

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 30/03/2022.



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Luiz Fernando de Freitas Oliveira

Efeito da agitação do EDTA por meio ultrassônico ou pelo laser diodo de alta potência quanto extrusão apical, alteração de temperatura, resistência à fratura radicular, e a variação de pH na estrutura dentinária

Araraquara

2020



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Luiz Fernando de Freitas Oliveira

Efeito da agitação do EDTA por meio ultrassônico ou pelo laser diodo de alta potência quanto extrusão apical, alteração de temperatura, resistência à fratura radicular, e a variação de pH na estrutura dentinária

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Área de Endodontia, da Faculdade de Odontologia de Araraquara da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” para obtenção do título de Mestre em Odontologia, na Área de Endodontia

Orientador: Prof. Dr. Fábio Luiz Camargo Villela Berbert

Araraquara

2020

Oliveira, Luiz Fernando de Freitas

Efeito da agitação do EDTA por meio ultrassônico ou pelo laser diodo de alta potência quanto extrusão apical, alteração de temperatura, resistência à fratura radicular, e a variação de pH na estrutura dentinária / Luiz Fernando de Freitas Oliveira.-- Araraquara: [s.n.], 2020

94 f.; 30 cm.

Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia

Orientador: Prof. Dr. Fábio Luiz Camargo Vilella Berbert

1. Lasers semicondutores 2. Temperatura corporal 3. Resistência à flexão 4. Hidróxido de cálcio 5. Alcalinização 6. Ultrassom I. Título

Luiz Fernando de Freitas Oliveira

Efeito da agitação do EDTA por meio ultrassônico ou pelo laser diodo de alta potência quanto extrusão apical, alteração de temperatura, resistência à fratura radicular, e a variação de pH na estrutura dentinária

Comissão Julgadora

Dissertação para obtenção do título de Mestre em Odontologia

Presidente e orientador: Prof. Dr. Fábio Luiz Camargo Villela Berbert

2º Examinador: Prof. Dr. Antônio Miranda da Cruz Filho

3º Examinador: Prof. Dr. Mário Tanomaru Filho

Araraquara, 30 de março de 2020.

DADOS CURRICULARES

Luiz Fernando de Freitas Oliveira

NASCIMENTO: 12/12/1988 – Rio Verde – Goiás

FILIAÇÃO:

Eila D'arc Ferreira de Freitas

Oriovaldo Francisco de Oliveira

2010/2014 - Graduação Faculdade de Odontologia de Araraquara –FOAR/UNESP

2012/2012 - Curso de Atualização em Dentística – FAEPO

2014/2014 - Curso de Atualização em Endodontia – FAEPO

2014/2014 - Curso de Atualização em Cirurgia Oral Menor – FAEPO

2016/2017 - Especialização em Reabilitação Oral – APCD Araraquara

2018/2020 – Especialização em Endodontia – FAEPO/UNESP

2017/2019 - Cursando Mestrado em Endodontia UNESP – como bolsista CAPES.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus e à Jesus Cristo, por me proporcionar saúde, determinação, motivação e inteligência, para realizar esse sonho. E por me guiar no caminho correto e do bem em toda minha vida.

À minha esposa Priscila Lopes Guimarães que nos momentos bons e ruins, sempre esteve do meu lado, com amor, carinho, paciência e com apoio incondicional. E que me motiva e mostra à cada dia, como é bom viver ao seu lado, e a lutar pelos nossos sonhos.

Aos meus padrinhos e pais Luiz Valongo e Bete Cleiber, por terem dado seu melhor para minha criação e desenvolvimento como ser humano e profissional.

Às minhas avós Maria de Lourdes e Maria Furtado, que hoje, são duas estrelinhas no céu, mas que sempre deram amor e motivação para que eu conseguisse alcançar meus objetivos.

Aos meus irmãos Fernanda Valongo e Rodrigo Valongo por apoio e carinho.

As minhas sobrinhas Carolina Valongo e Isabela Valongo, que são tão pequenas, mas que não sabem o amor e a motivação que me dão para seguir em frente.

