

Estudo In Vitro das alterações morfológicas da superfície de raízes submetidas à apicectomia e irradiadas com laser de Nd:YAG.*

Morphological alteration of root surfaces after apicoectomy and Nd: yag laser irradiation: an in vitro study

Carlos Eduardo Baraldi**

Edela Puricelli** **

RESUMO

Introdução: os índices de sucesso da cirurgia apical são variáveis, sendo diversas as causas de fracasso relatadas na literatura. Dentre elas, a permeabilidade da dentina exposta na superfície apical após apicectomias tem recebido grande atenção. A irradiação com laser de Nd:YAG é capaz de diminuí-la, mas não se conhece completamente seu efeito sobre a superfície de corte apical. **Proposição:** avaliar as alterações morfológicas da superfície de corte apical promovidas pela irradiação com laser de Nd:YAG sem contato, em diferentes potências, *in vitro*. **Metodologia:** trinta dentes caninos humanos, após a remoção de suas coroas, receberam tratamento endodôntico e tiveram seus quatro milímetros mais apicais ressecados com fresa cirúrgica em baixa rotação, sob irrigação. Foram divididos em três grupos de dez dentes cada. A metade da área de suas superfícies apicais foi irradiada com laser de Nd:YAG, à distância de dois milímetros entre a extremidade da fibra óptica e o tecido alvo, durante 30 segundos. As potências médias empregadas foram 1,6 W, 2,0 W e 2,4 W, variando de acordo com os respectivos grupos. As raízes foram estudadas com MEV. **Resultados:** áreas de fusão e derretimento da superfície de *smear layer* foram observadas nas superfícies irradiadas, que se mostraram mais compactas pela diminuição da porosidade. Crateras e áreas de danos térmicos foram de observação eventual. Os efeitos da irradiação não foram homogêneos ao longo das superfícies. **Conclusões:** o laser de Nd:YAG, aplicado sem contato nas condições descritas, foi capaz de promover fusão e recristalização da *smear layer* nas superfícies de corte de apicectomias.

UNITERMOS

Apicectomia Lasers Cirurgia bucal

INTRODUÇÃO

A cirurgia apical é a forma de tratamento mais indicada para tratamento de lesões periapicais refratárias à terapia endodôntica convencional, ou na impossibilidade da realização deste (PURICELLI, 1992; INGLE e colaboradores, 1994; GUTTMAN e HARRISON, 1994). Seus índices variáveis de sucesso (HARTY e colaboradores, 1970; RUD e colaboradores, 1972; RUD e ANDREASEN, 1972b; MOLVEN e colaboradores, 1991a; FRIEDMAN e colaboradores, 1991a) estimulam a pesquisa. A busca por novas técnicas, que possam aumentar sua eficácia, tornou-se um desafio.

Dentre as causas de insucesso citadas, destacam-se atualmente a permeabilidade dentinária através da superfície de corte (TIDMARSH e ARROWSMITH, 1989; ICHESCO, 1991; GUTTMAN e PITT FORD, 1993), e a falta de lisura da referida superfície

(NEDDERMAN e colaboradores, 1988; MORAIS, 1997; MORGAN e MARSHALL, 1998).

A radiação laser, com suas propriedades de corte, coagulação, vaporização, carbonização, derretimento e recristalização dos tecidos, surgiu como um instrumento de grande valor para a Odontologia, a partir dos pioneiros STERN e SOGGNAES (1964). Desde então, esta nova forma de energia vem sendo estudada em diversas aplicações, tais como a prevenção de cáries (CECCHINI, 1997), tratamento e retratamento endodôntico (EDUARDO e colaboradores, 1993; GUTKNECHT e colaboradores, 1996a), e preparo cavitário (WHITE e colaboradores, 1993; CECCHINI, 1995; ZZZEL e colaboradores, 1995), dentre outras. Seu potencial de redução microbiana também está bem demonstrado (KLINKE e colaboradores, 1997), assim como seu emprego na cirurgia de tecidos moles buco-maxilo-faciais e cervicais (PECARO e

GAREHIME, 1983; BRADLEY, 1997). A pesquisa e utilização da radiação laser em cirurgia apical vem difundindo-se cada vez mais (MISERENDINO, 1988; FRIEDMAN e colaboradores, 1991b; PAGHDIWALA, 1993; KOMORI e colaboradores, 1996; KOMORI e colaboradores, 1997b; MELCER e colaboradores, 1996; GOUW-SOARES e colaboradores, 1996). Estudos sugerem que sua utilização é capaz de reduzir a quantidade de bactérias em discos de dentina de espessura variável (KLINKE e colaboradores, 1997), e diminuir a infiltração através dos túbulos dentinários (STABHOLZ e colaboradores, 1992a; ARENS e colaboradores, 1993; LAGE-MARQUES e colaboradores, 1995; LAGE-MARQUES, 1997). Dentre os diferentes tipos de laser indicados para este fim, destaca-se o de Nd:YAG (STABHOLZ e colaboradores, 1992a; STABHOLZ e colaboradores, 1992b; FACHIN, 1997; CUNHA, 1997).

