomia, com vistas a favorecer o acesso e promover o selamento pela obturação retrógrada com amálgama de prata.

Já em 1972, Rud & Andreasen afirmavam estar o insucesso da cirurgia apical intimamente relacionado a canais insuficientemente preparados e obturados.

Ingle, em 1974, orientou que a obturação retrógrada deveria ser a mais profunda possível, podendo ser realizada de diferentes maneiras: preparo cavitário da porção apical pelo emprego de um instrumento rotatório; preparo de uma fenda ou ranhura na face vestibular do ápice radicular, associado ao

vedamento e, finalmente, o emprego via apical de limas endodônticas presas à pinça hemostática.

Soltanoff, em 1974, relatou êxito quando a execução do tratamento complementar cirúrgico era composto de apicectomia com biselamento apical e retrobturação, realizado em canais com o terço apical parcialmente obturados com guta-percha.

Arens *et al.*, em 1981, são os primeiros a recomendar a mínima angulação do bisel apical, durante a realização do corte, com vistas a controlar a exposição de túbulos dentinários.

Cabe ressaltar os resultados de Pashley *et al.*, em 1981, que indicaram a remoção da camada residual de lama dentinária (*smear layer*), resultante do preparo da cavidade e corte apical, que sempre associada à matéria orgânica, constitui um agente irritante.

Em relação à profundidade da cavidade para obturação retrógrada, Mattison *et al.*, em 1985, verificaram que em casos de secção horizontal (180°), a variação de 1 a 4mm não alterou o resultado do selamento marginal da restauração apical.

Também analisando o selamento, Ryskamp *et al.*, em 1985, observaram que dentes submetidos à ressecção apical estão sujeitos a produzir uma agressão lenta e gradual via percolação da restauração e túbulos dentinários.

Block & Lewis em 1987 publicaram um trabalho reforçando a solução cirúrgica para aqueles casos nos quais o retratamento de obstruções intracanaís não é viável.

A capacidade de selamento marginal apical em dentes submetidos a procedimentos cirúrgicos, na maioria das vezes, emprega com elemento indicador da infiltração, uma solução de azul de metileno. As análises são baseadas na comparação da profundidade da penetração em milímetros,

quando do emprego de diferentes técnicas e materiais. Após a obturação dos canais de dentes recém-extraídos, Kuga & Keine em 1989 realizaram a apicectomia e o preparo da cavidade apical nas amostras do grupo 1 enquanto no outro grupo executaram a retroinstrumentação dos ápices radiculares, sendo o material selecionado na execução das obturações retrógradas, em ambos os grupos, o óxido de zinco e eugenol. O terceiro grupo não foi submetido à retrobturação. Os resultados permitiram concluir não existir diferença estatisticamente significativa em relação à infiltração marginal apical ocorrida nos grupos experimentais entre a obturação retrógrada convencional, a retroinstrumentação e retrobturação e a apicectomia.

Tidmarsh & Arrowsmith, em 1989, conduziram um estudo para determinar o número e a orientação dos túbulos dentinários na região apical. Assim, seccionaram os ápices em distâncias de 2 a 4mm a partir da extremidade em ângulos de 45 a 60 graus. O primeiro grupo era composto por 10 dentes anteriores com idade desconhecida e o segundo grupo com 12 dentes assim divididos: 4 com idade entre 35 e 42 anos; 7 com idade entre 60 e 66 e 1 elemento de uma paciente com 81 anos de idade. Os resultados da microscopia eletrônica de varredura (MEV) mostraram a existência de um grande número de túbulos expostos na superfície de corte dos canais apicectomizados. Em média, o número total de túbulos situava-se em torno de 13.000 por mm^2 na região da junção cimento-dentina. Ressaltaram ainda que o ângulo de corte deve ser mínimo e o preparo para obturação retrógrada deve penetrar no canal, preferencialmente além do nível mais coronal do ângulo de corte. Segundo Carrigan *et al.*, 1984, os túbulos poderiam variar ainda de acordo com a idade e com a localização.

Tronstad *et al.*, em 1990, realizaram um estudo para avaliar, através de microscopia eletrônica de varredura (MEV), a superfície do ápice removido durante a cirurgia endodôntica. Após o procedimento cirúrgico, os ápices foram devidamente armazenados e preparados para MEV. Os resultados mostraram uma superfície apical coberta com tecido mole, exceto no ápice das raízes, onde existia uma capa contínua, lisa e estruturada, aparentemente adjacente

ao forame apical. Em um aumento maior reconheceu-se uma variedade de bactérias e também placa bacteriana, com predomínio de cocos e bastonetes.

Molven *et al.*, em 1991, conduziram uma pesquisa em microscopia eletrônica de varredura (MEV) para visualizar a flora microbiana de canais infectados de dentes com lesão periapical. Dessa forma, os 2mm apicais da raiz de dentes com lesão foram examinados, sendo que em 83% dos casos observaram-se bactérias. O predomínio foi de bastonetes, mas filamentosos, espiroquetas e cocos também foram achados. Ressaltaram ainda que placa bacteriana também foi encontrada na topografia apical. A conclusão do trabalho foi que todo esse arranjo celular na região apical pode ser importante na patogenicidade periapical.

Morgan & Marshall, em 1998, conduziram um estudo comparativo da topografia da superfície de canais seccionados com instrumentos cortantes rotatórios (ICR). Três grupos de dentes unirradiculares foram seccionados e réplicas de resina dos ápices foram feitas. Cada ápice de cada grupo foi finalizado com pontas montadas “carbide” multilaminada ou diamantada ultrafina, e os ápices replicados. Todas as réplicas foram avaliadas, em aumento de 20 vezes, lisura e irregularidade. Como resultado, relataram que a ponta montada multilaminada proporcionou uma ressecção apical com superfície mais lisa e plana com a menor formação de fragmentos. Além disso cortaria com menos vibração, favorecendo ausência de desconforto. Ressaltaram também que se uma ponta montada de acabamento for utilizada nas secções apicais para maior lisura, a opção de escolha é para a “carbide” multilaminada e não para a diamantada ultrafina.

Camargo *et al.*, em 1999, destacaram que, na técnica tradicional, a ressecção do ápice radicular é realizada com instrumento cortante rotatório “carbide” ou diamantado e, o preparo cavitário para receber a obturação retrógrada é realizado com instrumento cortante rotatório esférico ou cone-invertido, situações nas quais há produção de “spray” de aerossol que espalha material contaminado e dificulta, assim, a manutenção da cadeia asséptica.

Testori *et al.*, em 1999, realizaram uma comparação entre técnicas cirúrgicas periapicais - tradicional e com instrumentos ultra-sônicos. O pós-operatório foi avaliado por dois operadores independentes com radiografia periapical padronizada e cada observação radiográfica foi classificada de 1-4 nos grupos: cicatrização completa, incompleta, incerta e falha. Após um período de 4-6 anos o padrão de cicatrização foi de 68% para o método convencional e 85% para o método ultra-sônico. Observaram ainda que o índice de sucesso aumentou ao longo do período. Concluíram que o instrumento ultra-sônico oferece um melhor prognóstico em relação aos instrumentos rotatórios.

Kvist & Reit, em 2000, estudaram o desconforto associado ao retratamento cirúrgico e não-cirúrgico. Para isso, conduziram o estudo em pacientes em que procedimentos cirúrgicos e não cirúrgicos foram propostos levando em consideração os itens dor e edema. Idealizou-se uma escala que incluía os itens edema, ausência de edema e edema excessivo; e ainda dor, ausência de dor ou dor intolerável. Também verificou-se o consumo de analgésico. Os resultados mostraram que um número significativo de pacientes relatou mais desconforto após retratamento cirúrgico do que para os procedimentos não cirúrgicos. Os autores concluíram, portanto, que o retratamento cirúrgico resultou em maior desconforto significando maior custo para o paciente.

Ainda em 2000, Zuolo *et al.*, publicaram um trabalho cujo objetivo foi avaliar o prognóstico de cirurgias periapicais usando rigorosa seleção dos casos e protocolo cirúrgico. Foram utilizados 114 dentes que apresentavam lesão perirradicular estritamente endodôntica por origem, com ou sem sinais e sintomas de inflamação. Após rebatimento do retalho mucoperiósteo, o tecido residual foi curetado, os ápices seccionados com um instrumento rotatório diamantado e o preparo para retrobturação realizado com instrumento ultra-sônico. Para obturação, o material de escolha foi o IRM. A preservação foi de 1 a 4 anos. Os autores concluíram que o sucesso poderá ser atingido se um protocolo cirúrgico endodôntico rígido for seguido e a utilização das técnicas e

dos materiais contemporâneos for uma constante preocupação da equipe executora do procedimento.

2.2 Ação do laser sobre os tecidos dentários apicais

Desde 1964, quando Stern & Sognaes avaliaram a capacidade dos lasers de formar crateras nos tecidos dentários humanos, pesquisas passaram a ser conduzidas buscando avaliar seus efeitos nos tecidos dentários. Assim, em 1971, Weichman *et al.* conduziram um estudo preliminar a respeito do selamento apical utilizando um laser de CO₂. Relataram que à medida que a potência e a duração de pulso eram elevadas, ocorria fusão e recristalização do cimento e da dentina.

Weichman *et al.*, em 1972, conduziram uma segunda pesquisa objetivando selar o ápice com o laser de CO₂ ou de Nd:YAG. A constricção apical foi irradiada internamente e como resultado, os autores relataram que à medida que houve incremento na potência, a dentina fundia e recristalizava, sendo que o fato era similar para os dois lasers.

Dederich *et al.*, no ano de 1985, buscaram 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, divididos em áreas circulares e corados por tinta da Índia. Os espécimes foram irradiados utilizando o laser de Nd:YAG com potência variando de 5 a 90W e 0,1 a 1,0s. Através de MEV, verificaram as rachaduras causadas pelo calor e a quantidade de fusão dentinária, chegando à conclusão de 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.

Também em 1985, Mader & Baumgartner usaram MEV para avaliar a morfologia da lama dentinária do canal radicular, utilizando para isto cinco

molares inferiores extraídos que foram tratados endodonticamente com limas tipo Kerr e irrigados com solução de hipoclorito de sódio a 5,25%. O forame apical foi coberto com cera utilidade para evitar o extravasamento da solução irrigadora. As raízes foram seccionadas e avaliadas através de MEV, a qual comprovou que a lama dentinária presente nas paredes dos canais radiculares apresentava características amorfas, irregulares e granulares. Observaram ainda que a lama dentinária penetrou 40 μ m nos túbulos dentinários.

Zakariasen *et al.*, em 1985, avaliaram a capacidade do laser de Nd:YAG em 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 pintados com uma tinta de cor preta para aumentar a absorção pelo laser. Foi utilizado o Nd:YAG com níveis de potência de 25W, 37W e 50W e fibra óptica de 600 μ m de diâmetro, a 3mm do "plug" dentinário, com um tempo de aplicação da ordem de 0,5s. Após a avaliação dos espécimes por microscopia eletrônica de varredura (MEV) constataram que ocorreu fusão e recristalização tanto dos "plugs" dentinários quanto da dentina circundante. Observaram, ainda, que o grau de fusão variava de mínimo a completo. Foi relatada também a presença de espaços e trincas em alguns espécimes, sendo necessários mais estudos para determinar parâmetros de exposição capazes de promover fusão da dentina sem produzir espaços, trincas e calor no tecido.

Miserendino & ILL relataram, em 1988, a utilização do laser de CO₂ em uma apicectomia. Em seu relato descreveram detalhadamente a técnica utilizada e ressaltaram as vantagens do laser nos procedimentos cirúrgicos endodônticos. Concluíram que os estudos clínicos iniciais a respeito do laser confirmam as observações laboratoriais que indicam tal equipamento para os procedimentos endodônticos "in vivo".

Powell *et al.*, em 1989, usaram o laser de CO₂ em dentes de cinco cães (dois dentes de cada animal) com densidade de energia de 13 a 102J/cm². Após 48h, os dentes foram extraídos, fixados em formalina 10% e descalcificados por uma solução de Kristensen, processados, seccionados e

avaliados quanto à ocorrência de danos pulpares. Foi observado que, após 48h da 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). Os autores concluíram que o uso do laser de CO₂ com densidade de energia entre 13 a 102J/cm² em esmalte não causa danos à polpa.

O laser de Nd:YAG foi estudado por Goodis *et al.*, em 1992a, quanto à sua utilização como um meio alternativo para a preparação dos canais radiculares. Para isto, foram utilizados sessenta dentes unirradiculares humanos hígidos extraídos, que foram divididos em dois grupos. Um grupo foi preparado pelo método convencional utilizando pontas montadas e limas e no segundo grupo foi realizado um preparo combinado de instrumentos manuais e irradiação laser através de uma fibra óptica de quartzo de 100, 200 e 320µm. Os dentes foram avaliados através de MEV, onde foi caracterizada a limpeza conseguida pelo uso dos dois sistemas. Os resultados demonstraram que os dentes tratados convencionalmente apresentaram um aumento no espaço do canal de 37% (sentido vestibulo-lingual) e 53% (sentido mesio-distal) quando comparados com as medidas iniciais conseguidas por radiografias e imagens previamente realizadas. Foi evidenciada também a presença de lama dentinária e de tecidos remanescentes. Quanto ao grupo combinado de instrumentação manual e laser, o aumento nas dimensões foi de 41% (sentido vestibulo-lingual) e 34% (sentido mesio-distal) demonstrando ainda a ausência de lama dentinária e de tecidos remanescentes. Concluiu-se que ambos os métodos deram uma forma adequada aos canais radiculares.

Ainda em 1992b, Goodis *et al.*, estudaram os efeitos do 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-se um soro de feto de bezerro em um aparelho capaz de simular o fluxo do fluido dentinário. O laser de Nd:YAG utilizado possuía um sistema de entrega de energia por contato, através de uma fibra óptica de quartzo de 200 e 320µm. Na aplicação sobre a dentina foram utilizados os seguintes parâmetros: potência média de 0,5 a 1W,

freqüência de 10 a 30Hz e energia de 33 a 100mJ/pulso durante 2min. Após a irradiação foi realizada uma nova aferição da permeabilidade dentinária. Os resultados comprovaram que a diminuição da permeabilidade dentinária não foi estatisticamente significativa. Todavia, foi notado que o aumento da freqüência diminuiu a permeabilidade, sendo que 30mJ/pulso e 30Hz promoveram uma redução em 60% quando utilizada uma fibra de 320µm e em 35% com a de 200µm.

Renton-Harper & Midda, 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 dos 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 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. Correlacionados as medidas do tempo de reação do paciente em cada sessão com o tempo de reação medido antes da irradiação pelo doer, 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, freqüência de 10 pulsos/segundo. Como resultado, pacientes que apresentavam antes do tratamento uma tolerância máxima à dor em um intervalo de 1-2s passaram a 7-8s após duas semanas, resultado este que foi considerado estatisticamente significativo. Resultado semelhante não ocorreu com o grupo controle, que estabeleceu uma média de 1-7s.

Stabholz *et al.*, em 1992a, 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 unirradiculares 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 Kerr #35 com comprimento de trabalho a 1mm aquém do ápice e irrigação com NaOCl 2,5%.

Os dentes 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 pontas montadas sob irrigação. No segundo par, grupos C e D, foi realizado o mesmo procedimento dos grupos A e B, entretanto, sem preparação para obturação retrógrada. No terceiro par, grupos E e F não foi realizada limpeza, preparação e obturação dos canais radiculares, mas somente a preparação para obturação retrógrada. 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. Nas superfícies internas dos grupos B e F a aplicação foi realizada em dois estágios: a) potência de 3W, frequência de 20Hz e energia de 150mJ/p; b) potência de 1,9W, frequência de 20Hz e energia de 95mJ/pulso. Após a obturação com amálgama dos grupos A, B e F, os espécimes foram imersos em azul de metileno a 0,5% e a penetração do corante foi avaliada por um câmera montada em microscópio cirúrgico. O resultado comprovou que a penetração do corante foi significativamente menor nas raízes irradiadas pelo laser, em comparação com as não irradiadas pelo laser. Assim, concluiu-se que o laser de Nd:YAG reduz a permeabilidade em raízes resseccionadas.

Stabholz *et al.*, em 1992b, avaliaram, através de MEV, a superfície de corte de dentes irradiados com Nd:YAG. Para a realização do estudo, 18 dentes unirradiculares foram preparados químicocirurgicamente e, em seguida, tiveram seus 3mm apicais seccionados com pontas montadas diamantadas em alta rotação. Ademais, receberam preparo com pontas montadas em baixa rotação para retrobturação. Dois grupos - um controle - com 9 dentes cada, foram submetidos ao tratamento proposto. A irradiação, na primeira vez, foi realizada com os seguintes parâmetros: 3W de potência, frequência de 20Hz e energia de 150mJ/pulso; na segunda vez, a irradiação foi realizada com 1,9W, 20Hz e 95mJ/pulso. Após a irradiação, os espécimes foram preparados para MEV, a qual evidenciou uma superfície fundida e recristalizada, aparentemente incompleta e descontínua em algumas áreas.

Vickers *et al.*, em 1992, estudaram os efeitos da ablação pela irradiação com laser de Er:YAG sobre o esmalte e dentina de dentes humanos extraídos.

Os dentes após a extração ficaram armazenados em solução salina estéril ou em solução de formalina a 10%. O laser de Er:YAG foi aplicado sobre os espécimes em uma área de 0,6mm de diâmetro. A energia variou de 0,01 a 0,63J/pulso em seqüência de 10, 20, 30, 40 e 50 pulsos. A análise por MEV foi realizada relacionando a profundidade das crateras com a energia usada para criá-las. Como resultado, os autores relatam que nos dentes armazenados em solução salina, fissuras foram encontradas no esmalte adjacente e a estocagem em formalina fez com que a ablação em esmalte e dentina fosse menos intensa.

Ainda em 1992, White *et al.*, publicaram um estudo sobre a temperatura e a profundidade de penetração do laser de Nd:YAG. Submeteram terceiros molares livres de cárie à irradiação com laser de Nd:YAG - parâmetros variaram de 0,3 a 3,0W, 10 a 30Hz e 30 a 150mJ/pulso. Para o esmalte, a temperatura de superfície após irradiação foi de $57 \pm 11^{\circ}\text{C}$ (parâmetros: 1W e 10Hz, 1s). Para dentina, todas as potências e freqüências testadas, no tempo de 1s, apresentaram temperaturas inferiores a 50°C . Os autores relataram ainda que quando potência e tempo de exposição aumentaram, ambos, temperatura de superfície e penetração térmica, aumentaram. Quando comparado com pontas montadas, o laser aumentou a temperatura em menores níveis, para tratamentos rápidos e com freqüências e potências baixas. Como conclusão, os autores deduziram que o laser de Nd:YAG pode ser utilizado em esmalte e dentina sem efeitos térmicos pulpares e, além disso, a temperatura criada pela irradiação seria capaz de ablacionar tecidos orgânicos e fundir superfícies inorgânicas do esmalte e da dentina. Além disso, ressaltam que apesar das temperaturas atingidas com a irradiação, o diâmetro da área quente na superfície e, a distância de penetração em direção à polpa foram significativamente inferiores àquelas obtidas com as pontas montadas.