Ao meu amigo Danny Omar Mendoza, que esteve ao meu lado em toda a caminhada, e que sempre me apoiou.

Aos meu primos e amigos, Marcelo Bousquet e Henrique Gouveia.

Ao meu professor, amigo e orientador Fábio Berbert, por ter me levado a Endodontia, que é uma especialidade que amo, e por me apoiar e acreditar em mim.

Aos professores Mário Tanomaru, Juliane Tanomaru e Idomeo Bonetti Filho por todo ensinamento, apoio, confiança e amizade.

À CAPES:

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

“O mar ensina

É preciso Remar. Paciência aos que tem pressa e equilíbrio aos que já caíram, mas não deixaram de remar. Pra ganhar o Mar é preciso perder o medo e manter o respeito, mas é preciso remar.

O Mar ensina. É possível encontrar liberdade entre as suas correntes, mas é preciso remar. A maré de sorte só chega pra quem um dia entendeu que os ventos sempre mudam de direção e não deixou de remar, porque ninguém aprende a nadar na areia...

O Mar ensina, mas é preciso remar.

Fôlego, pra remar. Fôlego, pra vencer a arrebentação e saber que isso não significa competir com o Mar.

Fôlego, pra receber o Mar. Basta perceber a entrada, pedir licença e aí sim, ser recebido pelo Mar aberto.

Fôlego, pra lembrar que ondas e lágrimas são feitas de água salgada. Fôlego, pra transformar a tristeza em Mar. E se o caminho for longo? Fôlego, pra remar na volta.

Fôlego, pra voltar a remar.

O primeiro a chegar antes mesmo que o sol, sente o céu pela pele, faz parte, fazer parte do mar. ” Reverb *

Oliveira LFF. Efeito da agitação do EDTA por meio ultrassônico ou pelo laser diodo de alta potência quanto extrusão apical, alteração de temperatura, resistência à fratura radicular, e a variação de pH na estrutura dentinária. [dissertação de mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2020.

RESUMO

Objetivo: O objetivo desse estudo foi avaliar protocolos de agitação do EDTA aplicando dois diferentes tipos lasers de diodo de alta potência, comparando-os com os métodos de agitação convencional e com o ultrassom, quanto à extrusão apical, alteração de temperatura, resistência à fratura radicular e análise de pH na dentina radicular. **Material e Métodos:** Essa pesquisa experimental *ex-vivo*, utilizou 120 pré-molares inferiores, unirradiculados, com raízes retas, com rizogêneses completa e com tamanho radicular superior a 16mm, pré-selecionados por meio de radiografia digital. Suas coroas foram removidas, padronizando as raízes em 16 mm, seguido do preparo com a lima K#15 K#20 e o sistema recíproco R25, R40 e R50, 1 mm aquém do comprimento real do dente, com irrigação durante o preparo com NaOCl a 2,5%. Os espécimes foram distribuídos aleatoriamente em 6 grupos segundo protocolos de irrigação final: AD- água destilada (controle), CV- inundação com EDTA 17% e agitação com lima K #50, PUI- inundação com EDTA 17% agitado com ultrassom (*Passive ultrasonic irrigation*-PUI), PUI/CUI- inundação com EDTA 17% agitado com ultrassom (PUI) e irrigação com água destilada, agitada com ultrassom (*Continuous ultrasonic irrigation*-CUI), TL- inundação com EDTA 17% agitado com laser diodo Thera Lase Surgery, e GE- EDTA 17% agitado com laser diodo Gemini. Após irrigação final, todos os dentes foram irrigados com água destilada para remoção do EDTA.