A utilização do laser de Nd:YAG em

* Resumo da dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia – Mestrado em Clínicas Odontológicas – Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Facial

** Mestre em Clínicas Odontológicas – CTBMF – Faculdade de Odontologia da UFRGS

*** Coordenadora da área de CTBMC, Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Profa. Adjunta do Depto. de Cirurgia e Ortopedia da Faculdade de Odontologia da UFRGS, Orientadora do trabalho.

de varredura foi realizada no Laboratório de Microscopia Eletrônica Universidade Luterana do Brasil¹⁰. Como preparo para análise no microscópio eletrônico de varredura as raízes foram desidratadas através de imersão seriada em soluções de álcool etílico a 70, 80, 90 e 100 GL, permanecendo por seis horas em cada solução. Após, realizou-se a secagem a vácuo. As raízes foram montadas em *stubs* próprios para o microscópio utilizado, com a face apical voltada para cima. A fixação no mesmo foi obtida com uso de adesivo de ação rápida¹¹. Adesivo condutor de corrente elétrica¹² foi aplicado posteriormente entre a base do *stub* e a raiz já fixada, e o conjunto foi levado para metalização¹³.

RESULTADOS

Ao exame macroscópico, não se observaram diferenças marcantes entre as superfícies apicais irradiadas com laser e as não irradiadas. Exceto pela carbonização da obturação endodôntica no lado irradiado, o aspecto superficial foi semelhante. Pequenos pontos de carbonização foram ainda encontrados em apenas um dos espécimes do grupo II. Do ponto de vista microscópico, os espécimes irradiados com laser exibiram áreas de tecido compactado devido à fusão e recristalização da *smear layer*. Estas áreas possuíam aspecto liso. Sua distribuição mostrou-se irregular na superfície do espécime, e a quantidade de áreas variável dentre os espécimes. Góticulas de material fundido e recristalizado foram observadas em algumas áreas, bem como a ocorrência de trincas. Pequenas crateras foram identificadas, como ocorrência eventual. A lisura das áreas de aspecto fundido e recristalizado chamou a atenção, sendo contrastante com a aspereza e irregularidade das superfícies não irradiadas. Os túbulos dentinários mostraram-se mais freqüentemente fechados nos espécimes irradiados, do que nos não irradiados, onde uma camada áspera e irregular de *smear layer* os recobria parcialmente. A irregularidade de ocorrência das áreas de fusão e recristalização dentre a superfície dos espécimes irradiados foi digna de nota. Algumas vezes, estas foram identificadas em proximidade a áreas ásperas e irregulares, semelhantes às observadas nas superfícies não irradiadas.

Danos ao vedamento da obturação endodôntica foram observados, quando a área do canal radicular foi irradiada. A carbonização do material obturador provocou o aparecimento de fendas entre a obturação e as paredes do canal radicular.

DISCUSSÃO

A cirurgia apical é a alternativa terapêutica mais aceita frente ao insucesso do tratamento ou retratamento endodôntico (PURICELLI, 1992; GUTMANN e PITT FORD, 1993; INGLE e colaboradores, 1994). A ressecção apical, ou apicectomia, por sua vez, é fundamental para o sucesso desta cirurgia. Ao eliminar o ápice dentário, região onde o processo radicular e o sistema de canais apresentam grande incidência de alterações anatômicas (GUTMANN e PITT FORD, 1993; GUTTMAN e HARRISON, 1994; INGLE e colaboradores, 1994) e iatrogenias decorrentes ao tratamento endodôntico (GUTMANN e PITT FORD, 1993; GUTTMANN e HARRISON, 1994), busca-se minimizar a contaminação. Evidências de microrganismos no interior dos canais radiculares apicais de dentes tratados endodonticamente (NAIR e colaboradores, 1990; LIN e colaboradores, 1991), e da superfície apical de dentes portadores de periodontites apicais já foram demonstradas (TRONSTAD e colaboradores, 1990a; TRONSTAD e colaboradores, 1990b). Estas reforçam claramente a necessidade de remoção do ápice dentário para eliminação completa dos agentes irritantes do periodonto apical, na presença de lesões periapicais refratárias ao tratamento endodôntico convencional.

Dentre as causas de insucesso das apicectomias, a falta de lisura e a permeabilidade da dentina exposta na superfície de corte apical tem recebido, no momento, grande atenção. Com relação à permeabilidade dentinária, esta pode levar à infiltração dos túbulos dentinários, permitindo a passagem de irritantes provenientes do canal radicular para o periodonto apical, levando à recidiva do processo inflamatório. VERTUCCI e BEATTY (1986) observaram menor infiltração de corante *in vitro* ao recobrir a superfície apical com verniz cavitário, despertando atenção para a possibilidade

da permeabilidade dentinária contribuir para o insucesso das apicectomias. Posteriormente TIDMARSH e ARROWSMITH (1989) avaliaram a quantidade e disposição dos túbulos dentinários expostos após a ressecção apical em bisel. Encontraram grande quantidade dos mesmos, e demonstraram sua comunicação com o sistema de canais radiculares. ICHESCO e colaboradores (1991) demonstraram *in vitro* que dentes submetidos à apicectomia são mais susceptíveis à infiltração, principalmente em pacientes jovens. GILHEANY e colaboradores (1994) observaram que o aumento da profundidade da retrobturação foi capaz de reduzir a infiltração através da dentina, provavelmente devido ao fechamento dos túbulos expostos na superfície de corte, em sua extremidade voltada para o canal radicular.