Arens *et al.*, em 1993, compararam a permeabilidade dos túbulos dentinários após apicectomia pelo método convencional e com laser. Para isso utilizaram 20 raízes que foram previamente instrumentadas e obturadas com guta-percha pela técnica da condensação lateral. Com uma ponta montada seccionaram-se os ápices de 10 dentes (GI), enquanto o restante (GII) foi

seccionado com a fibra de um laser de Nd:YAG pulsado de 35W, capaz de resfriar a superfície com ar e água. Com exceção do ápice, a superfície foi coberta com cera azul e as amostras armazenadas por 36 horas em solução 2,5% de azul de metileno. O resultado indicou penetração linear de 2,4mm no grupo 1 enquanto no grupo 2 esse valor foi de 0,9mm, indicando, segundo os autores, que a apicectomia com laser parece diminuir a permeabilidade dos túbulos dentinários.

Bahcall *et al.*, também em 1993, compararam por MEV a instrumentação de canais radiculares realizada pela técnica convencional e por laser. Para isto, utilizaram 20 incisivos centrais superiores que foram divididos em 2 grupos de dez dentes cada. No primeiro grupo os dentes foram tratados convencionalmente até a lima tipo Kerr #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 lima tipo Kerr #20 (1mm aquém do ápice) e, em seguida, aplicado o laser de Nd:YAG. Após a secção dos dentes, foi realizada MEV, onde foi evidenciado que a exposição dos túbulos dentinários era achado comum em ambos os tratamentos, seja com laser seja convencionalmente. Os autores concluíram que o tratamento a laser é efetivo no preparo de canais radiculares, proporcionando resultados semelhantes àqueles alcançados pela preparação mecânica.

Paghdiwala, 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 unirradiculares humanos que receberam tratamento endodôntico e, em seguida, 12 deles foram submetidos a ressecção com um laser de Er:YAG, pulsado ($\lambda=2,94\mu\text{m}$), energia de 50 a 90mJ/pulso e 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 sua ressecção realizada com pontas montadas diamantadas em alta rotação e com "spray" de ar-água. Após a ressecção dos dentes, a análise por MEV permitiu concluir que nos espécimes onde houve 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 energia de 70mJ/pulso. Uma avaliação por microscópio óptico revelou um aspecto superficial granular e irregular nas amostras, que permaneceram secas durante a irradiação pelo laser.

Stabholz *et al.*, em 1993a, avaliaram os efeitos do laser de Excimer ArF193 sobre os túbulos dentinários de 15 molares humanos extraídos. Uma ponta montada diamantada foi usada para remover a camada de cimento e expor os túbulos dentinários e cada fatia formada foi dividida em quatro quadrantes iguais. O laser foi aplicado em três dos quatro quadrantes, restando um para controle. A irradiação foi realizada tendo como parâmetros: A: 0,2J/cm²; B: 0,5J/cm²; C: 1,0J/cm²; D: 5,0J/cm² e E: 15J/cm²; frequência de 25 Hz e tempo de exposição de 5s para cada quadrante. Através de MEV constataram que a irradiação laser com energias de 0,2J/cm²; 0,5J/cm² e 1,0J/cm² não foi efetiva, entretanto, com 5 e 15J/cm² observou-se significativa remoção da dentina peritubular, fusão e ressolidificação.

Em 1993b, Stabholz *et al.*, estudaram a obliteração dos túbulos dentinários expostos pelo laser de XeCl Excimer. Para esse trabalho, utilizaram 15 dentes humanos extraídos, que foram seccionados em 15 partes de 3mm de espessura. Com uma ponta montada diamantada, o cimento foi removido e os túbulos dentinários expostos. Cada espécime foi dividido em quatro quadrantes iguais. Em três desses quadrantes foi aplicado o laser de XeCl Excimer por 4s/quadrante com densidade de energia de: grupo A: 0,5J/cm²; grupo B: 0,7J/cm²; grupo C: 1,0J/cm²; grupo D: 4,0J/cm²; grupo E: 7,0J/cm², e taxa de repetição de 25 Hz. O quarto quadrante foi usado como controle. Após MEV constatou-se que o grupo controle apresentou numerosos túbulos dentinários expostos, entretanto, os espécimes do grupo C mostraram a presença de dentina fundida a qual obliterou os túbulos dentinários. Nos grupos D e E havia ruptura dessa dentina fundida e exposição dos túbulos dentinários. Os autores concluíram que o laser de XeCl Excimer aplicado com a potência correta é capaz de obliterar os túbulos dentinários expostos.

Miserendino *et al.*, em 1994, estudaram, em coelhos, a resposta microscópica da polpa, tecidos periapicais, ligamento periodontal de suporte e osso alveolar adjacentes. Utilizaram neste estudo 17 coelhos e em cada animal foi realizado um tratamento: os incisivos direitos superiores e inferiores foram tratados com um laser de Nd:YAG (12W, pressão de água ajustada no automático e a pressão de ar a 2,4psi) com uma fibra óptica de 600µm em modo contato sobre o esmalte por um período de 5s. Para os outros dentes foi usada uma ponta montada cilíndrica de 1mm para obtenção da cavidade de 1mm. Os animais foram sacrificados 48h, 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 a laser, os tratados com ponta montada e o grupo controle.

Wong *et al.*, em 1994, conduziram um estudo “in vitro” para comparar o selamento apical conseguido usando obturação retrógrada de amálgama ou laser de Nd:YAG. Dentes humanos extraídos foram aleatoriamente divididos em grupos que tiveram seus ápices tratados com laser ou obturados com amálgama. Posteriormente à instrumentação e obturação, foi criado um reservatório para bactérias na porção coronal do canal. Os dentes que iriam receber retrobturação tiveram seus ápices preparados e o amálgama posicionado. Aqueles que seriam submetidos à irradiação não receberam preparo apical. Os espécimes e o meio de cultura foram esterilizados por irradiação e *Streptococcus salivarius* foi depositado no reservatório. Em intervalos determinados, as possíveis alterações de cor do meio de cultura eram observadas através de um indicador fixo em uma câmara. Os espécimes que mudavam de cor estavam colonizados com *S. salivarius*. Sob as condições propostas pelo trabalho, segundo os autores, não houve diferença estatisticamente significativa em termos de infiltração entre o grupo tratado com laser e os retrobturados com amálgama.

Aun & Silva, ainda em 1995, pesquisaram a capacidade de o laser de CO₂ ocluir os túbulos dentinários após fusão e recristalização da superfície dentinária. Assim, 48 caninos humanos extraídos, apicectomizados e obturados via retrógrada, após preparo cavitário padronizado foram divididos em 6 grupos

diferentes: a) amálgama; b) amálgama após aplicação do laser; c) CIV; d) CIV após aplicação de laser; e) controle negativo e f) controle positivo. Utilizou-se um laser de CO₂, com 5W, sendo a área de aplicação de 1,5mm de diâmetro e o mesmo desfocado a 2mm do objeto. Após imersão em azul de metileno, a infiltração marginal foi observada em microscopia óptica de comparação e em todos os grupos verificou-se presença de corante. Os autores concluíram que os maiores níveis de penetração foram observados no grupo F, seguido pelo grupo B e os menores níveis de infiltração foram observados no grupo D, onde houve irradiação com laser seguida pela retrobturação com ionômero de vidro.

Fegan & Steiman, em 1995, conduziram um estudo "in vitro" para verificar a capacidade antimicrobiana do laser de Nd:YAG. Oitenta espécimes foram preparados até lima #35 e posteriormente esterilizados com óxido de etileno. Depois da esterilização, receberam inoculação de *Bacillus stearothermophilus*. Os oito grupos foram assim divididos: (1) controle estéril; (2) controle positivo, sem tratamento; (3) instrumentação manual com água estéril; (4) instrumentação manual com NaOCl a 5,25%; (5) instrumentação ultra-sônica com água estéril; (6) instrumentação ultra-sônica com NaOCl; (7) laser Nd:YAG (3W, 20 pulsos, 1 minuto) com água estéril e (8) laser de Nd:YAG nas mesmas condições com NaOCl. O resultado obtido6 50artir das unidades formadoras de colônia em ágar-sangue indicaram: (a) todos os grupos tratados com NaOCl efetivamente tiveram o número de bacilos inibidos; (b) instrumentação manual e ultra-sônica com água estéril não desinfetaram efetivamente o canal; (c) o Nd:YAG foi efetivo na inibição do crescimento do bacilo. Os efeitos do laser de Nd:YAG na bactéria mais comumente encontrada no interior dos canais faz dele um valioso instrumento para redução bacteriana.

Miserendino *et al.*, em 1995, estudaram os efeitos de um laser de Nd:YAG, pulsado 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 Kerr #35 e irrigados com solução de hipoclorito de sódio a 5,25%. Os dentes foram divididos, a saber: o grupo 1 - 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 50Hz e duração de pulso de 0,8ms. Os dentes foram colocados em azul de metileno a 2% durante 24 horas. Em seguida foram seccionados, fotografados e comparados por microscopia óptica para avaliar a penetração do corante. Os espécimes foram também 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. Concluiu-se que a permeabilidade de dentes tratados com laser foi menor do que a dos dentes não irradiados.

Em 1996, Gouw-Soares *et al.* 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, 250-500µs, com comprimento de onda de 2,94 µm) 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 da dentina. Utilizaram-se para o estudo três grupos de dez espécimes cada, sendo o grupo I (laser de Er:YAG, energia de 250mJ, frequência de 6Hz e densidade de energia de 35,31J/cm²); o grupo II (laser de Er:YAG, energia de 400mJ, frequência de 6Hz e densidade de energia de 56,50J/cm²); grupo III (pontas montadas "carbide" de tungstênio montadas em peça de mão de alta velocidade - grupo controle). Após a apicectomia das raízes em 3mm aquém do ápice e perpendicular ao 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. 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 lama dentinária, ausência de danos estruturais, sem fendas, fusão ou carbonização.

Gutknecht *et al.*, em 1996a, avaliaram "in vitro" o efeito bactericida da irradiação intra-canal com laser de Nd:YAG. Nesse estudo, canais radiculares

de dentes humanos extraídos foram preparados química e cirurgicamente, esterilizados e inoculados com 10 μ l de suspensão de *Enterococcus faecalis* e divididos em 2 grupos: (a) controle e (b) irradiados intra-canal com o laser de Nd:YAG, modo pulsado, duração de pulso de 100 μ s através de fibra óptica de quartzo flexível, utilizando parâmetros de 100mJ de energia, 15Hz de frequência e 1,5W de potência média, com o tempo de exposição total de 40 segundos. A fibra óptica introduzida no interior do canal no comprimento real de trabalho, com a extremidade na região do ápice, foi utilizada para irradiar com movimento helicoidal de apical para cervical, durante 10 segundos por 4 vezes. A concentração de bactérias na suspensão retirada do interior de cada canal era calculada correlacionando o número de colônias às diluições correspondentes. Os resultados foram equivalentes a uma redução bacteriana média de 99,91% com a utilização do laser. Os autores mencionam ainda que os parâmetros do laser utilizados nesse trabalho podem ser considerados como ideais para se utilizar "in vivo" intra-canal.

Gutknecht *et al.* (1996b) conduziram uma pesquisa clínica e radiográfica de 3 anos, estudo onde avaliou-se 517 dentes com processos periapicais de 5mm de diâmetro ou mais, correspondendo a 863 canais tratados endodonticamente e indicados para retratamento conservador. Após o procedimento de desobturação, os canais foram irradiados com o laser de Nd:YAG como coadjuvante para a desinfecção do canal radicular, utilizando-se os seguinte parâmetros: 100mJ de energia, 1,5W de potência média e 15Hz de frequência, em duas consultas: após instrumentação do canal e imediatamente antes da obturação. Nos casos considerados mais complicados ou com lesões periapicais mais extensas, esse procedimento foi realizado 2 ou 3 vezes por semana. O sucesso no tratamento foi considerado a partir da redução da imagem radiolúcida ao exame radiográfico após 3 a 12 meses, livres de sinais e sintomas. De acordo com esse critério, os autores obtiveram sucesso em 86% dos casos

Em 1996, Maillet *et al.*, conduziram um estudo para avaliar a compatibilidade do tecido apical residual após ressecção apical com Nd:YAG

(parâmetros: 15W através de fibra óptica de 400 μ m, com "spray" de ar e água) e com pontas montadas. Para a realização do estudo, 25 raízes de dentes humanos, extraídos e tratados endodonticamente, foram seccionadas em discos de 3,5mm de espessura e, de maneira alternada, tratados com laser e ponta montada de tungstênio. Um total de 63 discos foi implantado sub-cutâneo no dorso de 16 camundongos e depois removido em períodos de 3, 7, 14, 28, 60 e 90 dias. Após ser processado para microscopia óptica, o tecido foi avaliado quanto à intensidade e extensão da inflamação, bem como em relação à espessura da cápsula fibrosa. Os autores concluíram que nos grupos em que se aplicou o laser a reparação ocorreu de forma mais lenta.

Dostálová *et al.*, em 1997, pesquisaram o efeito da ablação do laser de Er:YAG sobre dentes humanos "in vivo". Foram utilizados quatro pré-molares humanos hígidos que seriam extraídos 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 tinha 5mm de diâmetro e 3mm de profundidade. Após a extração, os dentes foram descalcificados e cortados em 172 secções a fim 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 danos 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.

Komori *et al.*, em 1997, realizaram um trabalho para verificar a aplicação clínica do laser sobre os tecidos duros dentários através de secções radiculares em elementos humanos extraídos. Para isso, utilizaram um laser de Er:YAG, com 8Hz e 350mJ por pulso e um laser de Ho:YAG com 10Hz e 1mJ por pulso, ambos aplicados sob irrigação. Um laser de CO₂ contínuo com potência de 10W (sem irrigação) e pontas montadas foram usados como controle. Dezesesseis dentes humanos unirradiculares 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 causou áreas de fusão na região irradiada; a abertura de túbulos dentinários era parcialmente visível e a completa obturação do canal foi mantida;

b) O laser de Ho:YAG promoveu o aparecimento de muitas fendas e espaços vazios entre a guta-percha e as paredes do canal radicular; uma área de fusão foi observada com maior aumento; alguns túbulos dentinários estavam obturados pela fusão, mas a maior parte deles apresentava-se abertos;

c) O laser de CO₂ promoveu uma carbonização completa e notaram-se espaços vazios entre a guta-percha e as paredes do canal radicular;

d) A ponta montada permitiu um acúmulo de lama dentinária e espaços vazios entre a guta-percha e as paredes do canal radicular.

A microscopia óptica revelou que com o laser de Er:YAG observa-se uma limpeza da superfície, ausência de destruição por alterações térmicas e a manutenção da obturação do canal; o laser de Ho:YAG apresenta descoloração, fendas e espaços vazios entre a guta-percha e as paredes do canal radicular.

Lage-Marques (1997), analisou os efeitos da irradiação dos lasers de Nd:YAG, CO₂ e Argônio sobre a permeabilidade dentinária da superfície apical de dentes apicectomizados e retrobturados. Oitenta e quatro caninos extraídos e tratados endodonticamente tiveram seus 3mm apicais seccionados perpendicularmente ao longo eixo da raiz. Além disso foram preparadas retrocavidades. Os espécimes foram divididos em 21 grupos experimentais de acordo com o material retrobturador (amálgama de prata, ionômero de vidro e resina composta), tipo de laser (Nd:YAG, CO₂ e Argônio) e momento da irradiação (antes ou depois da retrobturação). Depois de submersos em azul de metileno, as amostras foram seccionadas em 1mm de espessura no sentido ápico-cervical para análise, em microscopia óptica, da infiltração longitudinal e lateral do corante indicador; os ápices foram preparados para microscopia eletrônica de varredura. O autor concluiu que a irradiação da superfície

dentínaria após apicectomia e retrobturação produziu uma alteração morfológica capaz de diminuir a média de infiltração do corante na maioria dos grupos experimentais.

Liu *et al.*, 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 fatias de 3mm de espessura, perfazendo um total de 36 espécimes que foram divididos em três grupos. Os grupos A e B receberam irradiação com o 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). Foram observadas, através de MEV, modificações na superfície dentinária de todos os espécimes. As amostras irradiadas apresentaram fusão 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.

Também em 1997, Moritz *et al.*, examinaram, "in vitro", os efeitos do laser de CO₂ CW em apicectomias. Fatias e condutos foram irradiados com 0,5W por 20 segundos. A comparação com as amostras não irradiadas revelou que o laser reduziu a penetração do corante e a irradiação do conduto resultou em satisfatório selamento das paredes. Esses resultados foram também confirmados por microscopia eletrônica de varredura. O selamento dos túbulos dentinários e a redução bacteriana fazem do laser de CO₂, segundo os autores, um instrumento valioso para utilização na clínica.

Schaller *et al.*, 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 quatro grupos (sendo um controle) e irradiados com diferentes energias:

- a) grupo A: 3 x 60s, 60 mJ;
- b) grupo B: 3 x 60s, 90 mJ;
- c) grupo C: 3 x 60s, 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-se uma solução de Ringer sob pressão de 30cm de H₂O em uma máquina com câmara para realizar a cisão.

As medidas da permeabilidade foram realizadas três vezes, previamente ao tratamento com laser e após o mesmo e seis vezes após o condicionamento em ácido fosfórico a 32%. Os autores verificaram assim que o laser de Nd:YAG apresentou significativa influência na alteração da permeabilidade dentinária. As modificações na dentina que favorecem a resistência ao ácido foram encontradas no grupo C, entretanto os autores não julgam ser vantajoso a utilização desse procedimento como rotina.

Em 1998, Anic *et al.* estudaram e compararam as mudanças morfológicas sobre a superfície dentinária, induzida pela luz laser aplicada paralela ou perpendicularmente à superfície. Foram utilizados 15 terceiros molares e cinco dentes unirradiculares. Os dentes foram cortados em fatias de 1,5mm de espessura e divididos em quatro quadrantes: no primeiro foi usado o laser de Argônio, no segundo o laser de CO₂, no terceiro, o laser de Nd:YAG e o quarto grupo foi usado como controle. Nos dentes unirradiculares os canais foram instrumentados até a lima tipo Kerr #45 usando 5ml de NaOCl a 1,25% e 5ml de H₂O a 3% como irrigação e, em seguida, foram irradiados por meio de fibras ópticas, com os lasers de Argônio e Nd:YAG, e também com pontas metálicas, com o laser de CO₂ utilizando-se 1W e 0,1s. Após MEV foi constatado que, quando o feixe laser foi posicionado paralelamente à dentina, observou-se variação desde a ausência de efeito até a corrosão e fusão. Quando foram posicionados perpendicularmente, os três tipos de laser produziram crateras bem definidas. Portanto, o ângulo do feixe laser em relação à superfície a ser irradiada pode ser um fator decisivo na quantidade de energia absorvida e conseqüentemente nas alterações morfológicas produzidas pelo laser.