Resultados: Na avaliação da extrusão apical foi realizado o teste ANOVA um fator, seguido da comparação múltipla das médias pelo teste pós-hoc de Games-Howell, e mostrou que o grupo PUI/CUI apresentou a menor extrusão apical em relação aos outros métodos testados e o grupo PUI apresentou os maiores valores de extrusão apical ($p < 0,05$). Na avaliação da variação de temperatura, foi realizado o teste de ANOVA two way aplicada a cada variável de estudo, e o maior valor alcançado no terço cervical e médio, foi do laser Gemini, seguido pelo Thera Lase, pelo PUI/CUI e pelo PUI respectivamente. No terço apical, o maior valor foi obtido pelo Thera Lase seguidos pelo CUI, PUI, Gemini, Memória e Controle, respectivamente. No teste de resistência mecânica, foi realizado o teste de ANOVA one way, e não houve diferença estatística significativa entre os grupos testados ($p > 0,05$). Na análise de pH da dentina radicular foi realizado o teste de ANOVA três fatores mista, seguido do teste de pós-hoc de Bonferroni, onde o Grupo Thera mostrou valores de pH estatisticamente similares aos grupos Gemini, PUI e PUI/CUI nos terços cervical e médio. No terço apical o grupo PUI/CUI apresentou o maior valor de pH quando comparados com os outros grupos ($p < 0,05$), seguido do PUI, TheraLase, Gemini, Irrigação convencional e controle respectivamente ($p < 0,05$). **Conclusão:** Os dois lasers testados não extravasaram mais substância irrigadora pelo ápice, não aqueceram preocupantemente e não enfraqueceram a estrutura dentária, além de terem melhorado a alcalinização da dentina radicular em relação ao método convencional.

Palavras chave: Lasers semicondutores. Temperatura corporal. Resistência à flexão. Hidróxido de cálcio. Alcalinização. Ultrassom.

Oliveira LFF Agitation effect of EDTA by ultrasonic or laser with high power diode and apical extrusion, temperature change, resistance to root fracture and pH variation in the dental structure. [Dissertação de Mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2020

ABSTRACT

Objective: The objective of this study was to evaluate EDTA agitation protocols by applying two different types of high-power diode lasers, comparing them with conventional agitation methods and with ultrasound, in relation to apical extrusion, temperature change, fracture resistance root and pH analysis in root dentin. **Material and Methods:** This ex-vivo experimental research used 120 lower premolars, uniradicular, with straight roots, with complete rhizogenesis and with root size greater than 16mm, pre-selected by means of digital radiography. Their crowns were removed, standardizing the roots by 16 mm, followed by preparation with the K # 15 K # 20 file and the reciproc system R25, R40 and R50, 1 mm below the actual length of the tooth, with irrigation during preparation with NaOCl to 2.5%. The specimens were randomly distributed into 6 groups according to final irrigation protocols: AD- distilled water (control), CV- flood with 17% EDTA and agitation with K # 50 file, PUI- flood with 17% EDTA agitated with ultrasound (Passive ultrasonic irrigation-PUI), PUI / CUI- flooding with 17% EDTA stirred with ultrasound (PUI) and irrigation with distilled water, stirred with ultrasound (Continuous ultrasonic irrigation-CUI), TL- flooding with 17% EDTA stirred with laser diode Thera Lase Surgery, and GE-EDTA 17% stirred with Gemini diode laser. After final irrigation, all teeth were irrigated with distilled water to remove EDTA.

Results: In the evaluation of the apical extrusion, the one-way ANOVA test was performed, followed by the multiple comparison of the means by the Games-Howell post-hoc test, and showed that the PUI / CUI group had the lowest apical extrusion in relation to the other tested methods and the PUI group showed the highest values of apical extrusion ($p < 0.05$). In the evaluation of temperature variation, the two-way ANOVA test was applied to each study variable, and the highest value achieved in the cervical and middle thirds was the Gemini laser, followed by Thera Lase, PUI / CUI and PUI respectively. In the apical third, the highest value was obtained by Thera Lase followed by CUI, PUI, Gemini, Memory and Control, respectively. In the mechanical resistance test, the one-way ANOVA test was performed, and there was no statistically significant difference between the groups tested ($p > 0.05$). In the analysis of the root dentin pH, the mixed three-way ANOVA test was performed, followed by the Bonferroni post-hoc test, where the Thera Group showed pH values statistically similar to the Gemini, PUI and PUI / CUI groups in the cervical and medium. In the apical third, the PUI / CUI group had the highest pH value when compared with the other groups ($p < 0.05$), followed by PUI, TheraLase, Gemini, Conventional irrigation and control respectively ($p < 0.05$). **Conclusion:** The two lasers tested did not leak more irrigating substance through the apex, did not cause concern and did not weaken the tooth structure, in addition to improving the alkalization of the root dentin compared to the conventional method.