A infiltração através da dentina é influenciada pela presença e espessura da *smear layer*. Segundo PASHLEY e colaboradores (1978), esta é responsável por 86% da resistência à passagem de fluidos. Sua remoção aumenta de maneira marcante a infiltração (PASHLEY e MICHELICH, 1981), devido à desobstrução dos túbulos dentinários, permitindo a passagem de produtos irritantes (PASHLEY, 1984) ou mesmo microorganismos através desta (MICHELICH e colaboradores, 1980). O papel da *smear layer* na cirurgia apical foi muito pouco estudado.

A partir dos trabalhos de VERTUCCI e BEATTY (1986), TIDMARSH e ARROWSMITH (1988), ICHESCO e colaboradores (1991) e GILHEANY e colaboradores (1994), ficou claro que um método capaz de selar os túbulos dentinários expostos na superfície de corte apical seria desejável, podendo contribuir para o sucesso da cirurgia apical. Os resultados advindos da remoção da *smear layer* permanecem como uma dúvida, uma vez que favorecem o processo de reparo do periodonto apical (CRAIG e HARRISON, 1993), mas apenas em condições assépticas.

O pioneirismo no emprego do laser em cirurgia apical coube a MISERENDINO (1988), utilizando laser de CO₂. Estudos experimentais (FRIEDMAN e colaboradores, 1991b), histológicos (FRIEDMAN e colaboradores, 1992) e de

1 Super Bonder, Loctite, Brasil

2 Conductive Silverpaint, Electron Microscopy Science, Washington, EUA

3 Metalizadora Baltec MED-020, Balzer, Lichtenstein

infiltração de corante (FRIEDMAN e colaboradores, 1991c) em cães, entretanto, não demonstraram vantagens decorrentes da utilização do laser de CO₂ em cirurgia apical. FRIEDMAN e colaboradores (1992), SILVA e colaboradores (1994) e KOMORI e colaboradores (1997a) observaram danos térmicos na superfície de corte apical, decorrentes de sua aplicação. FACHIN (1997) estudou sua utilização em trincas radiculares longitudinais, relatando vaporização tecidual nos bordos das mesmas. Apesar de relatos favoráveis à sua utilização *in vivo*, como os de MISERENDINO (1988) e MELCER e colaboradores (1996), este último com períodos extensos de observação, até o momento não existem evidências de vantagens da apicectomia utilizando laser de CO₂ sobre as técnicas convencionais.

O laser de Nd:YAG, por sua vez, é capaz de diminuir a permeabilidade apical, associado ou não à obturação retrógrada, quando aplicado em contato com o tecido alvo (STABHOLZ e colaboradores, 1992a; ARENS e colaboradores, 1993; LAGE MARQUES e colaboradores, 1995; WONG e colaboradores, 1994). Na MEV, observa-se fusão e recristalização da dentina, às vezes no interior de crateras de bordos elevados, configurando uma superfície pouco homogênea (STABHOLZ e colaboradores, 1992b). Isso se deve provavelmente ao dano térmico provocado pela temperatura excessiva na interface entre o tecido e a fibra óptica. Segundo ARENS e colaboradores, ocorre interação entre esta última e o tecido dentário, evidenciada pela diminuição do comprimento da fibra durante a aplicação. Estes danos térmicos, ao tornar a superfície excessivamente rugosa e irregular, podem diminuir sua biocompatibilidade, analogamente ao que ocorre com as superfícies de cimento irradiadas em contato. Estudos *in vitro* têm mostrado menor adesão de fibroblastos sobre estas superfícies. As células se distribu-

em perifericamente às áreas de dano térmico, sejam elas caracterizadas por carbonização, crateras ou esferas de material fundido e recristalizado (TRYLOVICH e colaboradores, 1992; THOMAS e colaboradores, 1994). Estes achados justificam o atraso no processo de reparo junto à superfície de discos de dentina cortados com laser de Nd:YAG em contato, comparado às superfícies cortadas com broca, conforme relatado por MAILLET e colaboradores (1996), em ratos. O laser de Nd:YAG também é capaz de diminuir a permeabilidade dentinária, quando aplicado sem contato, como demonstrado em discos de dentina por SCHALLER e colaboradores (1997).

No presente estudo, superfícies apicais obtidas através de apicectomia com fresa cirúrgica em baixa rotação e sob irrigação constante, tiveram metade de sua área irradiada com laser de Nd:YAG. A fim de minimizar possíveis variações no padrão das superfícies a serem observadas, a ressecção apical foi executada perpendicular ao longo eixo radicular, evitando-se a forma de bisel. Três diferentes condições de irradiação foram estudadas, selecionadas a partir dos estudos de CUNHA (1997) e SCHALLER e colaboradores (1997). A irradiação foi realizada sem contato entre a fibra óptica e o tecido alvo, a uma distância constante de dois milímetros. A fibra foi mantida perpendicular à superfície irradiada, de forma que a densidade de energia fosse homogênea em toda a área do *spot* do laser. Optou-se pela aplicação do laser sem contato a partir das observações de fusão e recristalização da superfície tecidual descritas por DEDERICH e colaboradores (1984), FACHIN (1997) e CUNHA (1997), respectivamente nas paredes do canal radicular, em trincas radiculares, e em cimento apical. Achados comuns a estes autores foram a formação de superfície lisa, compacta e com os túbulos dentinários fechados, nas áreas irradiadas com laser de Nd:YAG. Estas observações diferiram daquelas descritas por STABHOLZ e colaboradores (1992b),

TRYLOVICH e colaboradores (1992), e THOMAS e colaboradores (1994). Após a aplicação do laser em contato com os tecidos dentários, estes também encontraram superfícies fundidas e recristalizadas, mas de aspecto áspero e irregular, indesejável em cirurgia apical. A distância de dois milímetros foi mantida constante para maior segurança na observação dos efeitos da irradiação, no presente modelo experimental.