Barbakwo *et al.*, também em 1998, pesquisaram os efeitos do laser de Nd:YAG sobre as paredes dos canais radiculares. Usaram, para este estudo 36 incisivos centrais superiores divididos em quatro grupos. Todas as raízes foram entalhadas a 2, 6 e 10mm dos ápices. Após o preparo biomecânico, as paredes dos canais radiculares foram irradiadas por duas vezes, durante 1min cada. Em cortes longitudinais do material foram observadas, através de microscópio óptico e em MEV, a presença de "debris", lama dentinária e recristalização da dentina. O grupo 1 (controle) não foi irradiado; o grupo 2 foi irradiado utilizando-se os parâmetros: $159\text{J}/\text{cm}^2$, 0,75W e 15pps; o grupo 3: $239\text{J}/\text{cm}^2$, 1,5W e 20pps e o grupo 4: $318\text{J}/\text{cm}^2$, 2,5W e 25pps. Como resultado, o estudo demonstrou que ocorre carbonização e que a mesma aumenta com a elevação da energia. Nos níveis avaliados, a quantidade de "debris" e de lama dentinária foi significativamente diferente entre os quatro grupos.

Camargo *et al.*, também em 1998, conduziram um estudo cujo objetivo foi avaliar, através de microscopia eletrônica de varredura, a superfície de corte e a obturação retrógrada realizada com laser de Er:YAG e outras duas técnicas convencionais. Um total de 30 dentes humanos foi dividido em dois grupos: GI - apicectomia realizada com alta rotação e ponta montada diamantada e GII - apicectomia com laser de Er:YAG (400mJ de energia, frequência de 6Hz, focado e sob refrigeração). Cada grupo foi dividido em 3 subgrupos assim distribuídos: GIA e GIIA, retrobturação realizada com baixa rotação e ponta montada; em GIB e GIIB utilizou-se ENAC; para os grupos GIC e GIIC, utilizou-se laser de Er:YAG nos parâmetros anteriormente descritos. Os resultados mostraram superfície lisa, sem "debris" ou lama dentinária no grupo II (laser) comparado ao grupo I. Segundo os autores, diferenças também foram notadas quando as cavidades para retrobturação foram analisadas. Concluíram que o laser produz uma superfície limpa e sem sinais de danos térmicos, além de produzir uma cavidade irregular, com paredes dentinárias limpas e sem "debris" ou lama dentinária.

Em sua pesquisa, Friedman *et al.*, em 1998, avaliaram a utilização do laser de Nd:YAG sobre a superfície radicular antes da reimplantação dentária. Foram utilizados 12 pré-molares birradiculares superiores e inferiores de cães, que tiveram suas câmaras pulpares inoculadas com placas e seladas com CIV. Quatro pré-molares adicionais que serviram de controle foram tratados endodonticamente e tiveram as suas câmaras pulpares seladas sem inoculação de placa. Após duas semanas os dentes foram hemi-seccionados, sendo retirada uma área de 2 x 3mm de dentina da superfície da raiz vestibular e da lingual, as quais foram lavadas com EDTA 15% e secas. No grupo 1, as 12 raízes, e mais as quatro do grupo 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 300 μ m; 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 resultado, foi comprovada reabsorção inflamatória em nove raízes do grupo 1, 11 raízes do grupo 2 e nenhum dos controles, sendo que as raízes do grupo 1 revelaram mais locais de reabsorção inflamatória do que as do grupo 2. Os autores 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.

Koba *et al.*, 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 Kerr #40 e irradiados pelo laser de Nd:YAG com comprimento de onda de 1,064 μ m e sistema de entrega por fibra de 320 μ m. Foram utilizados os seguintes parâmetros: 1W, 15pps durante 2, 3 e 4s; 2W, 15pps por 2s. Os cães foram sacrificados imediatamente, uma, duas e quatro semanas após irradiação. As amostras foram seccionadas com espessura de 25 μ m e a morfologia das lesões periapicais foi observada por meio de um microscópio óptico. Quanto à efetividade na remoção de "debris" da região

apical, os autores verificaram que o grupo controle apresentava “debris” contendo pedaços de dentina na região apical de todos os canais; para os grupos tratados por laser 1W por 2s a efetividade foi de 33% e para 2W por 2s foi de 91,7%. Foi observado carbonização para os grupos irradiados por laser, exceto para os parâmetros 1W e 2s. Constatou-se 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.

Uma análise em 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.*, em 1999, utilizando trinta pré-molares humanos. Os canais foram instrumentados e, em seguida, secos com cones de papel e divididos em três grupos de dez dentes, grupo 1: irradiação com o 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 10s sendo repetido esse procedimento por quatro vezes; o grupo 2: irradiação com laser de Nd:YAG, energia de 100mJ e 15Hz utilizando o mesmo método de irradiação descrito para o grupo anterior; o grupo 3: irradiação com laser de Er:YAG como no grupo 1 e subsequente irradiação com o laser de Nd:YAG como no grupo 2. Após MEV, os autores 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 evidenciada a presença de fusão e recristalização da dentina com obliteração de alguns túbulos dentinários. No grupo 3, foi notada a obliteração de alguns túbulos dentinários.

Ainda em 1998, Zhang *et al.*, realizaram uma investigação “in vitro”, sobre os efeitos da irradiação do laser pulsado de Nd:YAG, utilizando diferentes iniciadores, sobre a permeabilidade e estrutura das paredes dentinárias do canal radicular. Foram utilizados quarenta dentes humanos unirradiculares extraídos, nos quais foi realizado o preparo biomecânico até a lima tipo K #40, com o comprimento de trabalho estabelecido a 1 mm do ápice radicular e utilizando-se o NaOCl a 5,25% e H₂O₂ a 3% como irrigadores. Em seguida, os dentes foram divididos em quatro grupos, onde: o grupo 1 foi

mantido como controle, portanto, não foi irradiado; o grupo 2 foi irradiado através de uma fibra óptica de 320 μ m sob refrigeração; no grupo 3 foi introduzida uma ponta de algodão contendo tinta negra durante 10s e, posteriormente, irradiados pelo mesmo método do grupo 2; no grupo 4, o iniciador usado foi o $\text{Ag}(\text{NH}_3)\text{F}$ 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 150 μ s. 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 significativas entre os grupos 4 e 3, 4 e 1 e 4 e 2. A MEV demonstrou que somente a irradiação não é capaz de provocar efeitos sobre as paredes dentinárias do canal. A superfície preparada por $\text{Ag}(\text{NH}_3)\text{F}$ para receber o laser apresentou fusão, evaporação da lama dentinária e abertura dos túbulos. O corante tinta negra foi mais efetivo do que o $\text{Ag}(\text{NH}_3)\text{F}$ como iniciador para a irradiação por laser de Nd:YAG.

Em 1999, Camargo *et al.* avaliaram a permeabilidade dentinária na superfície apical de corte preparada com Er:YAG e tratada com Nd:YAG, comparando-as com a técnica convencional. Um total de 56 dentes humanos extraídos foram divididos em 4 grupos de 14. No grupo I a apicectomia foi realizada com peça de mão e ponta montada diamantada. O grupo II foi preparado como o grupo I e irradiado com o Nd:YAG (1W, 15Hz antes da obturação retrógrada). No grupo III, o laser de Er:YAG (400mJ, 6Hz, focado e sob refrigeração) foi utilizado. No grupo IV foi realizado o mesmo procedimento do grupo III com Nd:YAG (1W e 15Hz). O resultado foi que o laser de Nd:YAG reduziu a permeabilidade ao azul de metileno quando comparado com os grupos não irradiados. O laser de Er:YAG mostrou maior porcentagem de penetração do corante.

Também em 1999, Cussioli *et al.* 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 utilizada como

irrigante 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. Foi usada uma solução de sulfato de cobre a 2% para evidenciar a permeabilidade dentinária; a penetração de íons de 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 como irrigante mais laser de Er:YAG promoveu aumento da permeabilidade dentinária. O uso do laser e da solução de hipoclorito de sódio como irrigadora demonstraram uma capacidade intermediária de aumento da permeabilidade dentinária.

Gouw-Soares *et al.*, em 1999, avaliaram "in vitro" a alteração morfológica da dentina após apicectomia com Er:YAG e seguida da irradiação com Nd:YAG. Trinta dentes humanos foram selecionados e, após tratamento endodôntico, foram divididos em 3 grupos: G1 - apicectomia com Er:YAG, retrobturação com amálgama; G2 - apicectomia com Er:YAG, retrobturação com amálgama e irradiação de Nd:YAG; G3 (controle) - apicectomia com Er:YAG sem retrobturação. Os parâmetros para o laser de Er:YAG foram 450mJ e 4Hz e, para o Nd:YAG, 100mJ, 15Hz e 1,5W. A MEV mostrou que após a ressecção com Er:YAG a superfície encontrou-se limpa, sem lama dentinária e com os túbulos abertos; após o Nd:YAG observou-se fusão e recristalização, sem fendas e rachaduras. A análise estatística mostrou maior penetração do corante azul de metileno no grupo 3. O grupo 2 infiltrou menos que o grupo 1, porém sem diferença estatisticamente significativa entre ambos. Os autores concluíram que nas condições propostas pelo trabalho, a associação do laser de Er:YAG e Nd:YAG pode ser considerada uma alternativa clínica.

A ação bactericida dos lasers de Er:YAG, Nd:YAG e Ho:YAG, foi avaliada por Moritz *et al.*, em 1999. Utilizando-se dentes extraídos, endodonticamente tratados e inoculados com suspensão de *Enterococcus*

faecalis e *Escherichia coli*, os autores conduziram o estudo "in vitro". O laser utilizado no estudo foi o protótipo ONYX-multiwave fabricado pela LMS (Laser Medical Devices, Eisenstadt, Áustria) que apresenta 3 comprimentos de onda diferentes: Er:YAG (2,94 μ m); Nd:YAG (1,064 μ m) e Ho:YAG (2,10 μ m). Os parâmetros de irradiação intra-canal com os lasers foram de 10Hz de taxa de repetição com 0,8W ou 1,5W de potência média, com extremidade da fibra óptica no comprimento real de trabalho, irradiando 4 vezes durante 5s, perfazendo um total de 20s, com movimentos helicoidais de apical para cervical. Os melhores resultados foram obtidos com o laser de Er:YAG com eliminação bacteriana média de 99,64%, seguida do laser de Nd:YAG com 99,16% e o laser de Ho:YAG com 99,05%, não havendo, no entanto, diferença estatisticamente significante entre os três valores médios

Carvalho *et al.*, em 2000, obtiveram diminuição da permeabilidade da superfície dentinária do conduto radicular com a irradiação intra-canal do laser de Nd:YAG. No seu estudo "in vitro", com parâmetros de 100mJ de energia, 1,5W de potência média e 15Hz de frequência, os autores relataram maior adaptação do material obturador à superfície dentinária do conduto e, conseqüentemente, menor infiltração do corante azul de metileno quando comparado com a permeabilidade obtida irradiando-se o material com laser de Er:YAG com parâmetros de 120mJ, 10Hz e 1,2W.

Lan *et al.*, 2000, analisaram as alterações morfológicas de superfícies com ou sem lama dentinária, irradiadas com os lasers de Nd:YAG e CO₂. Para tanto, foram obtidas 81 amostras dentinárias de 3mm de espessura, da porção coronária de terceiros molares. As superfícies dentinárias foram desgastadas com granulações diferentes de tal maneira a formar lama dentinária na superfície. Metade das amostras foram tratadas com EDTA 14% durante 2 minutos para remover a lama dentinária. A irradiação foi realizada perpendicularmente à superfície das amostras, a uma distância focal de 1mm da superfície, durante 4s. A emissão da irradiação do laser de CO₂ (LX-20 dental laser; Luxar Corp., Bothell, WA) foi dada através de uma lente de 800 μ m de diâmetro e o laser de Nd:YAG (Contaclase, DLC-8, SLT; Tokio, Japan),

através de fibra óptica de 400 μ m de diâmetro. Os parâmetros de irradiação para o laser de Nd:YAG foram: 50mJ, 100mJ, 150mJ com 10pps, 20pps e 30pps; para o laser de CO₂: 2W, 3W e 4W, com pulsos de 5ms, 20pps; 10ms, 10pps; 20ms, 20pps; 50ms, 2pps; 100ms, 2pps e 200ms, 2pps. Os resultados com o laser de Nd:YAG mostraram a formação de crateras e fusão da superfície dentinária, principalmente nas amostras com lama dentinária. O laser de CO₂ produziu extensas linhas de fratura principalmente sobre as superfícies com lama dentinária, enquanto que a formação de crateras e erosão foi encontrada nas amostras sem a camada de lama dentinária.

2.3. Microinfiltração e Obturação Retrógrada

A endodontia vem ao longo das décadas tentando encontrar um material que promova um selamento efetivo do sistema de canais e conseqüentemente impeça o trânsito de agentes irritantes entre as paredes da retrocavidade ou superfície dentinária de corte e o periodonto periapical. Dessa maneira, vários estudos vem sendo conduzidos com a intenção de avaliar a capacidade seladora de alguns materiais empregados na retrobturação. Em 1975 Moodnik *et al.*, em 1975, através de microscopia eletrônica de varredura, analisaram as falhas de adaptação do material de retrobturação, amálgama de prata, confirmando a falta de adaptação marginal variando de 6 μ a 150 μ .

Abdal *et al.*, em 1982, realizaram um estudo com 70 incisivos centrais para verificação quantitativa de infiltração marginal da interface material/parede do canal. Os materiais retrobturadores utilizados foram: Guta percha (A) reforçada com Adaptic (B), ASPA (C), cupralloy sem (D) e com (E) verniz, Superalloy sem (F) e com (G) verniz. A análise de variância revelou diferenças estatísticas significativas em relação à microinfiltração e o teste de Tukey mostrou as diferenças estatísticas entre os grupos. O resultado foi, por ordem decrescente de microinfiltração, o seguinte: D F A G E C B, sendo que entre D e F, e entre G E C e B houve diferença estatística entre grupos. Concluiu-se que o verniz deve ser usado juntamente com a técnica convencional ou com amálgamas com alto teor de cobre. Em relação ao Adaptic e o ASPA, que

apresentaram mínima infiltração, concluiu-se que são potenciais materiais retrobturadores.

Kaplan *et al.*, em 1982, investigaram a capacidade de selamento de alguns materiais retrobturadores (Amálgama, Guta percha e somente a apicectomia como controle). A partir da instrumentação e obturação de 90 elementos extraídos (incisivos centrais), os procedimentos apicais pertinentes a cada grupo foram realizados e os espécimes imersos em solução de azul de metileno a 2%. O amálgama, guta termoplastificada e controle apresentaram maior infiltração do que o grupo selado com guta convencionalmente. Os autores concluíram, portanto, que o melhor selamento foi obtido com a guta percha tradicional. Para Stabholz *et al.*, (1985), entretanto, o amálgama de prata é um dos materiais mais empregados em obturações retrógradas não só pelo amplo domínio e conhecimento de quem o emprega, bem como por suas características físico-químicas e biológicas.

Em 1985, Mattison *et al.* procuraram observar a infiltração apical através de análise eletroquímica em dentes com diferentes profundidades e composições de amálgama. Em um primeiro instante, os ápices de 10 dentes foram, cada um, obturados com amálgama com teor de zinco em profundidades de 1mm e 3mm, perfazendo um total de 20 espécimes. Uma segunda parte consistiu em obturar 10 ápices, cada qual com amálgama com teor de zinco após aplicação de verniz, amálgama sem zinco ou amálgama sem zinco e verniz, perfazendo um total de 30 espécimes, sendo todos com profundidade de 3mm. O resultado mostrou que 3mm de amálgama reduzem significativamente a infiltração apical, quando comparada à profundidade de 1mm. Ademais, a infiltração foi reduzida quando o verniz foi utilizado, indiferente à composição do amálgama.

Vertucci & Beatty em 1986, esclarecem que a exposição de túbulos dentinários durante a apicectomia e retropreparo pode elevar o índice de infiltração marginal, e sugerem o emprego de verniz cavitário como coadjuvante da técnica para o vedamento apical.

Flath & Hicks, em 1987, publicaram dois casos clínicos cirúrgicos, nos quais se realizou instrumentação retrógrada do canal com instrumento sônico e ultra-sônico. Para retrobturação utilizaram guta percha e "sealer". Atribuíram o sucesso desses tratamentos à remoção do "debris" e obturação satisfatória.

Swanson & Madison, em 1987, avaliaram a microinfiltração via cervical das obturações de canais radiculares. Para isso, utilizaram sessenta dentes unirradiculares que foram preparados e obturados com guta-percha e cimento obturador, pela técnica da condensação lateral. Após 48 horas, tempo de presa final do cimento, os espécimes foram colocados em saliva artificial por períodos de 3, 7, 14, 28 ou 56 dias. Em seguida, foram corados com tinta nanquim. Após avaliação dos espécimes, notaram que houve considerável penetração de corante em todos os grupos expostos à saliva artificial e não foram evidenciadas diferenças significativas entre eles. O grupo controle, que não foi exposto à saliva, não apresentou infiltração.

Em 1988, Barkhordar *et al.* realizaram um estudo "in vitro" para avaliar a habilidade de selamento do cianoacrilato como material retrobturador. Assim, utilizaram 50 raízes, as quais foram limpas, preparadas e distribuídas em 5 grupos. O conduto foi obturado com guta percha e cimento de Grossman e a porção apical (2mm) de cada espécime foi seccionada. O Grupo I foi preparado com ponta montada esférica e retrobturado com amálgama; no Grupo II realizou-se o preparo com ponta montada, duas camadas de verniz e amálgama; no Grupo III também foi feito o preparo com ponta montada e o isobutil cianoacrilato foi colocado diretamente no preparo apical; com o Grupo IV utilizou-se um instrumento aquecido para selar a guta percha e no Grupo V procedeu-se o selamento direto da guta, porém com um instrumento resfriado. Como resultado, verificou-se menor infiltração do azul de metileno a 1% no grupo com cianoacrilato, o que o torna um material potencial para utilização nas obturações retrógradas, segundo o autor.

Beltes *et al.*, em 1988, avaliando alguns materiais retrobturadores, indicaram o super EBA como um bom material por suas características de alta

adesividade, baixa solubilidade e excelente adaptação marginal, superando juntamente com o amálgama de prata e verniz, o Ketac-cem e a guta percha.

Ainda em 1988, Negm utilizou dentes humanos unirradulares recém extraídos que foram instrumentados e obturados com guta percha pela técnica da condensação lateral. Como objetivava avaliar o efeito do selante de fósulas e fissuras nas retrobturações, o autor promoveu a apicectomia e a retrobturação com guta na condensação lateral, amálgama e guta termoplastificada. O forame apical dos espécimes foi selado com Helioseal, Delton e Verniz. O resultado da análise estatística mostrou que a condensação lateral com guta, assim como o amálgama, produziram resultado estatisticamente significativo em comparação com a guta termoplastificada. O selamento do forame apical foi melhor obtido quando da utilização do Helioseal. O Delton não apresentou resultado na primeira semana, entretanto o fez após tal prazo. Já o verniz não apresentou resultados significativos. Observou-se que a penetração do corante através do material obturador e selador, independente da presença ou ausência do selador apical, pois o mesmo continuou e aumentou com o tempo.