Keywords: Lasers semiconductor. Body temperature. Flexural strength. Calcium hydroxide. Alkalization. Ultrasonics.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 PROPOSIÇÃO	16
2.1 Objetivo Geral	16
2.1 Objetivos Específicos	16
3 PUBLICAÇÕES	17
3.1 Artigo 1	18
3.2 Artigo 2.....	39
4 CONCLUSÃO	61
REFERÊNCIAS	62
APÊNDICE A	68
APÊNDICE B	80
ANEXO	91

1 INTRODUÇÃO

O sucesso do tratamento endodôntico depende de um adequado preparo biomecânico, essa etapa é muito importante para o processo de eliminação dos micro-organismos. Porém, mesmo que realizado com instrumentos manuais e/ou mecanizados é incapaz de eliminar completamente as bactérias ali presentes no sistema de canais radiculares^{1,2}. Esse sistema de canais radiculares é composto de inúmeras ramificações, como istmos, canais laterais, colaterais, intercondutos, delta apical, dentre outras variações³.

As bactérias têm a capacidade de penetrar profundamente nos túbulos dentinários, dificultando também a ação de soluções irrigadoras, como EDTA e NaOCl, que agem por contato direto e são incapazes de penetrar profundamente nessas estruturas⁴.

Sendo assim, a limpeza final, antes da obturação ou da medicação intracanal, se torna de extrema importância, favorecendo melhor difusão do curativo de demora pelo interior dos túbulos dentinários e o adequado selamento por parte do cimento obturador^{5,6,7}.

A solução mais utilizada para irrigação dos canais radiculares, é o hipoclorito de sódio, devido à sua excelente capacidade bactericida⁸ e capacidade de dissolução de tecido orgânico, e o EDTA, o ácido etilenodiaminotetracético, proposto por NYgaard-Ostby⁹ (1963), que é um quelante, o qual reage com os íons cálcio na dentina, formando os quelatos de cálcio solúveis¹⁰, e com isso removendo a smear layer^{11,12}. Essa descalcificação foi mostrada em canais radiculares instrumentados pela primeira vez por McComb e Smith¹²

Diferentes formulações de EDTA foram propostas, como combinações com peróxido de uréia¹³, com EDTAC que é uma mistura de EDTA com cetavlon¹⁴, com tetraciclina e com ácido cítrico¹⁵, mas nenhum com sucesso superior quando comparado com EDTA 17% por três minutos na limpeza final dos canais radiculares^{16,17}.

Von de Fehr e Nygaard Ostby¹⁸ relataram que o EDTA descalcificou a dentina a uma profundidade de 20 a 30 µm em 5 minutos. Em estudos posteriores, Fraser et al.¹⁹ notaram que o efeito quelante era quase insignificante no terço apical dos canais radiculares.

O uso subsequente de ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) a 17% ao hipoclorito de sódio (NaOCl) é o regime recomendado e o padrão ouro para a remoção dos componentes inorgânicos e orgânicos da smear layer, respectivamente²⁰.

A camada de smear layer composta, tende a obliterar os túbulos dentinários na parede do canal radicular após o preparo mecânico, impedindo a difusão do curativo de demora e escoamento do cimento endodôntico, e mantendo bactérias e seus subprodutos presentes^{5,6}.

Os componentes da camada de smear layer são partículas muito pequenas com grande superfície de contato, o que torna essa camada mais fácil de ser removida por meio de ácidos²¹ dentre os quais, as soluções quelantes.

Em uma revisão sistemática⁷, concluiu-se que a remoção da smear layer melhora a vedação aos fluidos do sistema de canais radiculares, como sugerido pela maioria dos autores.