As superfícies irradiadas apresentaram aspecto liso e compacto, compatível com fusão e recristalização da *smear layer*. Eventualmente foram observadas crateras e áreas de carbonização. As superfícies de controle mostraram-se irregulares e mais ásperas, com grande número de áreas de porosidade. Muitos dos espécimes apresentaram trincas, tanto nas superfícies irradiada, com nas de controle. As mesmas deveriam-se, provavelmente, à técnica de preparo para a MEV.

Estas observações estão de acordo com relatos prévios de irradiação de dentina com laser. STABHOLZ e colaboradores (1992b) observaram irregularidade nos efeitos do laser ao longo das superfícies apicais de dentes apicetomizados e irradiados com laser de Nd:YAG. Áreas de fusão e recristalização ocorreram em proximidade a áreas similares às de controle. Os autores apontaram que uma maior homogeneidade dos efeitos poderia contribuir para diminuir ainda mais os escores de infiltração de corante observados previamente em raízes irradiadas (STABHOLZ e colaboradores, 1992a). FRIEDMAN e colaboradores (1991b) apontaram a irradiação pontual das superfícies apicais com laser de CO₂ como uma possível causa por não terem sido observadas diferenças no sucesso de cirurgias apicais utilizando ou não laser, em cães. SCHALLER e colaboradores (1997) afirmaram que a aplicação manual do laser poderia ocasionar irregularidade na dose energética aplicada em cada área, com conseqüente variação dos efeitos ao longo da região irradiada.

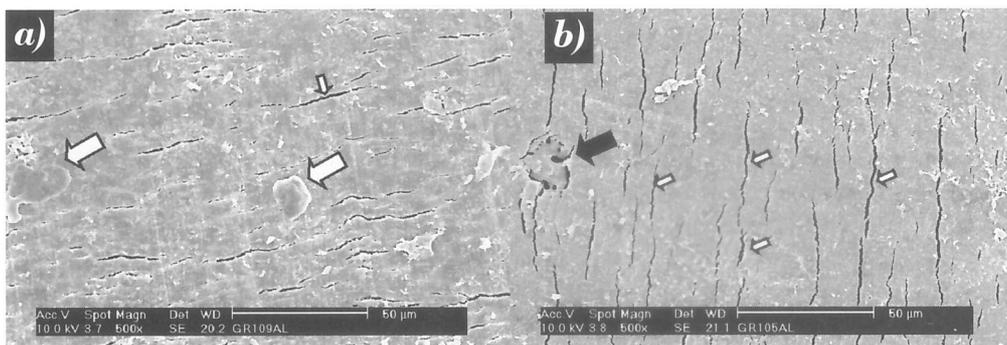


Figura 1: Eletromicrografias de superfícies irradiadas, magnificação de 500 vezes. **1a:** Observar as gotículas de material fundido e recristalizado (seta branca grande), e a superfície de aspecto compacto. **1b:** Observar cratera de fundo poroso (seta negra), e a superfície de aspecto compacto. Não se pode afirmar se as trincas (setas pequenas) são artefato do preparo do espécime, ou não.

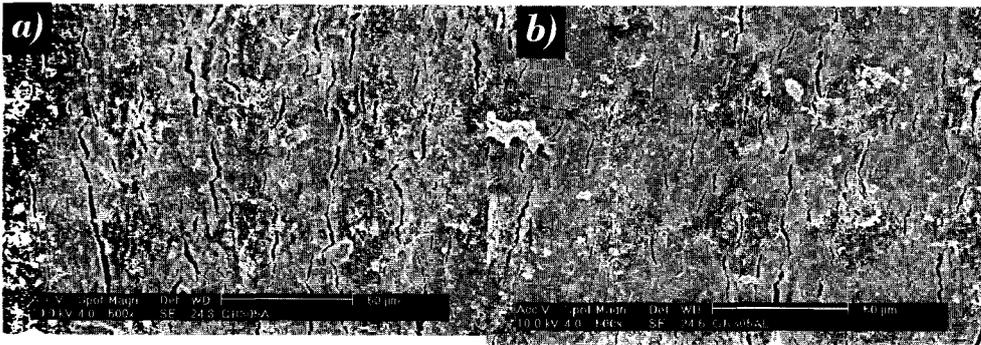


Figura 2: Eletromicrografias das superfícies do espécime 05, grupo III, magnificação de 500 vezes. **2a:** área de controle, observar a superfície rugosa e irregular. **2b:** área irradiada, observar o aspecto de fusão e recristalização da *smear layer*, de aparência lisa e compacta.