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 compatível com a infiltração de um produto bacteriano de baixo peso molecular, Kersten & Moorer, 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 colocados nas aberturas coronárias de cada uma das raízes: esfera 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 preenchido com solução 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 pôde ser evitada 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.

Friedman em 1991 publicou um trabalho a respeito das intervenções retrógradas em endodontia, sugerindo na oportunidade que a obturação retrógrada deveria ser realizada como rotina durante as cirurgias apicais. Relatou ainda que a partir de uma revisão da literatura da última década ficou clara a indicação do amálgama de prata e verniz como materiais de escolha para a retrobturação

Em 1991, Holland *et al.*, 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 lima Kerr #40 e escalonados até #80. A obturação foi realizada utilizando a técnica da condensação lateral com cones de gutapercha e cimento: CRCS, Sealapex puro, Sealapex com duas quantidades diferentes do 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 horas. Ficou comprovado que o cimento de óxido de zinco e eugenol apresentou uma infiltração significativamente 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.

Há de considerar ainda, segundo Friedman, em 1991, que quando os ápices são submetidos a seccionamento que os miélos de túbulos dentinários ficam completamente expostos ao meio interno, criando um importante elo de comunicação entre o sistema de canais e os tecidos periapicais.

Canais laterais e túbulos dentinários também são os responsáveis pelo elo de comunicação entre o ligamento peridontal e a matéria orgânica decomposta, contida no sistema de canais radiculares. Por esse sistema não

selado ou portador de obturação parcial existirá sempre a passagem de microrganismos ou suas toxinas estimulando a presença de lesões periapicais (Ingle, 1974; Goldberg *et al.*, 1991).

Grande parte da infiltração é de estrita responsabilidade da falta de adaptação marginal da restauração, afirmam Ozata *et al.*, em 1993, que analisando materiais restauradores, encontraram melhores resultados quando do emprego de verniz associado ao ionômero de vidro.

Uma avaliação da infiltração marginal imediata e após o contato com a saliva em dentes tratados endodonticamente que receberam preparo para o núcleo foi realizada por Valera, em 1993. Para este trabalho foram utilizadas 108 raízes que receberam preparo biomecânico e foram obturadas 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.

Com o objetivo de avaliar a infiltração apical do corante associada a várias profundidades de retrobturação em ápices seccionados em três ângulos diferentes de corte, Gilheany *et al.*, em 1994, utilizaram 27 dentes unirradiculares armazenados em solução salina. Amostras foram divididas em grupos correspondendo ao ângulo de secção apical - 0, 30 ou 45 graus em relação ao longo eixo da raiz - e a infiltração foi determinada seguindo aumentos incrementais na profundidade de retrobturação (Ketac-silver). O resultado indicou que o aumento na profundidade correspondeu ao decréscimo na infiltração apical e, ainda, que há um aumento significativo também na infiltração se o ângulo aumenta. Portanto, os autores concluíram que as melhores profundidades para a cavidade de retrobturação são 1,0, 2,1 e 2,5mm para 0, 30 e 45 graus, respectivamente, como ângulos de secção. Além disso, os resultados indicaram redução da infiltração apical pela secção do ápice em um ângulo de zero grau em relação ao longo eixo do dente.

Ahlberg *et al.*, 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 Kerr e hipoclorito de sódio a 1%; os dois terços coronários foram preparados com brocas Gates Glidden e uma lima tipo Kerr #10 foi introduzida no interior do canal para eliminar os "plugs" de dentina e assegurar a forma do forame. As raízes foram obturadas com cones de guta-percha, variando o cimento de acordo com os grupos: G1-foi usado Sealapex (quarenta raízes); G2-foi utilizado o Tubli-seal (quarenta raízes); G3-foi usado o Ketac-endo (vinte raízes). As raízes restantes foram utilizadas como controles positivo e negativo. As raízes foram armazenadas em solução salina fisiológica a 37⁰C por 48h 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.

Tamse *et al.*, em 1998, compararam a extensão da infiltração apical de quatro corantes, avaliados por dois métodos comumente utilizados. Nesse estudo, foram utilizados 120 dentes unirradiculares 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 grupos 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 diferenças estatisticamente significantes 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 corantes, foi responsável pela principal diferença entre os resultados.

Testori *et al.*, em 1999, realizaram uma comparação entre técnicas cirúrgicas periapicais - tradicional e com instrumentos ultra-sônicos. O pós-operatório foi avaliado por dois operadores independentes com Rx periapical padronizado e cada observação radiográfica foi classificada de 1-4 nos grupos: cicatrização completa, incompleta, incerta e falha. Após um período de 4-6 anos o padrão de cicatrização foi de 68% para o método convencional e 85% para método ultra-sônico. Observaram ainda que o índice de sucesso aumentou ao longo do período. Concluíram que o instrumento ultra-sônico mostrou oferecer um melhor prognóstico em relação aos instrumentos rotatórios.

Aqrabawi, em 2000, realizou um estudo para comparar a infiltração apical do MTA após retrobturação com aquela ocorrida com amálgama e EBA. Para isso utilizou 79 condutos de dentes extraídos, que foram instrumentados e obturados pela técnica vertical com guta percha. Os espécimes foram aleatoriamente divididos em grupos com 25 elementos, a saber: GI - retrobturação com amálgama, GII - retrobturação com EBA e GIII - retrobturação com MTA. Após imersão em azul de metileno 1% por 72 horas, avaliou-se a infiltração em estereomicroscópio. Como resultado, 56% do grupo I e 20% do grupo II mostraram infiltração enquanto o MTA não mostrou infiltração, havendo diferença estatisticamente significativa entre os três grupos. Concluiu-se, portanto, que o MTA promove melhor selamento do que os outros materiais testados.

Diante da literatura exposta, parece-nos oportuno avaliar a permeabilidade dentinária de corte após apicectomia, retropreparo e posterior tratamento da superfície com os lasers de Er:YAG e Nd:YAG através de fibras ópticas.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Materiais

Na preparação das amostras necessárias a realização deste estudo foram utilizados os seguintes materiais:

- 24 dentes unirradiculres humanos extraídos;
- disco de *carburundum*;
- baixa rotação;
- endo PTC;
- hipoclorito de sódio a 0,5%;
- instrumentos tipo Kerr da 1ª série;
- cimento endodôntico N-Rickert;
- cones principais e secundários de guta-percha;
- espaçadores;
- placa de vidro;
- IRM;
- espátula 24;
- esmalte de unhas;
- solução de azul de metileno a 0,5%, pH 7,2.

4.2 Equipamentos

- ¹microscópio eletrônico de varredura
- ²sistema de laser pulsado Er:YAG – 2,94µm;
- ³sistema de laser pulsado Nd:YAG – 1,064µm.

¹Philips (modelo XL 30) do Centro de Ciências e Tecnologia de Materiais - IPEN

²Er:YAG laser KaVo Key 2 -Germany, LELO-FO-USP - Projeto FAPESP 97/10.823-0

³Nd:YAG laser - American Dental Technology-ADT/USA, LELO-FO-USP - Projeto Pós-Graduação

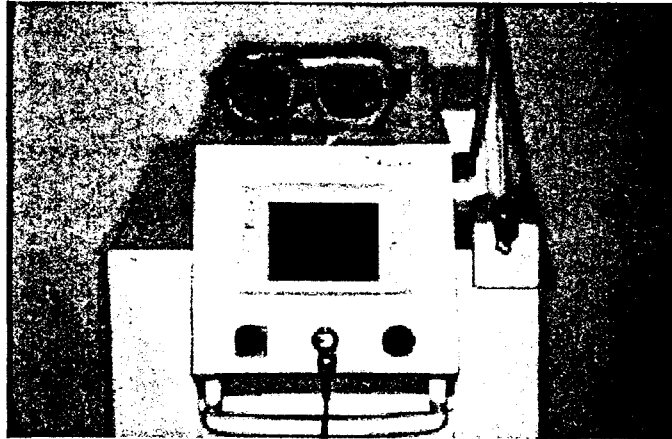


FIG. 4.1 Fotografia do laser de Er:YAG



FIG. 4.2 Fotografia da fibra 50/10

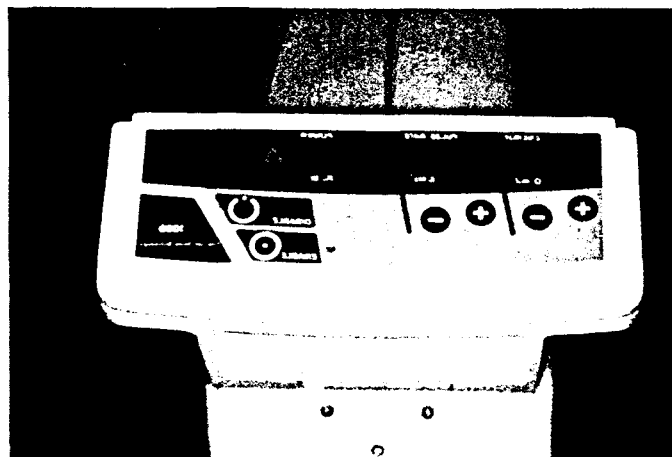


FIG. 4.3 Fotografia do laser de Nd:YAG

4.3 Métodos

4.3.1 Seleção de dentes

Após a aprovação pelos Comitês de Ética (parecer 021/CEP-IPEN/SP e 131/00 FOU SP), procurou-se, na seleção dos espécimes, optar por aqueles com o menor número de variáveis anatômicas, possibilitando maior padronização da metodologia. Foram selecionados 24 dentes humanos unirradiculares, existindo assim boa margem de simetria e regularidade entre as amostras. Realizou-se, ainda, radiografia de cada amostra e, após seleção, todos os espécimes foram limpos com pasta de pedra pomes e água, com o auxílio de taças de borracha montadas em baixa rotação.

4.3.2 Preparo dos espécimes e procedimento obturador

As coroas dos espécimes foram separadas das raízes utilizando disco de *carburundum* em baixa rotação. Todos os elementos foram preparados mecânica e cirurgicamente com limas endodônticas tipo Kerr, Endo PTC e irrigados com hipoclorito de sódio a 0,5%. Posteriormente, obturados através da técnica de condensação lateral e espaçadores, com cones de guta-percha e cimento N-Rickert e, em seguida, armazenados em local úmido.

Os elementos foram, aleatoriamente, distribuídos em três grupos (oito condutos para cada grupo), especificados a seguir:

.GRUPO I - A apicectomia foi realizada com auxílio de laser de alta intensidade de potência de Er:YAG, no modo não contato, focalizado a 12mm da superfície dental e coincidindo com a cintura focal. Para o corte apical foram utilizados os seguintes parâmetros: 350mJ de energia/pulso, 4Hz de frequência e 28,2J/cm² de Densidade de Energia. Em seguida, a superfície

dentínaria de corte foi irradiada utilizando o mesmo laser de Er:YAG, no modo contato, com a fibra 50/10 (três anéis), com diâmetro de 470 μ m, comprimento de 10mm e com fator de transmissão de 54%, devidamente acoplada na peça de mão número 2055. Para a execução do procedimento utilizou-se energia de 120mJ (no display), freqüência de 4Hz e 69,1J/cm² de Densidade de Energia, durante 10 segundos com a fibra posicionada com 5 graus em relação ao longo eixo do dente.

O preparo cavitário para obturação retrógrada foi realizado com o laser de alta intensidade de potência de Er:YAG, com parâmetros de 350mJ de energia/pulso (no display), 4Hz de freqüência e 201,5J/cm² de Densidade de Energia, por um período de 5 segundos, utilizando-se a fibra 50/10 e uma profundidade de 2mm.

.GRUPO II - A apicectomia foi realizada de forma análoga ao grupo I. Procedeu-se, posteriormente, a irradiação da superfície dentínaria de corte com um laser de alta intensidade de potência de Nd:YAG, energia de 100mJ, freqüência de 15Hz e potência de 1,5W, por um período de 10 segundos.

O preparo cavitário para obturação retrógrada foi realizado com o laser de Nd:YAG, energia de 100mJ, 15Hz de freqüência (potência média de 1,5W) por um período de 5 segundos. A profundidade do preparo foi de 2mm.

.GRUPO III - (grupo controle): A apicectomia e o preparo para retrobturação foram realizados com ponta diamantada montada em alta rotação. A profundidade do preparo foi de 2mm.

Após o procedimento pertinente a cada grupo, procedeu-se a obturação retrógrada com cimento óxido de zinco do tipo IRM (destisply Co.).

4.3.3 Impermeabilização e seccionamento

Realizou-se a impermeabilização da superfície externa radicular de cada espécime com três camadas de esmalte, exceto na superfície dentínaria de

corde. Os elementos ficaram totalmente imersos em solução aquosa de azul de metileno a 0,5%, pH 7,2, temperatura de 36°C durante 48 horas. Decorrido o tempo de imersão, o excesso de corante foi removido em água corrente por 30 minutos e os espécimes foram secos à temperatura ambiente.

Cada amostra foi seccionada em 5 partes de 1mm no sentido ápico-cervical com o auxílio de um disco de diamante sob refrigeração. A primeira secção ("slice") A, foi separada para microscopia eletrônica de varredura e as demais, intituladas B, C, D e E, foram preparadas para microscopia óptica (FIG. 4.4 e 4.5).



FIG. 4.4 Amostras após impermeabilização e imersão

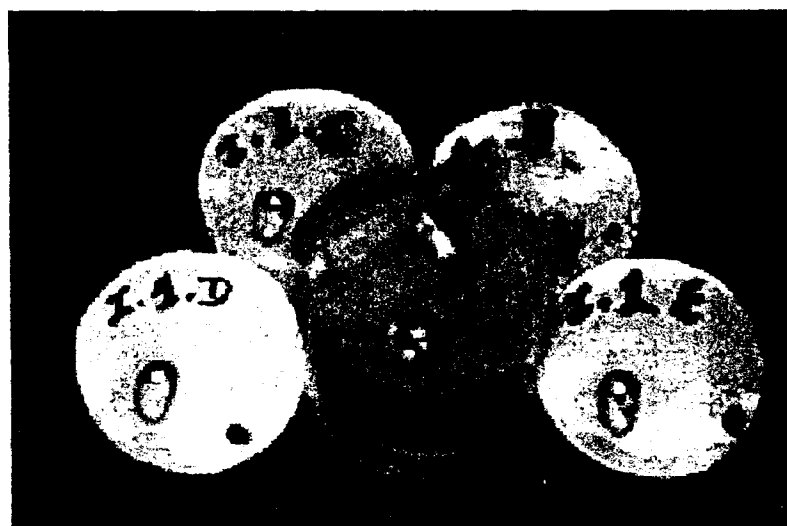


FIG. 4.5 Amostras seccionadas em série, denominadas B, C, D e E, utilizadas na caracterização por microscopia.

4.3.4 Microscopia Eletrônica de Varredura

A primeira secção de cada espécime foi lavada com soro fisiológico e seca ao ar livre e, posteriormente, montada em bases metálicas para receber a cobertura de ouro. Todos os espécimes foram avaliados em microscópio eletrônico de varredura Philips (modelo XL 30) do Centro de Ciências e Tecnologia de Materiais – IPEN (FIG. 4.6).

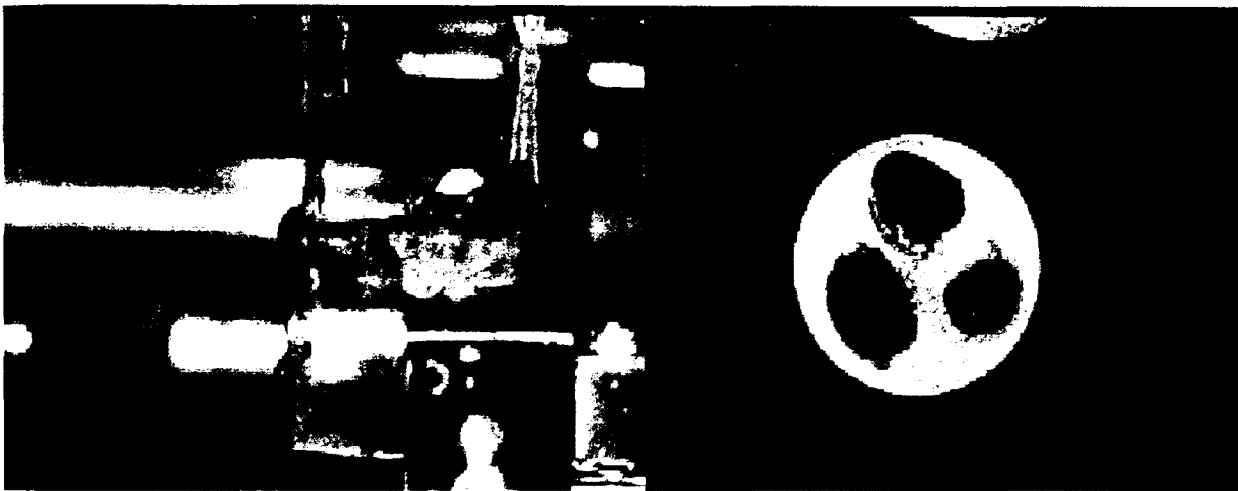


FIG. 4.6 Primeira secção sendo cortada e fixada no "stub"

4.3.5 Microscopia Óptica

A observação em microscópio óptico foi realizada do lado apical de cada corte. Para determinação da extensão manchada pelo corante, cada amostra foi dividida em 4 partes ou quadrantes, conforme mostra a figura 4.7. A extensão manchada em cada quadrante, foi avaliada considerando-se a resultante dos valores medidos, em milímetros, nos eixos cartesianos, ou seja, o grau de infiltração em cada quadrante foi estimado aproximando-se a área da

mancha a triângulos retângulos. O cálculo das resultantes (r_i) é obtido aplicando-se o Teorema de Pitágoras. Assim, com base nestas considerações podemos escrever:

$$r_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2}$$

onde:

i representa o quadrante (1,2,3 ou 4);

x_i é a distância no eixo X;

y_i é a distância no eixo Y;

r_i é a distância do centro até o limite da infiltração.

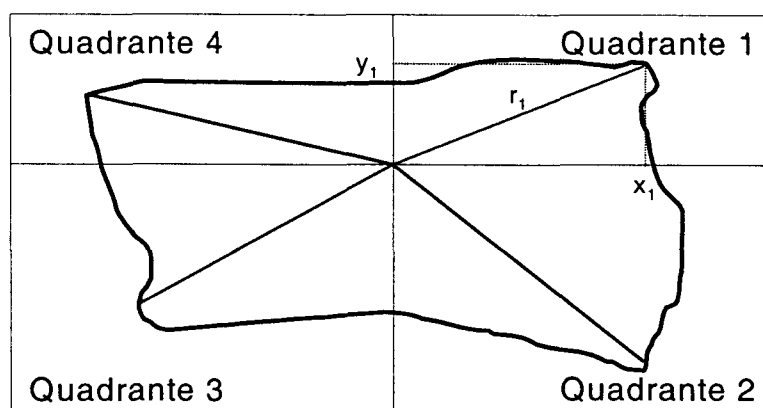


FIG. 4.7 Representação da infiltração no plano cartesiano (X e Y).