A agitação dessas substâncias pode otimizar a remoção de debris e restos pulpares presentes, alcançando áreas não tocadas durante o preparo mecânico. Como Jiang et al.²² que relataram que a irrigação convencional com seringa, tem menor eficácia de ação das substâncias irrigadoras na parte apical do canal, e Lee et al.²³, relataram áreas não alcançadas nos istmos e em canais ovais. Diversos métodos têm sido propostos para realizar essa agitação das soluções irrigadoras, entre eles, o ultrassom²⁴, já bem difundido na literatura e o laser de alta potência^{25,24,30, 32,33,34} o qual tem mostrado resultados promissores. A movimentação e alguns tipos de irrigação, auxiliam na remoção de detritos, porém podem interferir na quantidade de detritos extravassados apicalmente²⁶.

O ultrassom, promove o fenômeno de cavitação, que no contexto mecânico de fluido pode ser descrita como a formação impulsiva de cavidades em um líquido através de forças de tração induzidas por fluxos de alta velocidade ou gradientes de fluxo²⁷, chamado também de fluxo acústico que é o movimento rápido de fluido em movimento circular em torno de um instrumento vibratório. O fluxo acústico que ocorre no canal radicular durante a irrigação ultrassônica foi descrito como micro-fluxo acústico^{28, 30}.

Essas bolhas se expandem e em seguida, colapsam rapidamente, produzindo um foco de energia que leva danos intensos²⁸.

A energia é transmitida por meio de ondas ultrassônicas formando um fluxo acústico e cavitação do irrigante²⁹. Técnicas utilizando o ultrassom vem sendo utilizadas e relatadas na literatura com taxas interessantes de sucesso^{24,30, 32,33,34}.

Por mais que a técnica utilizando o ultrassom seja melhor descrita na literatura, temos também resultados que contrariam total sucesso da técnica, relatando que a preparação ultrassônica é incapaz de remover a camada de smear layer^{35,36,37}, principalmente no terço apical do canal radicular devido a anatomia, deltas apicais, istmo estreito e canais laterais^{24,38,34}. A dificuldade de limpeza do terço apical pode estar relacionada com ajuste do aparelho para o emprego de potência entre 10% e 20%, e precisa que o instrumento vibre livremente e não tendo contato direto com as paredes do canal e conseqüentemente mantendo o fluxo acústico^{24,34,38}.

A irrigação ultrassônica passiva – PUI³⁹, é a técnica mais difundida quanto à agitação ultrassônica, e se mostra importante para a limpeza do sistema de canais radiculares quando comparado com a irrigação tradicional com seringas, promovendo maior remoção da camada de smear layer, contendo bactérias, restos de dentina do canal radicular^{24,40-42}

Existe também a irrigação ultrassônica contínua (CUI), que consiste em uma técnica que promove igualmente os fenômenos físicos decorrentes da corrente e cavitação microacústica sendo tanto a PUI, como a CUI, eficientes na limpeza do canal principal³⁸. No entanto, pelo fato da CUI permitir um fluxo contínuo do irrigante para o canal, este pode favorecer a limpeza do canal principal⁴³ e do terço apical³⁸.

Os lasers de alta potência têm atraído atenção para diversas aplicabilidades na Odontologia e na Endodontia, entre elas eliminação de microrganismos^{25,44,45}, e agitação de substâncias irrigadoras no interior do canal^{46,47}, que juntamente com as fibras ópticas flexíveis de pequeno diâmetro, que conseguem penetrar mais profundamente no interior do canal radicular possibilitam melhor propagação de energia e penetração da luz⁴⁸. A potência desses lasers varia de 0,5 a 30 W, mas na Odontologia, é utilizado até 5W e é fornecida em dois modos de operação: onda contínua e modo pulsado⁴⁹.

O comprimento de onda dos lasers, potência, modo de irradiação, tempo de exposição e tipo de tecido alvo são fatores importantes e que podem levar a diferentes efeitos^{48,49}.