Figura 3: Eletromicrografias de superfícies do espécime 07, grupo I, magnificação de 2000 vezes. **3a:** área de controle, observar aspecto rugoso e irregular. **3b:** área irradiada, observar a lisura e a compactação.

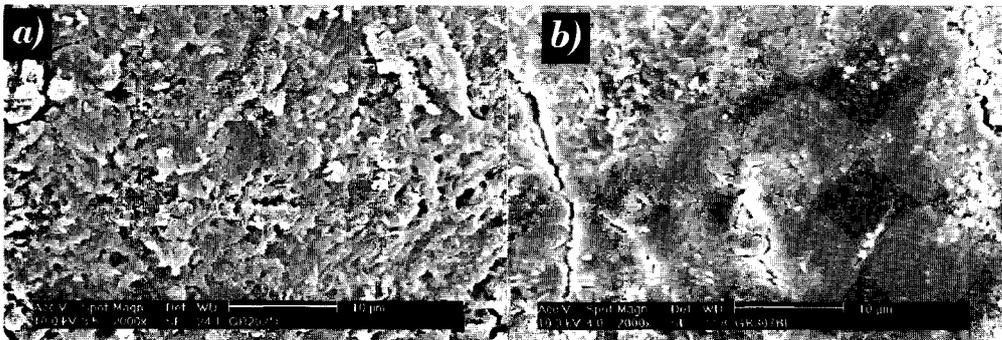
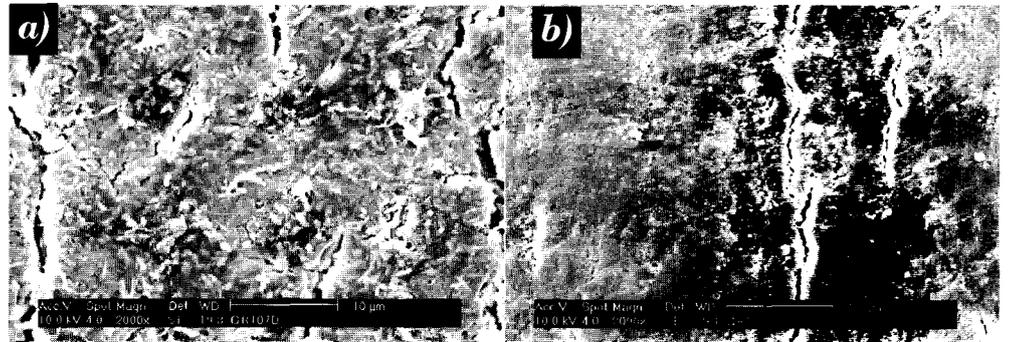
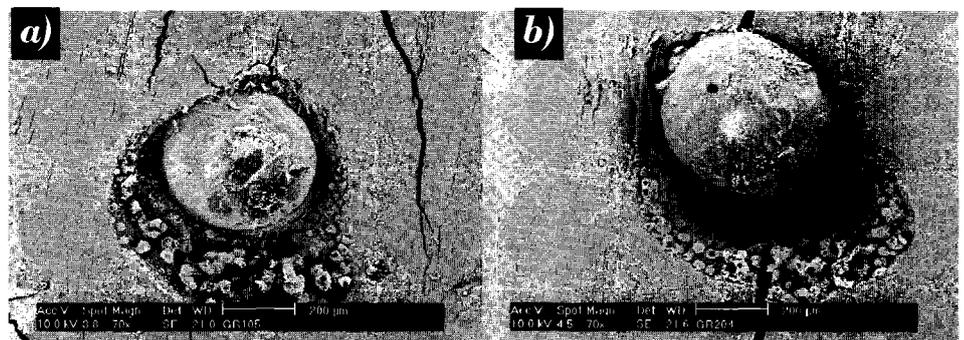


Figura 4: Eletromicrografias de superfícies do espécime 02, grupo II, magnificação de 2000 vezes. **4a:** área de controle, observar a superfície rugosa e irregular, com grande número de áreas de porosidade. **4b:** área irradiada, observar a presença de áreas de superfície lisa e compacta, com aspecto de fusão e recristalização, ao lado de áreas rugosas e irregulares (destaque).

Figura 5: Eletromicrografias de superfície irradiadas, magnificação de 70 vezes. Observar o dano causado pelo laser às obturações de conduto.



CONCLUSÕES

Segundo as condições nas quais este estudo experimental foi executado, concluímos que o laser de Nd:YAG foi capaz de promover fusão e recristalização da *smear layer*, na superfície de corte de apicectomias, nas condições de irradiação descritas. Danos térmicos foram de observação eventual.

SUMMARY

Introduction: success rates of apical surgery are variable, and there are several causes of failure related in the literature. Among them, permeability of exposed dentin at the apical surface after apicoectomies has been receiving much attention. Nd:YAG laser irradiation can decrease this permeability, but its effects on root surface are not completely known. **Objectives:** evaluate morphological alterations of apical surface, specially surface smoothness, after Nd:YAG non contact laser

irradiation, in different powers, *in vitro*. **Material and Methods:** thirty extracted human cusps, maintained in distilled water had its crowns removed, and were endodontically treated in standard technique. Apicoectomy was performed, removing 4 mm most apical of roots, using handpiece. Teeth were divided in three groups of 10 each. Half of the area of each apical surface was irradiated with Nd:YAG laser in non contact mode, for 30 seconds. Three different powers were used -

1,6 W, 2,0 W and 2,4 W - according to each group. The apical surfaces were studied using SEM. **Results:** areas of melting and recrystallization of smear layer were observed on irradiated surfaces, which seemed more compact because of absence of porosity. Craters and areas of thermal damage were eventually observed. The effects were not homogeneous along the surfaces. **Conclusion:** Nd:YAG non contact laser irradiation of apical surfaces after apicoectomy, in the conditions described, was able to produce melting and recrystallization of *smear layer* of apical surface.