4.3.6 Análise Estatística

Assim, para cada corte (B, C, D e E) a distância (r_i) do centro dos eixos cartesianos até o limite da infiltração foi calculada para cada quadrante. A partir destes valores calculou-se uma média (r) para cada corte, segundo a expressão:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^4 r_i}{4}$$

Posteriormente, calculou-se também a média das distâncias (r_i) para cada dente, que, segundo cada grupo, foi comparada através de análise de variância. Quando significativa, prosseguiu-se com o teste de comparação múltipla de Tukey para discriminar as diferenças entre grupos.

5 RESULTADOS

5 RESULTADOS

5.1 Da Microscopia óptica

Conforme descrito no item 4.3.5 as mensurações da área total infiltrada com o corante azul de metileno foram feitas a partir da aproximação à triângulos retângulos. A FIG. 5.1 apresenta os valores médios de (r) para cada grupo (I, II e III) considerando-se os diversos cortes (B, C, D e E).

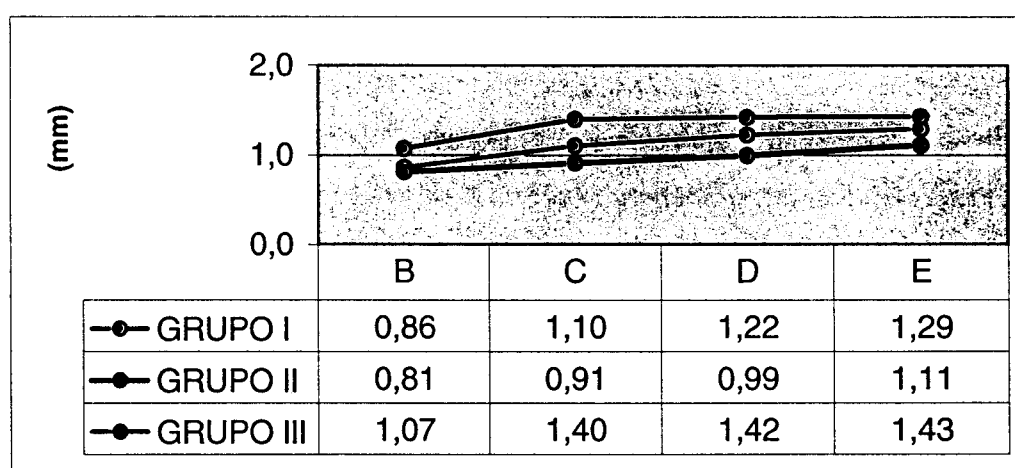


FIG. 5.1 Média de infiltração de "r" para cada grupo.

Na TAB. 5.1 são apresentadas as médias de infiltração, representadas pela variável "r", bem como os desvios padrão, valores mínimos e máximos determinados para cada grupo, considerando-se os diversos cortes.

TAB. 5.1 Média descritiva de infiltração para cada grupo

GRUPO	MÉDIA r	DESVIO PADRÃO	MÍNIMO	MÁXIMO
I	1,12	0,26	0,68	1,66
II	0,95	0,16	0,71	1,18
III	1,33	0,21	1,05	1,55

As médias da variável "r" por espécime, segundo os grupos, foram comparadas através de análise de variância, sendo observado efeito de grupo ($p=0,0213$), ou seja, detectou-se uma diferença de médias entre grupos. Prosseguiu-se, portanto, com o teste de comparação múltipla de Tukey para discriminar diferenças entre os grupos. Os resultados obtidos são representados na TAB. 5.2. Observa-se que a média do grupo II é menor que a média do grupo III. É importante mencionar que todas as amostras apresentaram infiltração do corante, embora em graus diferentes.

TAB. 5.2 Comparação múltipla de Tukey.

CONTRASTE	p
GRUPO I x II	>0,05
GRUPO I x III	>0,05
GRUPO II x III	<0,05

As amostras irradiadas com o laser de Er:YAG e Nd:YAG (Grupo II) apresentaram os menores índices de infiltração quando comparadas com as amostras dos demais grupos experimentais. A análise estatística indicou que não houve diferença estatisticamente significativa entre o grupo I (Er:YAG) e o grupo II (Er:YAG e Nd:YAG) e também na comparação do grupo I (Er:YAG) e do grupo III (controle). Entretanto, quando foi realizada a comparação entre Grupo II (Nd:YAG) e Grupo III (controle), percebeu-se que a média do grupo II é menor que a média do Grupo III. Este resultado é apresentado de forma esquemática na TAB. 5.3.

TAB. 5.3 Comparação múltipla entre grupos(ns não significante;s significante em 0,05%).

	GRUPO I	GRUPO II	GRUPO III
GRUPO I		ns	ns
GRUPO II			s
GRUPO III			

5.2 Da microscopia eletrônica de varredura

As elétron-micrografias obtidas permitiram diferenciar as alterações estruturais que cada comprimento de onda causou na superfície dentinária de corte e relacionar as modificações com o índice de infiltração marginal e superficial ocorridas.

As superfícies irradiadas das amostras do grupo I (Er:YAG e fibra 50/10) apresentaram aspecto irregular com formação de algumas crateras, além de exposição de túbulos dentinários e ausência de lama dentinária. As crateras podem ser claramente observadas na FIG 5.2a. A superfície da parede interna de uma das crateras, decorrentes da utilização da fibra 50/10, é mostrada em detalhe na FIG. 5.2b. A exposição dos túbulos dentinários e ausência de lama dentinária pode ser verificada na ampliação mostrada na FIG 5.2c. A seta na FIG. 5.2b indica a região onde foram realizadas as ampliações.

Nas FIG. 5.3a, 5.3b, 5.3c são apresentadas as elétron-micrografias obtidas de amostras do grupo II (Er:YAG e Nd:YAG). Observou-se a ocorrência de fusão e ressolidificação da dentina em toda a superfície irradiada, com a formação de uma camada vitrificada (FIG. 5.3b). Em um terceiro aumento pode-se evidenciar a presença de foraminas (FIG. 5.3c).

As superfícies das amostras do grupo III (controle) apresentaram aspecto semelhante aquele descrito na literatura, com imagens da camada de lama dentinária distribuída homoganeamente e, portanto, sem exposição de túbulos dentinários. As elétron-micrografias deste grupo são apresentadas nas FIG. 5.4a, 5.4b; 5.4c.

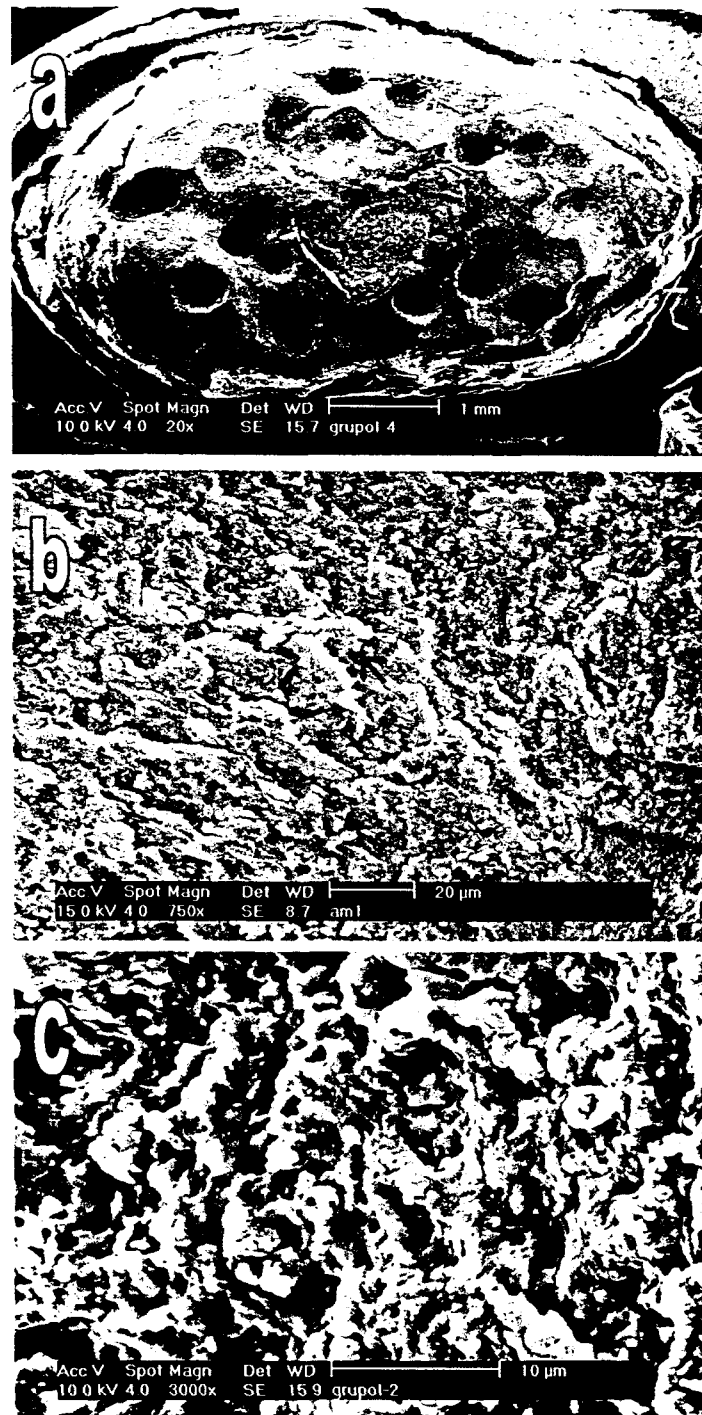


FIG. 5.2 Elétron-micrografias de amostra do grupo I (Er:YAG):
a Evidenciando presença de crateras
b Superfície da parede interna de uma das crateras
c Superfície tratada com a fibra 50/10 em maior aumento

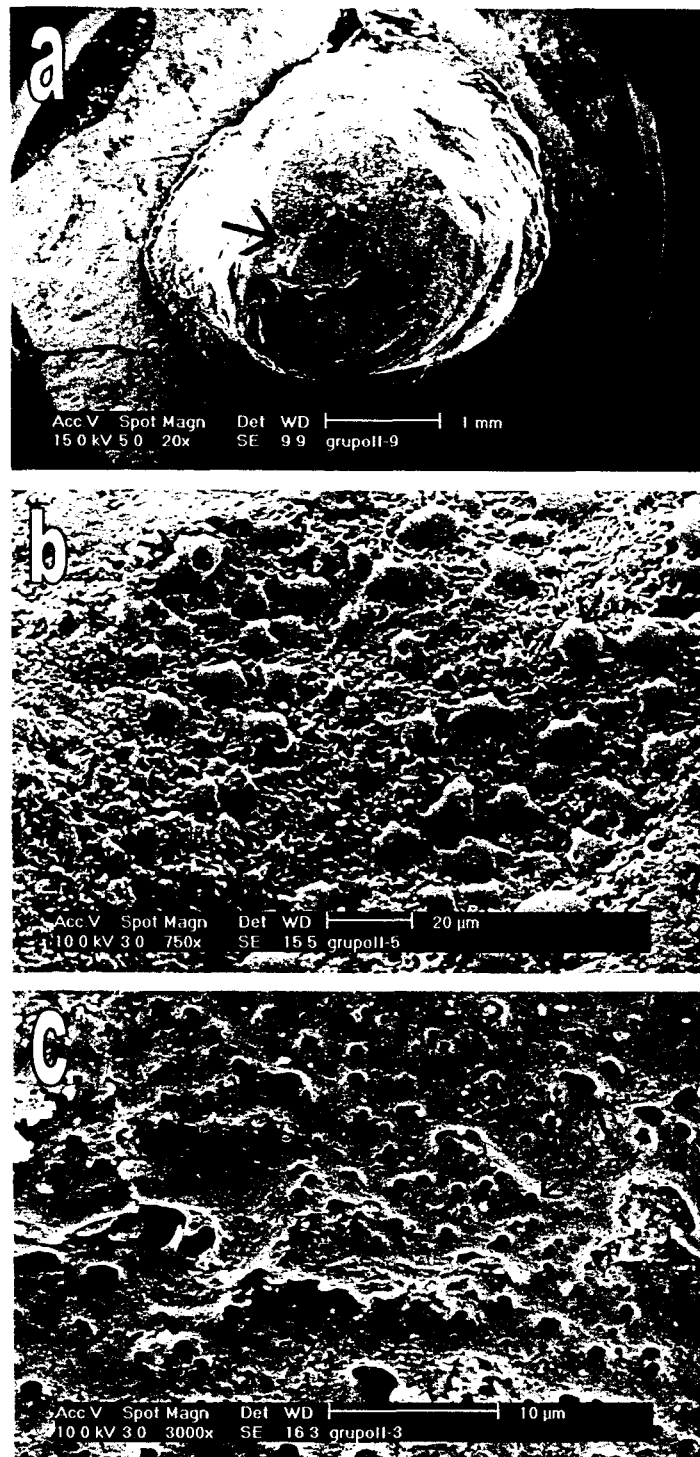


FIG. 5.3 Elétron-micrografias de amostra do grupo II
 a Superfície seccionada com Er:YAG e tratada com Nd:YAG
 b Evidenciando fusão e resolidificação
 c Evidenciando foraminas decorrentes da irradiação

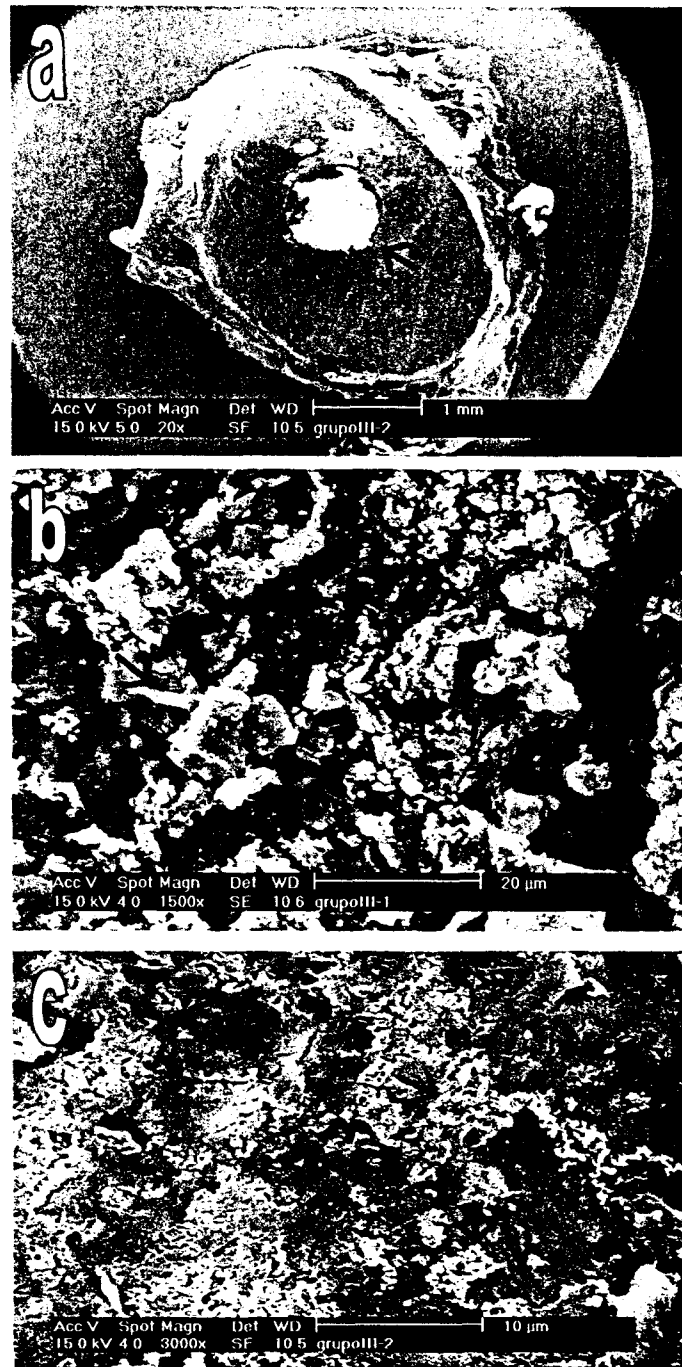


FIG. 5.4 Elétron-micrografias de amostra do grupo III
 a Superfície apical seccionada com pontas montadas
 b Evidenciando a presença de lama dentinária
 c Lama dentinária vedando os túbulos dentinários

6 DISCUSSÃO

6 DISCUSSÃO

Um dos objetivos do tratamento endodôntico conservador não cirúrgico é solucionar os processos patológicos periapicais causados pela contaminação microbiana da polpa dental (Kakehashi *et al.*, 1965). Como consequência da instalação da lesão periapical, pode-se ter uma reabsorção óssea causada pelo estímulo de osteoclastos, fenômeno que, em última instância, pode resultar na perda do elemento dental (Stashenko, 1990).

Obom êxito no tratamento endodôntico está intimamente vinculado à execução criteriosa de todos os passos clínicos do preparo químico-cirúrgico. Ademais, o desenvolvimento de materiais obturadores endodônticos com elevado índice de selamento, instrumentais flexíveis e resistentes além de técnicas eficientes têm elevado o número de sucessos clínicos quando da realização do tratamento endodôntico (Sjögren *et al.*, 1990). Entretanto, existem casos nos quais o sucesso clínico não é obtido, situação onde se preconiza uma conduta terapêutica conservadora, que é o retratamento. A literatura, no entanto, descreve situações onde o retratamento não foi suficiente para que o sucesso clínico fosse atingido (Tronstad *et al.*, 1987; Oliver & Abbott, 1997). Assim, quando as lesões periapicais persistem, estabelecendo processos refratários aos tratamentos tradicionais conservadores, procede-se a intervenção cirúrgica periapical (Tronstad *et al.*, 1987, Nair *et al.*, 1990; Tronstad *et al.*, 1990), que segundo Puriccelli em 1992 seria a opção mais indicada nos casos em que o retratamento endodôntico não é praticável.

Um dos objetivos da cirurgia paraendodôntica é, portanto, remover o tecido periapical infectado e promover um selamento apical adequado. A eliminação do processo patológico através da cirurgia apical se dá por meio de 3 passos, a saber: (a) remoção do tecido periapical infectado; (b) remoção do

ápice radicular (apicectomia) e (c) retrobturação do canal (Rud & Andreasen, 1972; Gutman & Harrison, 1994; Oliver & Abbott, 1997).

Durante a cirurgia periapical procede-se a apicectomia que, conceitualmente, é o ato de seccionar e remover a porção crítica do ápice radicular (delta apical e canais acessórios). Além disso, confecciona-se a retrocavidade, que posteriormente será preenchida com um material adequado, objetivando vedar o ápice do dente cujo tratamento convencional não atingiu a proposta de selamento e, conseqüentemente, evitar a percolação de microrganismos e seus sub-produtos do sistema de canais para a região periapical, permitindo que o, acesso de reparação tecidual e regeneração do ligamento periodontal apical seja estabelecido (Ingle, 1994).