Os lasers de diodo são muito utilizados por serem compactos, de custo mais acessível em relação aos demais lasers de alta potência, e por serem de fácil operação e configuração^{51,52}. O meio ativo do laser de diodo é um semicondutor de estado sólido feito arseneto de gálio e alumínio, que produz comprimentos de onda dentro do espectro do infravermelho próximo, entre 808 e 980 nm⁵². Os dois aparelhos de lasers utilizados nesse estudo, foram de diodo, o laser Gemini (Ultradent, South, Jordan, UT, EUA), e o TheraLase Surgery, (DMC, São Carlos, Brasil). O laser Gemini é um laser de emissão pulsada de energia e possui dois comprimentos de onda, que podem ser empregados simultaneamente ou não, sendo o menor em 810nm mais eficaz em melanina, e o maior em 980nm, para excelente absorção de água. Já o TheraLase possui o único comprimento de onda de 808nm, sua potência varia de 100m W a 59W, e tem a opção do modo de aplicação pulsado, chaveado ou contínuo.

A partir do estudo de DiVito et al.⁵³, sugerindo a utilização dos lasers para a remoção da camada de smear layer, outros estudos, demonstraram resultados promissores na agitação do EDTA, como neste com o laser de diodo de 808nm por 20 segundos, que melhorou a eficácia do EDTA na remoção da camada smear layer no terço cervical, médio e apical, e que com 30 e 40 segundos criava desgastes severos na estrutura dentinária⁴⁶, e também em outro estudo^{54,55} que teve o intuito de verificar a remoção da camada de smear layer, com o uso do laser diodo com 3 e 5 W de potência sob inundação de NaOCl e EDTA, esses notaram fissuras na dentina e fusão dos túbulos dentinários. Wang et al.⁵⁶ também avaliaram um laser diodo de alta potência com comprimento de onda de 980nm quanto a exposição dos túbulos dentinários, e notaram maior exposição quando utilizada a potência de 5 W, no modo pulsado juntamente com o NaOCl 2,5%.

A agitação do EDTA por meio de laser induz o fenômeno de ablação que consiste em uma vaporização e movimentação da solução irrigadora, resultando numa melhor limpeza da camada inorgânica²¹. O aquecimento do líquido no interior do canal radicular também irá potencializar o efeito do EDTA na superfície dentinária^{57,58}, e podem ser explicados por trabalhos de Brandy & Humiston⁵⁷ que obtiveram a duplicação da velocidade de reação do EDTA com o aumento em 10°C

na temperatura, assim como Nikiforuk e Sreebny⁵⁸, que avaliaram a ação quelante em temperaturas de 4°, 25°, 37,5° e 60°C, concluindo maior efetividade do EDTA em maiores temperaturas.

Porém a elevação da temperatura na superfície externa da raiz sem protocolos seguros, pode ser prejudicial, pois a ativação desse laser converte a energia da luz em energia calórica, levando a um aumento na temperatura⁴⁹. Segundo Eriksson et al.⁵⁹, uma temperatura acima de 10°C da temperatura corpórea durante 1 minuto poderá causar necrose óssea, devido ao grau reduzido de vascularização do tecido ósseo. A literatura relata que a agitação da solução irrigadora com o ultrassom, tanto por parte da PUI, quanto da CUI, pode aumentar a temperatura^{60,27}. Cameron et al.⁶⁰ relatou um aumento da temperatura intracanal de 37°C para 45 °C próximo à ponta do instrumento quando o irrigante foi ativado por ultrassom por 30 segundos sem reabastecimento de solução irrigadora e resfriamento de 8 °C foi registrado quando o irrigante foi reabastecido com um fluxo contínuo de irrigante. Já, Ahmad²⁷ relatou que a técnica de irrigação ultrassônica não causa aumentos patológicos de temperatura no ligamento periodontal.

Moritz et al.⁴⁸, relatam que a geração de calor dos lasers, é proporcional à duração da irradiação. Dados obtidos em experimentos com 2 W de potência, cuja a fibra óptica foi mantida em uma posição no terço apical por 1, 2 e 3 s, causaram aquecimento de 6, 12 e 18°C, respectivamente, concluindo que a fibra deve ser mantida em movimento constante dentro do canal radicular. Gutknecht et al.²⁵, relataram que, para qualquer irradiação intracanal com laser diodo, deve ser considerado um período de descanso de 5s entre as irradiações, e que com esse protocolo o aumento da temperatura não excederá os limites seguros do organismo.