KEYWORDS

Apicoectomy; Lasers; Surgery, Oral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREASEN, J. O. RUD, J. Histobacteriological study of dental and periapical structures after endodontic surgery. **Int. J. Oral Surg.**, Copenhagen, v. 1, n. 5, p.272-281, 1972.
- ARENS, D. L. ; LEVY, G. C. ; RIZOIU, I. M. A comparison of dentin permeability after bur and laser apicoectomies. **Compendium**, Newtown, v. 14, n. 10, p. 1290, 1292, 1294 passim; quiz 1298, Oct. 1993.
- BRADLEY, P. F. A review of the use of the neodymium YAG laser in oral and maxillofacial surgery. **Br. J. Oral Maxillofac. Surg.**, Edinburgh, v. 35, n. 1, p.26-35, Feb. 1997.
- CECCHINI, R. C. M. **Estudo *in vitro* do efeito do laser de Nd:YAG em esmalte dental:** análise de fluorescência de raios-X e microscopia eletrônica de varredura. São Paulo, 1997. 108 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Odontologia. Universidade de São Paulo.
- CECCHINI, S. C. M. **Estudo *in vitro* das aplicações do laser de Hólmio:YLF em esmalte e dentina, visando a realização de cirurgia de acesso endodôntico e preparo cavitário.** São Paulo, 1995. 148 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Universidade de São Paulo.
- CRAIG, K. R. ; HARRISON, J. W. Wound healing following demineralisation of resected root ends in periradicular surgery. **J. Endod.**, Baltimore, v. 19, n. 7, p. 339-347, July 1993.
- CUNHA, J. J. **Análise de alterações morfológicas na região cementária apical de dentes humanos unirradiculares irradiados com a luz laser de Nd:YAG:** um estudo "*in vitro*", através da microscopia eletrônica de varredura. Porto Alegre, 1997. 104 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Odontologia. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.
- DEDERICH, D. N. ; ZAKARIASEN, K. L. ; TULIP, J. Scanning electron microscopic analysis of canal wall dentin following Neodymium -Yttrium -Aluminium -Garnet laser irradiation. **J. Endod.**, Baltimore, v. 10, n. 9, p. 426-431, Sept. 1984.
- EDUARDO, C. P.; CECCHINI, R. C.; CECCHINI, S. C. O papel coadjuvante do Nd:YAG laser na Endodontia (Caso clínico). **Rev. ABO Nac.**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 2, p. 102-104, set./out. 1993.
- FACHIN, E. V. F. **Estudo morfológico e morfológico, através do microscópio metalográfico e do microscópio eletrônico de varredura, da ação do laser de CO₂ e Nd:YAG sobre as bordas de trincas radiculares, em diferentes condições experimentais.** São Paulo : 1997. 144 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Odontologia. Universidade de São Paulo, 1997.
- FRIEDMAN, S. ; LUSTMANN, J. ; SHAHARABANY, V. Treatment results of apical surgery in premolar and molar teeth. **J. Endod.**, Baltimore, v. 17, n. 1, p.30-33, Jan. 1991a.
- FRIEDMAN, S. ; ROTSTEIN, I. ; MAHAMID, A. *In vivo* efficacy of various retrofills and of CO₂ laser in apical surgery. **Endod. Dent. Traumatol.**, Copenhagen, v. 7, n. 1, p. 19-25, Feb. 1991b.
- FRIEDMAN, S. ; ROTSTEIN, I. ; BAB, I. Tissue response following CO₂ laser application in apical surgery: light microscopic assessment in dogs. **Lasers Surg. Med.**, New York, v. 12, n. 1, p.104-111, 1992.