As falhas relacionadas às cirurgias periapicais e retrobturações estão vinculadas ao trânsito de agentes irritantes entre o conduto radicular e os tecidos periapicais, principalmente porque quando se secciona o ápice radicular, expõe-se inúmeros túbulos dentinários, o que facilita a percolação entre canal radicular e periápice (Ingle, 1974; Camargo *et al.*, 1999).

É de suma importância ressaltar a influência que o ângulo de ressecção da superfície apical exerce na possibilidade de redução da infiltração apical. Quanto menor o ângulo de corte, menor será a infiltração superficial, uma vez que se expõe um menor número de túbulos dentinários, limitando o meio de comunicação entre o sistema de canais e a região periapical (Carrigan *et al.*, 1984; Beatty, 1986; Vertucci & Beatty, 1986; Tidmarsh & Arrowsmith, 1989; Gilheany *et al.*, 1994). Neste estudo, realizou-se o seccionamento apical de 2mm num plano perpendicular ao longo eixo do dente, minimizando, dessa forma, a superfície de corte apical (Gilheany *et al.*, 1994).

A retrobturação após apicectomia tem por objetivo selar hermeticamente o forame apical, prevenindo e impedindo a invasão de agentes nocivos nos tecidos periapicais. Para tanto é necessário que exista o máximo vedamento na interface retrobturação/parede-dentinária, sendo que a última deve estar livre

da contaminação bacteriana. Seguindo essa linha de pesquisa, autores como Stabholz *et al.*, 1985; Bondra *et al.*, 1989; Friedman, 1991; Fitzpatrick & Steiman, 1997; Beltes *et al.*, 1998; Hashieh *et al.*, 1999; Rubstein & Kim, 1999; Ennes *et al.*, 2000; Holt *et al.*, 2000; Von Arx & Walker, 2000, preconizam técnicas para confecção da retrocavidade que utilizam instrumentos ultrassônicos, microscópios ou ainda o uso de novos materiais retrobturadores com propriedades melhoradas de selamento marginal, objetivando um selamento adequado e tendo como consequência a completa interrupção da percolação do sistema de canais com os tecidos periapicais.

O material de escolha para o preenchimento da retrocavidade deve, além de vedar adequadamente, ser biologicamente compatível (Hashieh *et al.*, 1999), radiopaco, insolúvel, com adequado tempo de trabalho, de fácil manipulação, resistente à umidade e de baixo custo (Crooks *et al.*, 1994; Pilatti *et al.*, 1994; Fitzpatrick & Steiman, 1997; Harrison *et al.*, 1997). O cimento de IRM foi o material de escolha para a realização desse estudo, uma vez que além de atender a todos os requisitos, proporciona um bom selamento (Bondra *et al.*, 1989; Trope *et al.*, 1996). Além disso, segundo Ennes *et al.*, 2000, o IRM apresenta boas propriedades de selamento marginal diminuindo a permeabilidade entre interface material obturador e paredes da retrocavidade, condições estas, ideais para a devida reparação apical e obtenção de melhores índices de sucesso do tratamento.

Neste estudo realizou-se preparo químico-cirúrgico seguido da obturação do canal previamente à apicectomia, fato que retrata a situação clínica na qual se julga correto indicar o tratamento cirúrgico, ou seja, toda forma de terapia conservadora não cirúrgica foi previamente executada sem sucesso.

Cumprе ressaltar que as cirurgias paraendodônticas, no que concerne ao índice de sucesso, têm sido avaliadas por inúmeros autores (Allen *et al.*, 1989; Friedman, 1991; Molven *et al.*, 1991; Frank *et al.*, 1992; Rubinstein & Kim, 1999), porém com índices bastante variados. É consenso dos autores que

a falta de clareza nos critérios de avaliação e os prognósticos obtidos em prazos muito variados são os responsáveis pela variação dos índices. Assim, é importante que os acompanhamentos clínicos e radiográficos sejam conduzidos por um período maior, de 5 a 10 anos, uma vez que muitas falhas puderam ser evidenciadas após longos períodos pós-operatórios (Kvist *et al.*, 1999).

A superfície dentinária de corte também foi alvo de vários estudos, uma vez que a possível alteração morfológica oriunda da ressecção apical poderia influir sobremaneira na permeabilidade da área tratada. Assim, autores como Gilheany *et al.*, 1994; Bernabé, 1999; Weaston *et al.*, 1999, sugeriram que novas técnicas e pontas montadas especiais deveriam ser utilizadas, pois assim proporcionariam superfícies limpas, sem lama dentinária, polidas, lisas, regulares e sem depressões, além de vedarem os túbulos dentinários, favorecendo e, conseqüentemente, otimizando o sucesso clínico. É importante ressaltar que a presença de uma superfície lisa seria favorável também para que o material retrobturador ficasse limitado no interior do retropreparo, aumentando a área para reparação dos ligamentos periodontais. Em contrapartida, ao obter-se uma superfície irregular, poder-se-iam criar nichos favoráveis para uma eventual colonização bacteriana.

As falhas oriundas do tratamento cirúrgico paraendodôntico são procedentes da presença de microrganismos associadas à permeabilidade da dentina exposta na superfície de corte. Por esta razão, julga-se de suma importância para elevação dos índices de sucesso a eliminação ou máxima redução possível de microrganismos na região apical (Gouw-Soares *et al.*, 2000), bem como a associação com superfícies de ressecção lisas, regulares e não permeáveis (Morgan e Marshall, 1998).

A técnica cirúrgica apical tradicional é realizada com a utilização de instrumentos cortantes rotatórios, que produzem, além de aerossol suficiente para quebrar a cadeia asséptica, uma superfície lisa e coberta por lama dentinária (Gilheany *et al.*, 1994).

As primeiras pesquisas com o laser na Odontologia mostraram que essa tecnologia seria de grande valia para as aplicações biomédicas. Assim, os resultados de inúmeras pesquisas vêm demonstrando a capacidade de alguns comprimentos de onda interagirem favoravelmente com os tecidos duros por meio do processo de ablação, proporcionando situações antes desejadas.

O espectro de absorção (Figura 6.1), demonstra que o laser de Er:YAG é altamente absorvido pelos componentes do esmalte e dentina. A partir da absorção do laser pela água, um dos componentes dos tecidos duros dentais, têm-se altas pressões geradas pelo rápido aquecimento do conteúdo de água confinado entre o material inorgânico, resultando em microexplosões que possibilitam remoção do tecido duro (Hibst & Keller, 1989; Seka, 1996). O laser de Er:YAG mostrou, segundo Hibst & Keller, 1989 e Keller & Hibst, 1989, capacidade de atuar sobre esmalte e dentina em preparo cavitário, sem provocar danos térmicos aos tecidos adjacentes, sob constante refrigeração e com a utilização de parâmetros de energia adequados, uma vez que esse comprimento de onda é altamente absorvido pelos componentes dos tecidos dentais, principalmente pela água e hidroxiapatita.

O laser de Nd:YAG, entretanto, que apresenta uma interação mais fraca, proporciona um fenômeno diferente daquele oriundo do primeiro comprimento de onda citado. Os efeitos da irradiação do laser de Nd:YAG são superfícies com áreas de fusão e ressolidificação (Stabholz *et al.*, 1992; White *et al.*, 1993).

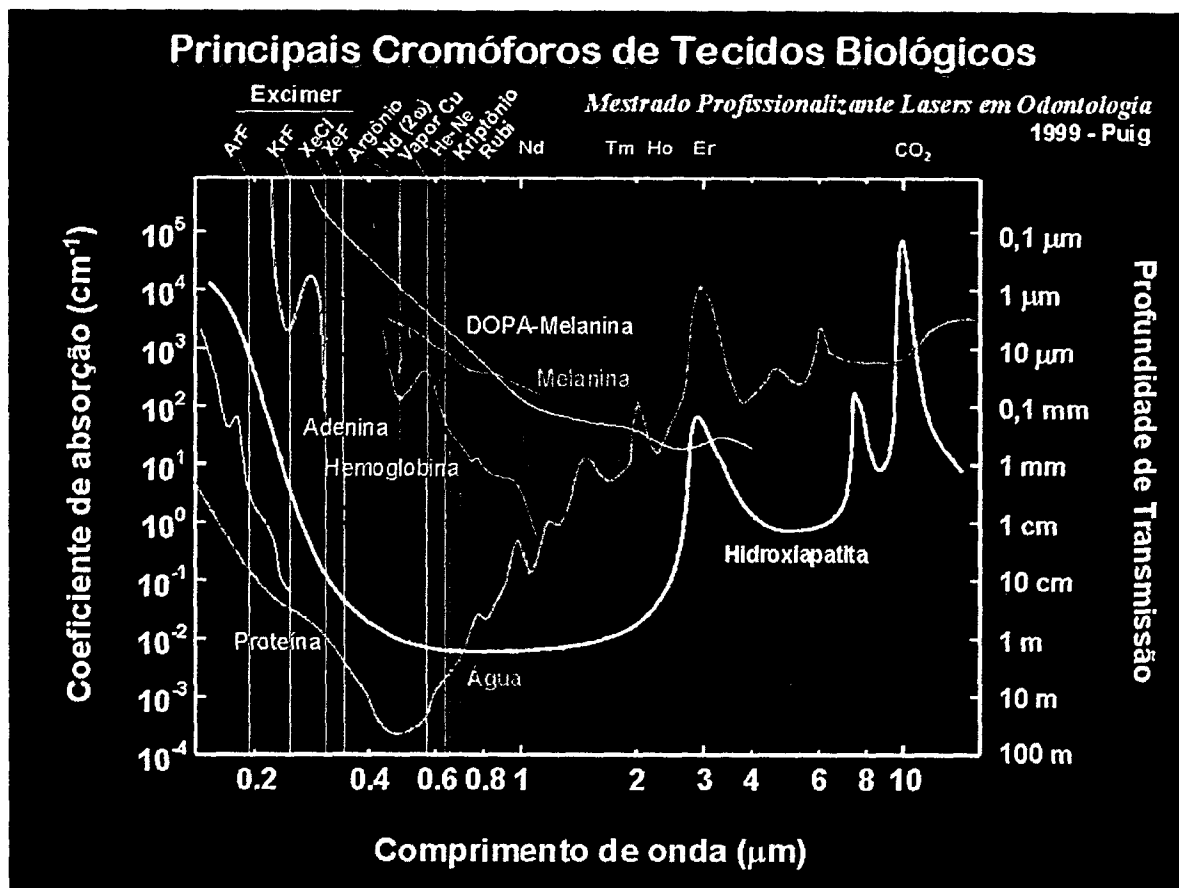


FIG 6.1 Espectro de absorção (Maldonado *et al.*, 2000)

Com o objetivo de otimizar o índice de sucesso clínico das cirurgias periapicais, este estudo avalia se as alterações morfológicas da dentina causadas pela irradiação com o laser de Er:YAG na ressecção apical e com este mesmo laser através da fibra de prevenção 50/10, assim como com um laser de Nd:YAG, no tratamento das superfícies de corte e retropreparos, de alguma maneira, promovem redução na permeabilidade dentinária, uma vez que a ação bactericida dos lasers de alta intensidade é indiscutível tendo sido exaustivamente estudada por inúmeros autores (Eduardo, 1994; Gutknecht *et al.*, 1996a; Gutknecht *et al.*, 1996b; Moritz *et al.*, 1997; Gutknecht *et al.*, 1998; Moritz *et al.*, 1999).

A utilização do laser de Er:YAG nas cirurgias periapicais, segundo Paghdwala, 1993; Gouw-Soares *et al.*, 1996; Komori *et al.*, 1996; Komori *et al.*, 1997b; Camargo *et al.*, 1998; produz uma superfície irregular mas totalmente

limpa de *debris*. Esse aspecto também foi relatado em trabalhos nos quais utilizou-se o laser de Er:YAG para preparos cavitários e procedimentos intracanal (Hibst & Keller, 1989; Keller & Hibst, 1989; Tanji, 1998; Tanji *et al.*, 1999). Tal superfície irregular poderia ser um facilitador de adesão de microrganismos e a limpeza da superfície, com a exposição de túbulos, poderia aumentar a permeabilidade, situações indesejadas nos procedimentos clínicos de apicectomias. Dessa forma, a utilização da fibra 50/10, indicada para a limpeza de fósulas e fissuras poderia ser uma alternativa na tentativa de selar a superfície de ressecção obtida com o laser de Er:YAG. Entretanto, nas condições deste trabalho, as amostras do grupo I, nas quais a apicectomia e o retropreparo foram realizados com o laser de Er:YAG, percebeu-se que a infiltração foi estatisticamente semelhante, ao grupo controle (alta rotação). Ademais, pela microscopia eletrônica de varredura, confirmou-se a presença de uma superfície irregular com formação de algumas crateras e exposição de túbulos dentinários.

Uma superfície permeável com túbulos dentinários abertos na superfície de ressecção não é desejável. Assim, para tentar minimizar esse problema, seria interessante a associação com o laser de Nd:YAG ou com o laser de CO₂, que promoveria uma fusão e ressolidificação da superfície, promovendo um decréscimo na permeabilidade dentinária.

A associação do laser de Er:YAG com outros lasers como o Nd:YAG vem sendo descrita na literatura com sucesso (Stabholz *et al.*, 1992; Camargo, 1999; Gouw-Soares, 1999). Esse laser produz a fusão e a ressolidificação da superfície dentinária, característica que pode acarretar o decréscimo significativo da permeabilidade dentinária (Komori, 1997; Stabholz *et al.*, 1992a; Stabholz *et al.*, 1992b; Lage-Marques *et al.*, 1995; Miserendino *et al.*, 1995; Lage-Marques, 1997). No presente estudo, a irradiação com Nd:YAG na área seccionada e na cavidade preparada para receber a obturação retrógrada antes da inserção do material obturador reduziu significativamente a permeabilidade do grupo II, mostrando menor índice de infiltração quando comparada com os demais grupos. Na análise de microscopia eletrônica de varredura, conforme já descrito na literatura (Liu *et al.*, 1997; Maillet *et al.*,

1996; Camargo *et al.*, 1998 e Gouw-Soares *et al.*, 1999), percebe-se o aspecto clássico da superfície tratada com Nd:YAG, com grânulos de dentina fundida e áreas de fusão e ressolidificação.

Stabholz *et al.*, 1992 encontraram infiltração significativamente menor do corante nas superfícies apicais de dentes unirradiculares irradiados com laser de Nd:YAG do que nos espécimes utilizados para controle (sem a irradiação do laser). A microscopia eletrônica de varredura mostrou uma superfície dentinária com áreas de fusão e ressolidificação. Da mesma maneira, em seus estudos *in vitro*, Dederich *et al.*, em 1985 observaram uma superfície fusionada após a irradiação com o laser de Nd:YAG, resultando em selamento dos túbulos dentinários. Os resultados do presente estudo demonstraram a potencial habilidade desse laser em obliterar os túbulos dentinários reduzindo a microinfiltração do corante.

Em procedimentos clínicos, a secção apical realizada com o laser de Er:YAG no modo não contato, permite um acesso mais conservador ao periápice, com menor remoção de cortical óssea, eliminação de aerossol e maior conforto ao paciente. A entrega do feixe laser através da fibra seria, portanto, mais uma vantagem quando da utilização desse comprimento de onda frente aos métodos convencionais. Entretanto, apesar de a condução do feixe laser pela fibra 50/10, nas condições de irradiação utilizadas neste estudo, produzir uma superfície limpa sem lama dentinária, houve a formação evidente de crateras sem áreas de fusão e ressolidificação e os índices de infiltração ao corante foram maiores do que aqueles obtidos com o laser de Nd:YAG.

A literatura nos mostra que os lasers de alta intensidade apresentam a capacidade de ação bactericida (Gutknecht *et al.*, 1996a; Gutknecht *et al.*, 1996b; Moritz *et al.*, 1997; Gutknecht *et al.*, 1998; Moritz *et al.*, 1999; Gouw-Soares *et al.*, 2000). O laser de Nd:YAG também tem demonstrado ação em nível de redução bacteriana (Moshnov *et al.*, 1995; Gutknecht *et al.*, 1996a; Gutknecht *et al.*, 1996b; Moritz *et al.*, 1997; Gutknecht *et al.*, 1998; Moritz *et al.*,

1999). Tal característica é de extrema importância para as cirurgias periapicais, uma vez que a presença de bactérias e seus sub-produtos são agentes irritantes e, assim, contribuem ou até determinam o insucesso do tratamento. Vários estudos têm sido realizados no sentido de encontrar uma forma de selar o ápice e dessa maneira evitar a comunicação entre interior do conduto e periápice. Nas condições do presente estudo pode-se afirmar que a associação do laser de Er:YAG e Nd:YAG resultou em menor permeabilidade da superfície dentinária.

Nas condições de irradiação utilizadas propostas para este estudo, portanto, a utilização da fibra 50/10, não estaria indicada para o ápice, que, além de promover a abertura dos túbulos dentinários, criou uma superfície irregular, o que favoreceria a adesão e a colonização. No entanto, outros estudos devem ser realizados com diferentes parâmetros de irradiação com esta mesma fibra para verificar se existe alguma condição que promova a obliteração dos túbulos dentinários. A apicectomia realizada com o laser de Er:YAG e o tratamento da superfície dentinária de corte e o retropreparo com o Nd:YAG, corroboram a favorável associação previamente descrita na literatura.

DOS RESULTADOS

Os índices de infiltração demonstraram penetração do azul de metileno em todas as amostras, porém em diferentes graus. Cumpre ressaltar que as amostras do grupo controle apresentaram infiltrações qualitativamente maiores que os demais grupos experimentais. Entretanto tais diferenças não foram estatisticamente significantes quando comparadas com o grupo I, onde se realizou a apicectomia com o laser de Er:YAG, tratamento da superfície dentinária de corte e retropreparo com o mesmo comprimento de onda, porém com a fibra 50/10 (120mJ, 4Hz por 10s).

O grupo II, cujas amostras tiveram seus ápices seccionados com o laser de Er:YAG, receberam o tratamento da superfície dentinária de corte e

retropreparo com o laser de Nd:YAG, mostrou o menor índice de infiltração do corante, proporcionando menor permeabilidade marginal e superficial. Esse resultado era esperado, uma vez que estudos prévios com a associação entre o laser de Er:YAG e o laser de Nd:YAG mostraram eficiência na redução da permeabilidade dentinária frente à infiltração do corante (Stabholz *et al.*, 1992a; Stabholz *et al.*, 1992b; Gouw-Soares *et al.*, 1999; Carvalho *et al.*, 2000; Gekelman *et al.*, 2000)

A avaliação das elétron-micrografias das amostras do grupo II permitiu observar que toda a superfície irradiada com o laser de Nd:YAG apresentou características de elevado grau de fusão da dentina, no entanto, distribuídos de forma descontínua, com aspecto vitrificado e com a presença de foraminas, fato que corrobora os resultados anteriormente descritos na literatura (Stabholz, 1992a; Stabholz, 1992b; Lage-Marques, 1997; Tanji *et al.*, 1999).

Quanto à permeabilidade da dentina de corte irradiada com o laser de Er:YAG através da fibra 50/10, o índice de infiltração detectado foi próximo aos do grupo controle (apicectomizados com alta rotação), por promover a exposição dos túbulos dentinários e permitindo, assim, a passagem do corante (Gouw-Soares, 1999; Carvalho *et al.*, 2000). Como em estudos prévios, as elétron-micrografias demonstraram essa característica na dentina irradiada com o laser de Er:YAG (Hibst & Keller, 1989; Keller & Hibst, 1989; Tanji, 1998; Tanji *et al.*, 1999).

DA METODOLOGIA

Para a realização deste estudo foram utilizados elementos dentais extraídos por motivos diversos, e que faziam parte de um banco de dentes do consultório particular, doados de livre e espontânea vontade pelos pacientes.

Com o intuito de minimizar as variáveis quanto à idade, anatomia e quantidade de dentina esclerosada, fatores que poderiam interferir diretamente

nos padrões de infiltração, padronizaram-se as amostras utilizando apenas dentes anteriores e unirradiculares.

Quando da avaliação da permeabilidade superficial e marginal, optou-se pelo método da mensuração da infiltração do corante azul de metileno por meio de imersão simples das amostras, constituindo um método simples, fácil, confiável, prático e de baixo custo (Steve & Steve, 1990; Lage-Marques, 1992; Starkey *et al.*, 1993), que se baseia na suposição de que a penetração do agente traçador pode indicar o grau de permeabilidade da superfície dentinária de corte e da interface entre material obturador e as paredes da retrocavidade. Outros estudos também foram conduzidos com a utilização de corantes traçadores para a leitura das medidas de infiltração (Holland *et al.*, 1991; Lage-Marques *et al.*, 1995; Valera *et al.*, 1998). Ahlberg *et al.* conduziram, em 1995, um estudo no qual compararam o padrão de infiltração linear apresentado pelos corantes azul de metileno e tinta da Índia. Como resultado, afirmaram que o primeiro corante infiltrou mais do que o segundo, uma vez que seu baixo peso molecular permitiu uma maior penetração. O trabalho de Kersten & Moore em 1989 relatou que o azul de metileno possui infiltração comparável ao ácido butírico (produzido por microrganismos), fornece uma boa resolução para a leitura e, além de econômico é de fácil manuseio.

Previamente à imersão no corante, os espécimes tiveram toda sua superfície externa impermeabilizada com três camadas de esmaltes para unhas, com exceção da superfície dentinária de corte para que o corante penetrasse apenas através dessa superfície. As substâncias utilizadas para impermeabilização de superfícies são bastante variadas: em 1992, Lage-Marques utilizou Araldite, Super bonder, ferrocianato de prata, histoacryl, esmalte de unha e resina poliéster, demonstrando excelentes propriedades de impermeabilização aos corantes, com exceção da resina poliéster. Em 1993, Valera utilizou cola araldite e esmalte para unhas. Jacobsen *et al.*, em 1993, utilizando o esmalte de unhas, cera pegajosa, resina epóxica e resina para fundição como agentes impermeabilizantes em estudos de infiltração. Concluíram que todos os agentes utilizados na pesquisa foram eficazes.

A literatura nos mostra que a associação dos lasers de Er:YAG e Nd:YAG tem sido freqüentemente utilizada na tentativa de redução da permeabilidade dentinária. Além disso, cumpre ressaltar que ambos, comprovadamente exercem uma redução bacteriana. Embora neste trabalho, todas as amostras tenham apresentado algum grau de infiltração, os resultados foram variáveis e a microscopia eletrônica de varredura demonstrou que a alteração morfológica da dentina decorrente da irradiação com o laser de Er:YAG e Nd:YAG com os parâmetros utilizados neste estudo, foi capaz de promover vedamento de boa parte dos túbulos dentinários, resultando em menor grau de infiltração do corante azul de metileno. Entretanto, outras condições de irradiação da dentina, através da fibra de prevenção 50/10, devem ser avaliadas, na tentativa de se obliterar os túbulos dentinários.

7 CONCLUSÕES

7 CONCLUSÕES

Nas condições deste estudo e a partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que:

7.1 O grupo I (apicectomia com Er:YAG, tratamento da superfície de corte e retropreparo com Er:YAG através da fibra 50/10) apresentou menor grau de infiltração do que o grupo III (controle), entretanto não foi estatisticamente significante.

7.2 O grupo II (apicectomia com Er:YAG, tratamento da superfície de corte e retropreparo com Nd:YAG) apresentou o menor grau de infiltração comparado com os demais grupos experimentais;

7.3 As elétron-micrografias das superfícies das amostras irradiadas com o laser de Er:YAG através da fibra 50/10 (120mJ, 4Hz, 201,5J/cm²) apresentaram-se limpas e sem lama dentinária e ligeiramente rugosas com a formação de algumas crateras, sem trincas e com a exposição de túbulos dentinários.

7.4 As elétron-micrografias das superfícies das amostras irradiadas com o laser de Nd:YAG (100mJ, 15Hz, 1,5W) apresentaram-se limpas, sem lama dentinária, com vedamento dos túbulos dentinários, com áreas de fusão e ressolidificação alternadas com áreas de aspecto não irradiadas.

8 ANEXOS



Parecer - Projeto Nº 021/CEP-IPEN/SP

Com base nos pareceres apresentados pelos relatores, o protocolo de pesquisa "Avaliação em MEV da alteração morfológica e avaliação em MO da permeabilidade da superfície dentinária após epicetomia, tratamento e retrobturação utilizando Er:YAG e Nd:YAG", de responsabilidade do pesquisador Rodrigo Guerra de Oliveira, sob orientação do Professor Doutor Carlos de Paula Eduardo, foi considerado **APROVADO**.

São Paulo, 8 de março de 2001

Profa. Dra. Martha Marques Ferreira Vieira
Coordenadora do CEP-IPEN



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA

PARECER nº 131/00

O Grupo de Trabalho indicado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, **APROVOU** o protocolo de pesquisa ***"Avaliação em MEV da alteração morfológica e avaliação em MO, da permeabilidade da superfície dentinária, após apicetomia, tratamento e retrobturação utilizando Er: YAG e Nd: YAG"***, de responsabilidade do pesquisador **Rodrigo Guerra de Oliveira**, sob orientação do Professor Doutor **Carlos de Paula Eduardo**.

São Paulo, 22 de novembro de 2000


Profa.Dra. Célia Regina Martins Delgado Rodrigues
Coordenadora do CEP-FOUSP

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

- 01.ABDAL,A.K.; RETIEF,D.H.; JAMISON,H.C. The apical seal via the retrosurgical approach. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v.54, n.2, p.213-218, Aug. 1982.
- 02.AHLBERG,K.M.F.; ASSRANOP,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.30-34, 1995.
- 03.ALLEN,R.K.; NEWTON,C.W; BROWN,C.E.; A statistical analysis of surgical and nonsurgical endodontic retreatment cases. **J Endod**, Baltimore, v.15, n.6, p.261-266, June. 1989.
- 04.ANIC,I.; SEGOVIC,S.; KATANEC,D.; PRSKALO,K.; NAJZAR-FLEGER,D. Scanning electron microscopic study of dentin lased with Argon, CO₂ and Nd:YAG laser. **J Endod**, v.24, n.2, p.77-81, Feb. 1998.
- 05.ANTON,R.G.; MATSAS,M.N. Retrofilling technic in endodontic therapy. **Dent Surv**, v.47, n.11, p.21-23, Nov. 1971.
- 06.AQRABAWI,J. Sealing ability of amalgam, super EBA cement, and MTA when used as retrograde filling materials. **Br Dent J**, v.188, n.5, p.266-268, Mar. 2000.
- 07.ARENS,D.E.; ADAMS,W.R.; DE CASTRO,R. **Endodontics surgery**. Philadelphia: Harper & Row, 1981, p.129-164.

*De acordo com NBR-6023 da Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1989. Abreviaturas de periódicos segundo "Index to Dental Literature".

08. ARENS, D.L.; LEVY, G.C.; RIZOIU, I.M. A comparison of dentin permeability after bur and laser apicoectomy. **Compedium**, v.14, n.10, Oct. 1993.
09. AUN, C.E.; SILVA, L.X. da. Observação "in vitro" da infiltração marginal de obturações retrógradas em dentes apicectomizados com e sem aplicação do laser de CO₂. **Rev Odontol UNICID**, v.7, n.2, p.73-81, jul./dez. 1995.
10. BAHCALL, J.K.; MISERENDINO, L.; WALIA, H.; BELARDI, D.W. Scanning electron microscopic comparison of canal preparation with Nd:YAG laser and hand instrumentation: a preliminary study. **Gen Dent**, n.41, p.45-47, Jan./Feb. 1993.
11. BARBAKWO, F.; LUTZ, F.; HAVRANECK, L. SEM and light microscope evaluation of Nd:YAG lased root canal walls. **J Endod**, v.24, n.4, p.276, Apr. 1998 (Abstract 19).
12. BARKHORDAR, R.A.; JAVID, B.; ABBASI, J.; WATANABE, L.G. Cyanoacrylate as a retrofilling material. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v.65, n.4, p.468-473, Apr. 1988.
13. BEATTY, R. The effect of reverse filling preparation design on apical leakage. **J Dent Res**, v.65, p. 259, 1986 [Abstract 805].
14. BELTES, P.; ZERVAS, P.; LAMBRIANIDIS, T.; MOLYVDAS, I. "In vitro" study of the sealing ability of four retrograde filling materials. **Endod Dent Traumatol**, v.4, p.82-84, 1988.
15. BERNABÉ, P.F.E.; HOLLAND, R.; KRÖLING, A.E.; ZARDO, M.; DEZAN Jr, E.; SOUZA, W.; NERY, M.J.; OLIVEIRA FILHO, J.A. Influência do smear layer sobre a superfície dentinária exposta após a realização da apicectomia:

- removê-la ou não? **R B O**, Rio de Janeiro, v.5, n.3, p.120-125, mai./jun. 1999.
- 16.BLOCK,R.M.; LEWIS,R.D. Surgical treatment of iatrogenic canal blockages. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v.63, n.6, p.722-732, Dec. 1987.
- 17.BONDRA,D.L.; HARTWELL,G.R. MACPHERSON,M.; PORTELL,F.R. Leakage in vitro with IRM, high copper amalgam, and EBA cement as retrofilling materials. **J Endod**, v.15, n.4, p.157-160, Apr. 1989.
- 18.CAMARGO,S.C.C.; GAVINI,G.; EDUARDO,C.P.; AUN, C.E.; COIL,J.M. "In vitro" evaluation of Er:YAG laser irradiation compared to two different techniques. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM BIOMEDICAL OPTICS - LASERS IN DENTISTRY, IV., 1998, San Jose. **Proceedings...**, v.3248, p.196-205.
- 19.CAMARGO,S.C.C.; GAVINI,G.; EDUARDO,C.P.; AUN,C.E.; RIBEIRO,L.W.; COIL,J.M. Association of Er:YAG and Nd:YAG irradiation for apicoectomy and retrofilling cavity preparation compared to conventional technique: a permeability study. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM BIOMEDICAL OPTICS - LASERS IN DENTISTRY, V., 1999, San Jose. **Proceedings...**, v. 3593, p.2-6.
- 20.CARRIGAN,P.J.; MORSE,D.R; FURST,M.L.; SINAI,I.H. A scanning electron microscopic evaluation of human dentinal tubules according to age and location. **J Endod**, v.10, n.8, p.359-363, Aug. 1984.
- 21.CARVALHO,C.A.T.; VALERA,M.C.; EDUARDO,C.P.; GOUW-SOARES,S. Efeitos dos lasers de Nd:YAG e Er:YAG nas obturações endodônticas. Resumo publicado nos anais da 17^a **Reunião Anual de Sociedade**

Brasileira de Pesquisa Odontológica - Águas de Lindóia - São Paulo, 02-06/setembro. A 045, p.17. set. 2000.

- 22.CROOKS,W.G.; ANDERSON,R.W.; POWELL,B.J.; KIMBROUGH,F.W.
Longitudinal evaluation of the seal of IRM root end fillings. **J Endod**, v.20, n.5, p.250-252, May. 1994.
- 23.CUSSIOLI, A.L.; BRUGNERA JUNIOR,A.; ZANIN,F.; SILVA,R.S.; PECORA,J.D. 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 A040).
- 24.DEDERICH,D.N.; ZAKARIASEN,K.L.; TULIP,J. Scanning electron microscopic analyses of canal wall dentin followin Neodymium-Yttrium-Aluminium-Garnet laser irradiation. **J Endod**, v.10, p.428-431, 1984.
- 25.DEDERICH, D.N.; ZAKARIASEN,K.L.; TULIP,J. SEM analysis of dued canal dentin following Nd:YAG laser irradiation. **J Dent Res**, v.64, sp. Iss., p.239, 1985 (Abstract 581).
- 26.DÓSTALOVÁ,T.; JELÍNKOVÁ,H.; KREJSA,O.; HAMAL,K.; KUBELKA,J.; PROCHÁZKA,S.; HIMMLOVÁ,L. 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.117-121, 1997.
- 27.DUCLOS,J.I. Indications et technique des diverses methodes d'obturation des canaux par voie apicale. **Rev Stomatol**, v.36, p.767-768, 1934.
- 28.EDUARDO,C.P. Clinical application of Nd:YAG Laser. **Dental Outlook**, New York, p.29-34, 1994.

- 29.ENNES,J.; LAGE-MARQUES,J.L. Análise qualitativa de alguns materiais utilizados em retrobturação - estudo "in vitro". **RPG Rev Pós Grad**, São Paulo, v.7, n.1, p.57-63, jan./mar.2000.
- 30.FEGAN,S.E.; STEIMAN,H.R. Comparative evaluation of the antibacterial effects of intracanal Nd:YAG laser irradiation: an "in vitro"study. **J Endod**, v.21, n.8, p.415-417, Aug. 1995.
- 31.FITZPATRICK,E.; STEIMAN,R. Scanning electron microscopic evaluation of finishing techniques on IRM and EBA retrofillings. **J Endod**, Baltimore, v.23, n.7, p.423-427, Jul. 1997.
- 32.FLATH,R.K.; HICKS,L. Retrograde instrumentation and obturation with new diveces. **J. Endod.**, v.13, n.11, p.546-549, Nov. 1987.
- 33.FRANK,A.L.; GLICK,D.H.; PATTERSON,S.S; WEINE,F.S. Long-term evaluation surgically placed amalgam fillings. **J Endod**, Baltimore, v.18, p.391-398, 1992.
- 34.FRIEDMAN,S. Retrograde approachs in endodontic therapy. **Endod. Dent. Traumatol.**, v.7, n.3, p.97-107, Apr. 1991.
- 35.FRIEDMAN,S; NGUYEN,H.; MAILLET,W.; KOMOROWSKI,R. Inflammatory resorption in Nd:YAG laser irradiated root surfaces. **J Endod**,v.24, n.4, p.281, Apr. 1998.
- 36.GEKELMAN,D. **Estudo in vitro dos efeitos da irradiação do laser de Nd:YAG no selamento do terço apical de obturações endodônticas executadas com e sem tampão dentinário.** São Paulo, 2000. 145f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

37. GILHEANY, P.A.; FIGDOR, D.; TYAS, M. Apical dentin permeability and microleakage associated with root end resection and retrograde filling. **J Endod**, v.20, n.1, p.22-26, Jan. 1994.
38. GOLDBERG, F.; TORRES, M.D.; BOTTERO, C.; ALVAREZ, A.F. Uso de la gutapercha termoplastizada como material para la obturación retrograda. **Rev Asoc Odontol Argent**, v.79, n.3, p.142-146, 1991.
39. GOODIS, H.E.; WHITE, J.M.; MOSKOWITZ, E.; MARSHALL, S.J. Root canal system preparation: conventional vs. Laser methods "in vitro". **J Dent Res**, v.71, p.162, 1992a. número especial. [Resumo n.454]
40. GOODIS, H.E.; WHITE, J.M.; YEE, B.; MARSHALL, G.W. Evaluation of the Nd:YAG laser in root canal sterilization. **J Dent Res**, v.71, p.564, 1992b. número especial
41. GOUW-SOARES, S.; LAGE-MARQUES, J.L.; EDUARDO, C.P. Apicoectomy by Er:YAG laser: permeability and morphological study (SEM) of the dentine cut surface. In: INTERNATIONAL LASER CONGRESS, 1996, Greece. **Proceedings...**, Greece: Monduzzi, 1996. p.365-370.
42. GOUW-SOARES, S.; TANJI, E.; MATSON, E.; LAGE-MARQUES, J.L.; EDUARDO, C.P. Apicoectomy with Er:YAG and Nd:YAG lasers. SEM and permeability study of dentine cut surface. In: INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR DENTAL RESEARCH - Division [B#-116], **J Dent Res**, Washington, v.78, n.5, p.1008, 1999.
43. GOUW-SOARES, S.; GUTKNECHT, N.; CONRADS, G.; LAMPERT, F.; MATSON, E.; EDUARDO, C.P. The bactericidal effect of Ho:YAG laser irradiation within contaminated root dentinal samples. **J Clin Laser Med Surg**, New York, v.18, n.2, p.81-87, 2000.

44. GUTKNECHT, N.; KAISER, F.; HASSAN, A.; LAMPERT, F. Long-term clinical evaluation of endodontically treated teeth by Nd:YAG lasers. **J Clin Laser Med Surg**, New York, v.14, n.1, p.7-11, 1996a.
45. GUTKNECHT, N.; MORITZ, A.; CONRADS, G.; SIEVERT, T.; LAMPERT, F. Bactericidal effect of the Nd:YAG laser "in vitro" root canal. **J Clin Laser Med Surg**, New York, v.14, n.2, p.77-80, 1996b.
46. GUTKNECHT, N.; MORITZ, A.; SCHOOP, U.; GOHARKHAY, K.; SZAKACS, S.; SPERR, W.; SCHWEIDLER, E.; WERNISCH, J. Procedures for enamel and dentin conditioning: a comparison of conventional and innovative methods. **J Esthet Dent**, v.10, n.2, p.84-93, 1998.
47. GUTMAN, J.L.; HARRISON, J.W. Periradicular curettage, root-end resection, root-end filling. In: GUTMAN, J.L.; HARRISON, J.W. **Surgical Endod**, Saint Louis: Ishiyaku EuroAmerica, 1994. Cap. 8. P.203-277.
48. HARRISON, J.W.; JOHNSON, S.A. Excisional wound healing following the use of IRM as a root end filling material. **J Endod**, v.23, n.1, p.19-27, 1997.
49. HASHIEH, I.A.; POMMEL, L.; CAMPS, J. Concentration of eugenol apically released from zinc-eugenol-based sealers. **J Endod**, Baltimore, v.25, n.11, p.713-715, Nov. 1999.
50. HIBST, R.; KELLER, U. Experimental studies of the application of the Er:YAG laser on dental hard substances: I. Light microscopic and SEM investigations. **Lasers Surg Med**, New York, v.9, n.4, p.338-344, 1989.
51. HOLLAND, R.; CARDOSO, E.P.; PEREIRA, A.L.; SOUZA, V.; SALIBA, O. Infiltração marginal dos cimentos endodônticos. **Rev Gaúcha Odontol**, v.39, n.6, p.413-416, nov./dez., 1991.