- FRIEDMAN, S. et al. Dye leakage in retrofilled dog teeth and its correlation with radiographic healing. **J. Endod.**, Baltimore, v. 17, n. 8, p. 392-395, Aug. 1991c.
- GILHEANY, P. A. ; FIGDOR, D. ; TYAS, M. J. Apical dentin permeability and microleakage associated with root end resection and retrograde filling. **J. Endod.**, Baltimore, v. 20, n. 1, p. 22-26, Jan. 1994.
- GOUW-SOARES, S. C. ; LAGE-MARQUES, J. L. ; EDUARDO, C. P. Alteração morfológica e permeabilidade dentinária após apicectomia com Er:YAG laser. **RPG**, São Paulo, v. 3, n. 4, p. 291, out./dez. 1996. Resumo n. 26.
- GUTMANN, J. L. ; HARRISON, J. W. **Surgical endodontics.** Saint Louis : Ishiyaku EuroAmerica, 1994. 468 p. Cap. 8, p. 203-277 : Periradicular curettage, root-end resection, root-end filling.
- GUTMANN, J. L. ; PITT FORD, T. R. Management of the resected root end: a clinical review. **Int. Endod. J.**, Oxford, v. 26, n. 5, p. 273-283, Sept. 1993.
- GUTKNECHT, N. et al. Long-term evaluation of endodontically treated teeth by Nd:YAG lasers. **J. Clin. Laser Med Surg.**, New York, v. 14, n. 1, p. 7-11, Feb. 1996a.
- GUTKNECHT, N. et al. Bactericidal effect of the Nd:YAG laser in *in vitro* root canals. **J. Clin. Laser Med. Surg.**, New York, v. 14, n. 2, p. 77-80, Apr. 1996b.
- HARTY, F. J. ; PARKINS, B. J. ; WENGRAF, A. M. The success rate of apicectomy. A retrospective study of 1016 cases. **Br. Dent. J.**, London, v. 129, n. 9, p.407-413, Nov. 1970.
- ICHESCO, W. R. et al. A spectrophotometric analysis of dentinal leakage in resected root. **J. Endod.**, Baltimore, v. 17, n. 10, p. 503-507, Oct. 1991.
- INGLE, J. I. et al. Endodontic surgery. In: INGLE, J. I. ; BAKLAND, L. K. **Endodontics.** 4.ed. Baltimore : Williams & Wilkins, 1994. 994 p. p. 689-763.
- KLINKE, T. ; KLIMM, W. ; GUTKNETCHT, N. Antibacterial effects of Nd:YAG laser irradiation within root canal dentin. **J. Clin. Laser Med. Surg.**, New York, v. 15, n. 1, p. 29-31, Feb. 1997.
- KOMORI, T. et al. Treatment of hard tissue lesions with Er:YAG laser. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR LASERS IN DENTISTRY, 5., 1996, Jerusalem. **Proceedings.** Jerusalem : International Society of Lasers in Dentistry, 1996. p. 67-71.
- KOMORI, T. et al. Erbium:YAG and Holmium:YAG laser root resection of extracted human teeth. **J. Clin. Laser Med. Surg.**, New York, v. 15, n. 1, p. 9-13, Feb. 1997a.
- KOMORI, T. et al. Clinical application of the Erbium:YAG laser for apicoectomy. **J. Endod.**, Baltimore, v. 23, n. 12, p. 748-750, Dec. 1997b.
- LAGE-MARQUES, J. L. **Avaliação dos efeitos da irradiação laser, utilizando Nd:YAG, CO₂ e argônio no selamento dentinário e marginal de obturações retrógradas.** São Paulo, 1997. 122 p. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Odontologia. Universidade de São Paulo.
- LAGE-MARQUES, J. L. ; EDUARDO, C. P. ; MATSUMOTO, K. Surgical treatment of endodontic overfilling - high speed versus laser. **Dental Outlook**, Sydney, Special issue, p. 174-182, June 1995.
- LIN, L. M. et al. Clinical, radiographic, and histologic study of endodontic treatment failures. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.**, Saint Louis, v. 71, n. 5, p. 603-611, May 1991.
- MAILLET, W. A ; TORNECK, C. D. ; FRIEDMAN, S. Connective tissue

- response to root surfaces resected with Nd:YAG or burs. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.**, Saint Louis, v. 82, n. 6, p. 681-690, Dec. 1996.
32. MELCER, J. Operative dentistry by CO₂ laser. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR LASERS IN DENTISTRY, 5., 1996, Jerusalem. **Proceedings**. Jerusalem : International Society of Lasers in Dentistry, 1996. p. 89-95.
33. MICHELICH, V. J. ; SCHUSTER, G. S. ; PASHLEY, D. H. Bacterial penetration of human dentin *in vitro*. **J. Dent. Res.**, Alexandria, v. 59, n. 8, p. 1398-1403, Aug. 1980.
34. MISERENDINO, L. J. The laser apicoectomy: endodontic application of the CO₂ laser for periapical surgery. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.**, Saint Louis, v. 66, n. 5, p. 615-619, Nov. 1988.
35. MOLVEN, O. ; HALSE, A. ; GRUNG, B. Surgical management of endodontic failures: indications and treatment results. **Int. Dent. J.**, Den Haag, v. 41, n. 1, p. 33-42, Feb. 1991a.
36. MOLVEN, O. ; OLSEN, I. ; KERKES, K. Scanning electron microscopy of bacteria in the apical part of root canals in permanent teeth with periapical lesions. **Endod. Dent. Traumatol.**, Copenhagen, v. 7, n. 5, p. 226-229, Oct. 1991b.
37. MORAIS, C. A. H. de. **Avaliação da superfície radicular apical, após a ressecção com diferentes tipos de instrumentos** (análise em microscopia eletrônica de varredura). Bauru, 1997. 175 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Odontologia de Bauru. Universidade de São Paulo.
38. 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.**, Saint Louis, v. 85, n. 5, p. 585-591, May 1998.
39. NAIR, R. et al. 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.
40. NEDDERMAN, T. A. ; HARTWELL, G. R. ; PORTELL, F. R. A comparison of root surfaces following apical root resections with various burs: scanning electron microscopic evaluation. **J. Endod.**, Baltimore, v. 14, n. 9, p. 423-427, Sept. 1988.
41. NICHOLLS, E. The role of surgery in Endodontics. **Br. Dent. J.**, London, v. 118, n. 2, p. 59-71, Jan. 1965.
42. PAGHDIWALA, A. F. Root resection of endodontically treated teeth by Erbium: YAG laser radiation. **J. Endod.**, Baltimore, v. 19, n. 2, p. 91-94, Feb. 1993.
43. PASHLEY, D. H. Smear layer: physiological considerations. **Oper. Dent.**, Seattle, Suppl. 3, p. 13-29, 1984.
44. PASHLEY, D. H.; MICHELICH, V. Dentin permeability: effects of smear layer removal. **J. Prosthet. Dent.**, Saint Louis, v. 46, n. 5, p. 531-537, Nov. 1981
45. PASHLEY, D. H. et al. Effects of the degree of tubule occlusion on the permeability of human dentine *in vitro*. **Arch. Oral Biol.**, Oxford, v. 23, n. 12, p. 1127-1133, 1978.
46. PECARO, B. C. ; GAREHIME, W. J. The CO₂ laser in oral and maxillofacial Surgery. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, v. 41, n. 11, p. 725-728, Nov. 1983.
47. PURICELLI, E. Cirurgia apical - 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. 499 p Cap. 2, p. 23-32.
48. RUD, J. ; ANDREASEN, J. O. A study of failures after endodontic surgery by radiographic, histologic and stereomicroscopic methods. **Int. J. Oral Surg.**, Copenhagen, v. 1, n. 6, p. 311-328, 1972.
49. RUD, J. ; ANDREASEN, J. O. ; JENSEN, M. A multivariate analysis of the influence of various factors upon healing after endodontic surgery. **Int. J. Oral Surg.**, Copenhagen, v. 1, n. 5, p. 258-271, 1972.
50. SCHALLER, H. G. ; WEIHING, T. ; STRUB, J. R. Permeability of dentine after Nd:YAG laser treatment: an *in vitro* study. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v. 24, n. 4, p. 274-281, Apr. 1997.
51. STABHOLZ, A. et al. Effects of Nd:YAG laser on apical seal of teeth after apicoectomy and retrofill. **J. Endod.**, Baltimore, v. 18, n. 8, p. 371-375, Aug. 1992a.
52. STABHOLZ, A. et al. Scanning electron microscopic study of the apical dentine surfaces lased with Nd:YAG laser following apicoectomy and retrofill. **Int. Endod. J.**, Oxford, v. 25, n. 6, p. 288-291, Nov. 1992b.
53. STERN, R. H. ; SOGNAES, R. F. Laser Beam effect on dental hard tissues. **J. Dent. Res.**, Washington, v. 43, n. 5, p. 873, Sept./Oct. 1964.
54. THOMAS, D. et al. Effects of the Nd:YAG laser and combined treatments on *in vitro* fibroblast attachment to root surfaces. **J. Clin. Periodontol.**, Copenhagen, v. 21, n. 1, p. 38-44, Jan. 1994.
55. TIDMARSH, B. G. ; ARROWSMITH, M. G. Dentinal tubules at the root ends of apicected teeth: a scanning electron microscopic study. **Int. Endod. J.**, Oxford, v. 22, n. 4, p. 184-189, July 1989.
56. TRONSTAD, L. ; BARNETT, F. ; CERVONE, F. Periapical bacterial plaque in teeth refractory to endodontic treatment. **Endod. Dent. Traumatol.**, Copenhagen, v. 6, n. 2, p. 73-77, Apr. 1990a.
57. TRONSTAD, L. ; KRESHTOOL, D. ; BARNETT, F. Microbiological monitoring and results of treatment of extraradicular endodontic infection. **Endod. Dent. Traumatol.**, Copenhagen, v. 6, n. 3, p. 129-136, June 1990b.
58. TRYLOVICH, D. J. et al. The effects of the Nd:YAG laser on *in vitro* fibroblast attachment to endotoxin-treated root surfaces. **J. Periodontol.**, Chicago, v. 63, n. 7, p. 626-632, July 1992.
59. VERTUCCI, F. J. ; BEATTY, R. G. Apical leakage associated with retrofilling techniques: a dye study. **J. Endod.**, Baltimore, v. 12, n. 8, p. 331-336, Aug. 1986.
60. WHITE, J. M. et al. Effects of pulsed Nd:YAG laser energy on human teeth: a three-year follow-up study. **J. Am. Dent. Assoc.**, Chicago, v. 124, n. 7, p. 45-51, July 1993.
61. WONG S. W. et al. A comparison of the apical seals achieved using retrograde amalgam fillings and the Nd:YAG laser. **J. Endod.**, Baltimore, v. 20, n. 12, p. 595-597, Dec. 1994.
62. ZECELL, D. et al. Experimental studies of the applications of the Holmium laser in dentistry. **J. Clin. Laser Med. Surg.**, New York, v. 13, n. 4, p. 283-289, Aug. 1995.

Endereço para Correspondência:

Carlos Baraldi
 Rua Quintino Bocúvia, 465
 Porto Alegre, RS
 CEP 90 440 051
 Telefone: 51. 222.6767
 e-mail: cbaraldi@vol.com.br