- 52.HOLT,G..M.; DUMSHA,T.C. Leakage of amalgam, composite, and super-EBA compared with a new retrofill material: Bone cement. **J Endod**, Baltimore, v.26, n.1, Jan. 2000.
- 53.INGLE,J.I. **Endodontics**. Philadelphia: Lea & Febiger, 1974.
- 54.INGLE, J.I. Endodontic Surgery. In: INGLE, J.L.; KAKLAND,L.K. **Endodontics**. 4.ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1994. P.689-763.
- 55.JACOBSEN,E.L.; KARRAS,L.G.; BeGOLE,C.A.; DANIEL,J.C. Long-term sealing efficacy of four root surface sealing materials used in endodontic leakage. **J Endod**, Baltimore, v.19, n.12, p.587-590, Dec. 1993.
- 56.KAKEHASHI,S.; STANLEY,H.R.; FITZGERALD,R.J. The effect of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, Saint Louis, v.20, n.30, p.340-349, Sept. 1965.
- 57.KAPLAN,S.D.; TANZILLI,J.P.; RAPHAEL,D.; MOODNIK,R.M. A comparison of the marginal leakage of retrograde techniques. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v.54, n.5, p. 583-585, 1982.
- 58.KELLER,U.; HIBST, R. Esperimental studies of the application of the Er:YAG laser on hard substances. II. Light microscopic and SEM investigations. **Lasers Surg Med**, New York, v.9, n.4, p.345-351, 1989.
- 59.KERSTEN,H.W.; MOORER,W.R. Particles and molecules in endodontic leakage. **Int Endod J**, v.22, p.118-124, 1989.
- 60.KOBA,K.; KIMURA,Y.; MATSUMOTO,T.; TAKEUCHI,T.; IKARUGI; SHIMIZU,T. 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.415-420, 1998.

- 61.KOMORI,T.; YOKOYAMA,K.; MATSUMOTO,Y.; MATSUMOTO,K.; TAKATO,T. Clinical experience of the Er:YAG laser for apicoectomy. **Kokubyo Gakkai Zasshi**, v.63, n.3, p.516-520, Sept. 1996.
- 62.KOMORI,T.; YOKOYAMA,K.; MATSUMOTO,Y.; MATSUMOTO,K. Er:YAG and Ho:YAG laser root resection of extracted human teeth. **J Clin Laser Surg Med**, v.15, n.1, 1997.
- 63.KUGA,M.C.; KEINE,K.C. Selamento apical e qualidade das obturações proporcionadas pela obturação retrógrada e retroinstrumentação com retrobturação. **Rev Bras Odont**, v.46, n.3, p.41-45, mai./jun., 1989.
- 64.KUTTLER,Y. **Endodencia pratica**. México: Alpha, 1961.
- 65.KVIST,T.; REIT,C. Result of endodontic retreatment: a randomized clinical study comparing surgical and nonsurgical procedures. **J Endod**, Baltimore, v.25, n.12, p.814-817, Dec. 1999.
- 66.KVIST,T.; REIT,C. Postoperative discomfort associated with surgical and nonsurgical endodontic retreatment. **Endod Dent Traumatol**, v.16, p.71-74, 2000.
- 67.LAGE-MARQUES,J.L. **Avaliação da metodologia de impermeabilização radicular externa com vistas ao estudo da permeabilidade dentinária e marginal**. São Paulo, 1992. 83f. Tese (Doutorado)-Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.
- 68.LAGE-MARQUES,J.L.; EDUARDO,C.P.; MATSUMOTO,K. A study on morphological changes of the root canl walls lased pulsed Nd:YAG laser. **J Japan Endodon Assoc**, v.16, n.1, p.64-69, Jun. 1995.

69. LAGE-MARQUES, J.L. **Avaliação dos efeitos da irradiação laser utilizando Nd:YAG, CO₂ e Argônio no selamento dentinário e marginal de obturações retrógradas.** 122f. São Paulo, 1997. Tese (Livre Docência em Endodontia) - Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.
70. LAN, W.H.; CHEN, K.W.; JENG, J.H.; LIN, C.P.; LIN, S.K. A comparison of the morphological changes after Nd:YAG laser irradiation of dentin surfaces. **J Endod**, Baltimore, v.26, n.8, p.450-459, Aug. 2000.
71. 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.691-693, Nov. 1997.
72. MADER, C.L.; BAUMGARTER, J.C. Scanning electron microscopic examination of endodontics smear layer. **J Dent Res**, v.64, sp. Iss., p. 239, 1985 (Abstract 580).
73. MAILLET, W.A.; TORNECK, C.D.; FRIEDMAN, S. Connective tissue response to root surfaces resected with Nd:YAG laser or burs. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v.82, n.6, p.681-690, Dec. 1996.
74. MALDONADO, E.P.; RIBEIRO, M.S.; ZAZELL, D.M. **Interação da luz laser com tecidos biológicos.** São Paulo: Mestrado Profissionalizante Laser em Odontologia - IPEN - FOUSP, 2000. Apostila de curso
75. MATTISON, G.D.; VON FRAUNHOFER, J.A.; DELVANIS, P.D.; ANDERSON, A.N. Microleakage of retrograde amalgams. **J Endod**, v.11, n.8, p.340-345, Aug. 1985.
76. MISERENDINO, L.J.; ILL, W. The laser apicoectomy: Endodontic application of the CO₂ laser for periapical surgery. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v.66, n.5, p.615-619, Nov. 1988.

- 77.MISERENDINO,L.J.; LEVY,G.C.; ABT,E.; RIZOIU,I.M. 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, Jul. 1994.
- 78.MISERENDINO,L.J.; LEVY,G.; MISERENDINO,C.A.; Laser interaction with biologic tissues. In MISERENDINO,L.J.; PICK,R.M. **Lasers in dentistry**. Illinois:Quintessence, 1995. P.39-55.
- 79.MOLVEN,O.; OLSEN,I.; KEREKES,K. Scanning electron microscopy of bacteria in the apical part of root canals in permanent teeth with periapical lesions. **Endod Dent Traumatol**, v.7, n.5, p.226-229, Oct. 1991.
- 80.MOODNICK,R.M.; LEVEY,M.H.; BENSON, M.A.; BORDEN,B.C. Retrograde amalgam filling: a scanning electron microscopic study. **J Endod**, v.1, n.1, p.28-31, Jan. 1975.
- 81.MORGAN,L.A.; MARSHALL,J.G. The topography of root ends resected with fissure burs and refined with two types of finishing burs. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v.85, n.5, p.585-591, May. 1998.
- 82.MORITZ,A.; GUTKNECHT,N.; GOHARKHAY,K.; SCHOOP, U.; WERNISCH,J.; POHN,C.; SPERR,W. The carbon dioxide laser as an aid in apicoectomy: an "in vitro" study. **J Clin Laser Med Surg**, v.15, n.4, p.185-188, 1997.
- 83.MORITZ,A.; SCHOOP,U.; GOHARKHAY,K.; JAKOLITSCH,S.; KLUGER,M.D.; WERNISCH,D.T. The bactericidal effect of Nd:YAG, Ho:YAG and Er:YAG laser irradiation in the root canal: An "in vitro" comparison. **J Clin Laser Med Surg**, New York, v.17, n.4, p.161-164, 1999.

- 84.MOSHNOV,J.; ORSTRAVIK,D.; YAMAUCHI,S.; PETTIETTE,M.; TROPE,M.
Nd:YAG laser irradiation in root canal disinfection. **Endod Dent Traumatol**, v.11, p.220-224, 1995.
- 85.NAIR,P.N.R.; SJÖGREN,U.; KAHNBERG,K.E.; SUNDQVIST,G.
Intraradicular bacteria and fungi in root-filled, asymptomatic human teeth with therapy resistant periapical lesions: a long-term light and electron microscopic follow-up study. **J Endod**, Baltimore, v.16, n.12, p.580-588, Dec. 1990.
- 86.NEGM,M.M. The effect of varnish and pit and fissure sealants on the sealing capacity of retrofilling techniques. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v.66, n.4, p.483-488, Oct. 1988.
- 87.NYGAARD-OSTBY,B. **Apicectomy**: introduction to endodontics. Oslo: Universitetsforlaget, 1971, p.73-75.
- 88.OLIVER,C.M.; ABBOTT, P.V. Relationship between apical leakage and clinical success of root fillings. **J Endod**, v.23, n.4, p.253, Apr. 1997 (18).
- 89.OZATA,F.; ERDILEK,N.; TEZEL,H. A comparative seability study of different retrofilling materials. **Int Endod J**, v.26, n.4, p.241-245, Sept. 1993.
- 90.PAGHDIWALA,A.F. Root resection of endodontically treated teeth by Er:YAG laser radiation. **J Endod**, v.19, n.2, p.91-94, Feb. 1993.
- 91.PASHLEY, D.H.; MICHELICH,V.; KEHL,T. Dentin permeability: effects of smear layer removal. **J Prosth Dent**, v.46, n.5, p.531-537, Nov. 1981.
- 92.PILATTI,G.L.; ZARDO,M.; QUEIRÓS,A.J.G.; JUCKSCH,S.M.C. Estudo "in vitro" da microinfiltração apical em retrobturações. Uma avaliação de diferentes materiais utilizados. **Rev Paul Odontol**, São Paulo, v.16, n.5, p.39-44, set./out., 1994.

93. POWELL, G.L.; MORTON, T.H.; LARSEN, A.E. Pulpal response to irradiation of enamel with continuous wave CO₂ laser. **J Endod**, v.15, n.12, p.581-583, Dec. 1989.
94. PURICCELI, E. Cirurgia periapical - estágio atual. In: BOTTINO, M.A.; FELLER, C. (coord.) **Atualização na clínica odontológica: o dia-a-dia do clínico geral**. São Paulo: Artes Médicas, 1992. P.23-32
95. RENTON-HARPER, P.; MIDDHA, M. Nd:YAG laser treatment of dentinal hypersensitivity. **Br Dent J**, v.11, p.13-16, Jan. 1992.
96. RUBSTEIN, R.A.; KIM, S. Short-term observation of the results of endodontic surgery with the use of a surgical operation microscope and Super-EBA as root-end filling material. **J Endod**, Baltimore, v.25, n.1, p.43-48, Jan. 1999.
97. RUD, J.; ANDREASEN, J.O. Operative procedures in periapical surgery with contemporaneous root filling. **Int J Oral Surg**, v.1, n.6, p.297-310, 1972.
98. RYSKAMP, K.R.; BAKLAND, L.K.; TORABINEJAD, M. Dye leakage in dentin bonded resins used as retrofilling materials. **J Endod**, v.10, n.4, p.140-145, Apr. 1985.
99. SEKA, W.; FEATHERSTONE, J.D.B.; FRIED, D.; VISURI, S.R.; WALSH, J.T. Laser ablation of dental hard tissue: from explosive ablation to plasma-mediated ablation. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM BIOMEDICAL OPTICS - LASERS IN DENTISTRY, II., 1996, Bellingham. **Anais...** San Jose: SPIE, 1996, v.2672, p.144-158.
100. 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.274-281, 1997.

- 101.SJÖGREN,U.; HÄGGLUND,B.; SUNDQVIST,G.; WING,K.; Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. **J Endod**, Baltimore, v.16, p.498-505, 1990.
- 102.SOLTANOFF, W. Apical sealing procedures. **J Br Endod Soc**, v.7, n.1, p.12-16, 1974.
- 103.SOMMER,R.F. Essentials for successful root resection. **Am J Orthos & Oral Surg**, v.32, p.76-100, 1946.
- 104.SOMMER, R.F.; OSTRANDER, F.D.; CROWLEY,M.C. **Clinical endodontics: a manual of scientific endodontics**. Philadelphia: Saunders, 1956, p.323-364.
- 105.STABHOLZ,A.; SHANI,J.; FRIEDMAN,S.; ABED,J. Marginal adaptation of retrograde fillings and its correlation with sealability. **J Endod**, v.11, n.5, p. 218-223, May. 1985.
- 106.STABHOLZ,A.; KHAYAT,A.; RAVANSHAD,S.H.; Mc CARTHY,D.W.; NEEV,J.; TORABINEJAD,M. Effects of Nd:YAG laser on apical seal of teeth after apicoectomy and retrofill. **J Endod**, v.18, n.8, p.371-375, Aug. 1992a.
- 107.STABHOLZ,A.; KHAYAT,A.; WEEKS,D.A.; NEEV,J.; TORABINEJAD,M. Scanning electron microscopic study of the apical dentine surfaces lased with Nd:YAG laser following apicoectomy and retrofill. **Int Endod J**, v.25, p.288-291, 1992b.
- 108.STABHOLZ, A., et al. Effect of ArF 193nm excimer laser on human dentinal tubules. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v.75, n.1, p.90-94, Jan. 1993a.

109. STABHOLZ, A., et al. Sealing of human tubules by XeCl 308nm Excimer laser. **J Endod**, Baltimore, v.19, n.6, p.267-271, June 1993b.
110. STARKEY, D.L.; ANDERSON, R.W.; PASHELY, D.H. An evaluation of the effect of methylene blue dye pH on apical leakage. **J Endod**, v.19, n.9, p.435-439, Sep. 1993.
111. STASHENKO, P. The role of immune cytoines in the pathogenesis of periapical lesions. **Endod Dent Traumatol**, Compenhagem, v.6, p.89-96, Feb. 1990.
112. STERN, R.H.; SOGNAES, R.F. Laser bean effect on dental hard tissues. **J Dent Res**, v.43, n.5, p.873, 1964 (Abstract 307).
113. STEVE, D.; STEVE, S. An "in vitro" comparison of sealing ability of materials placed in lateral root perforations. **J Endod**, Baltimore, v.16, n.1, p.19-23, Jan. 1990.
114. SWANSON, K.; MADISON, S. An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part I: time periods. **J Endod**, v.13, n.2, p.56-59, Feb. 1987.
115. TAMSE, A.; KATZ, A.; KABLAN, F. Comparison of apical leakage shown by four different dyes with two evaluating methods. **Int Endod J**, v.31, n.5, p.333-337, 1998.
116. TANJI, E.Y. **Alterações morfológicas do esmalte e dentina de cavidades classe I preparadas com o laser de Érbio:YAG - estudo in vitro**. São Paulo, 1998. 76f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.
117. TANJI, E.Y.; GOUW-SOARES, S.; EDUARDO, C.P. S.E.M. of the root canals irradiated with Er:YAG and Nd:YAG lasers. In: International Association

- for Dental Research - Division Abstracts, **J Dent Res**, Washington, v.78, n.5, p.976, 1999. (Resumo n. A-126).
118. TESTORI, T.; CAPELLI, M.; MILANI, S.; ROBERTO, L. Success and failure in periradicular surgery: a longitudinal retrospective analysis. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v.87, n.4, p.493-498, Apr. 1999.
119. TIDMARSH, B.G.; ARROWSMITH, M.G. Dentinal tubules at the root end of apicect teeth: a SEM study. **Int Endod J**, v.22, n.4, p.184-189, 1989.
120. TRONSTAD, L.; BARNETT, F.; RISO, K.; SLOTS, J. Extra-radicular endodontic infections. **Endod Dent Traumatol**, v.3, p.86-90, 1987.
121. TRONSTAD, L.; BARNETT, F.; CERVONE, F. Periapical bacterial plaque in teeth refractory to endodontic treatment. **Endod Dent Traumatol**, v.6, n.2, p.73-77, Apr. 1990.
122. TROPE, M.; LOST, C.; SCHMITZ, H.J.; FRIEDMAN, S. Healing of apical periodontitis in dogs after apicoectomy and retrofilling with various fillings materials. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, Saint Louis, v.81, n.2, p.221-227, Feb. 1996.
123. VALERA, M.C. **Avaliação da infiltração marginal de corante, via coronária, em função do momento, nível de corte das obturações dos canais radiculares e armazenamento em saliva**. Bauru, 1993. 89f. Dissertação (Mestrado em Endodontia) Faculdade de odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo.
124. 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.335-360, out./dez. 1998.
125. VERTUCCI, F.J.; BEATTY, R.G. Apical leakage associated with retrofilling techniques: a dye study. **J Endod**, v.12, n.8, p.331-336, Aug. 1986.
126. 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).
127. VON ARX, T.; WALKER, W.A. Microsurgical instruments for root-end cavity preparation following apicoectomy: a literature review. **Endod Dent Traumatol**, v.16, p.47-62, Apr. 2000.
128. WEASTON, G.D.; MOULE, A.J.; BARTOLD, P.M. A scanning electron microscopic evaluation of root surfaces and the gutta-percha interface following root resection in vitro. **Int Endod J**, v.32, p.450-458, 1999.
129. WEICHMAN, J.A.; JOHNSON, F.M. Laser use in endodontics: a preliminary investigation. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v.31, n.3, p.416-420, Mar. 1971.
130. WEICHMAN, J.A.; JOHNSON, F.M.; NITTA, L.K. Laser use in endodontics: **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v.34, n.5, p.828-830, Nov. 1972.
131. WHITE, J.M.; NEEV, J.; GOODIS, H.E.; BERNS, M.W. Surface temperature and thermal penetration depth of Nd:YAG laser applied to enamel and dentin. In: **SPIE Proceedings**, v.1643 Laser Surgery, 1992, p.423-436.
132. WHITE, J.M.; GOODIS, H.E.; SETCOS, J.C.; EAKLE, W.S.; HULSCHER, B.E.; ROSE, C.L. Effects of pulsed Nd:YAG laser energy on human teeth: a three year follow-up study. **JADA**, v.124, p.45-51, July. 1993.

133. WONG, W.S.; ROSENBERG, P.A.; BOYLAN, R.J.; SCHULMAN, A. A comparison of the apical seals achieved using retrograde amalgam fillings and the Nd:YAG laser. **J Endod**, v.20, n.12, p.595-597, 1994.
134. ZAKARIASEN, K.L.; DEDERICH, D.N.; TULIP, J. Laser fusion of dentin plugs in root canals. **J Dent Res**, v.64, p.239, 1985 (Abstrac 579).
135. ZHANG, C.; KIMURA, Y.; MATSUMOTO, K.; HARASHIMA, T.; ZHOU, H. Effects of pulsed Nd:YAG laser irradiation on root canal wall dentin with different laser initiators. **J Endod**, v.24, n.5, p.352-355, May 1998.
136. ZUOLO, M.L.; FERREIRA, M.O.; GUTMANN, J.L. Prognosis in periradicular surgery: a clinical prospective study. **Int Endod J**, v.33, p.91-98, 2000.



M22171



Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 - Cidade Universitária - CEP 05508-000

Fone (0XX11) 3816-9000 - Fax (0XX11) 3812-3546

SÃO PAULO - São Paulo

[Http://www.ipen.br](http://www.ipen.br)

O Ipen é uma autarquia vinculada à Secretaria de Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico do Estado de São Paulo, gerida técnica, administrativa e financeiramente pela Comissão Nacional de Energia Nuclear e associada à Universidade de São Paulo para fins de ensino de Pós-Graduação.