Alfredo et al.⁵⁰ avaliou a variação de temperatura radicular externa nos terços cervical, médio e apical causada pela irradiação com um laser diodo de 980 nm de comprimento de onda em diferentes parâmetros com o canal inundado, concluindo que em todos os modos operatórios, a potência de até 1,5 W foi considerada segura para utilização no tratamento endodôntico. Já a potência de 3 W foi considerada segura somente em modo pulsado.

Outro ponto a ser estudado quanto a aplicação do laser de alta potência, é o seu efeito sobre a estrutura dentinária e a resistência do elemento dentário. Faria et al.⁶¹ concluíram que o tratamento com laser em 1,5 W e 3,0 W, mantendo a fibra óptica em contato com a parede dentinária por 20s, não alterou a resistência à

fratura das raízes, quando os canais radiculares estavam inundados com água destilada, hipoclorito 1% e EDTA. Já, Karatas et al.⁶² comparando o efeito da aplicação de laser de diodo e agitação do EDTA com laser de diodo sob diferentes parâmetros em diferentes intervalos de tempo na fratura radicular, concluíram que a irrigação agitada por um laser de diodo de 3W/100 Hz por 20 s e 40s diminuiu a resistência à fratura dos dentes.

A irrigação dos canais radiculares visa cumprir um papel químico, seja bactericida ou quelante, e físico, movimentando e energizando as substâncias no interior do canal radicular^{63,64}. A movimentação e alguns tipos de irrigação, auxiliam na remoção de detritos, porém podem interferir na quantidade de detritos extravazados apicalmente⁶⁵. A irrigação do canal radicular apresenta um risco de extrusão de irrigante nos tecidos periapicais. O extravasamento das substâncias irrigadoras é um ponto importante e passível de teste quando se utiliza os lasers de alta potência. De acordo com George et al.⁶⁶ o emprego dos lasers Er: YAG e Er, Cr: YSGG na agitação de soluções irrigadoras auxilia de forma marcante na limpeza dos canais radiculares, mas também aumenta a extrusão da solução irrigadora pelo ápice, Helvacioğlu et al.⁶⁷ avaliaram a extrusão apical, com o hipoclorito de sódio ativado pelo laser de Nd: YAG, laser diodo, ultrassom, e seringa não ativada e verificaram que em todos os métodos houve extravasamento, sendo menor com a seringa não ativada, não havendo diferença entre a PUI e os lasers. Yost et al.⁶⁸ utilizando sistemas de irrigação e agitação como EndoVac, EndoActivator, Max-i-Probe, e energização fotoacústica (PIPS), concluíram que os sistemas EndoVac e EndoActivator mostraram, o menor potencial de extrusão apical do irrigante do que o PIPS e Max-i-Probe.

A agitação das substâncias irrigadoras melhora a limpeza do sistema de canais⁶⁹, e facilita conseqüentemente, a difusão do curativo de demora, podendo aumentar a porcentagem de sucesso no tratamento endodôntico.

O curativo com hidróxido de cálcio já está bem descrito na literatura quanto ao seu efeito benéfico^{20,70,71}. A melhora na difusão dos íons hidroxila no interior do canal radicular através dos túbulos dentinários é fator de extrema importância para o combate à infecção⁷². Os íons hidroxila do hidróxido de cálcio difundem pelos túbulos dentinários oferecendo um pH alcalino na pelo interior da dentina. Quanto mais alto for o pH e maior o tempo de permanência em meio alcalino, maior será a eliminação bacteriana⁷¹. No estudo, de Deadorf et al.⁷², um modelo experimental foi

estabelecido para estudar a difusão de íons cálcio do canal para a periferia da raiz após limpeza final, e as análises das concentrações de íons cálcio das amostras revelaram que os espécimes de dentina variaram em suas taxas de difusão de cálcio e que o tratamento dos canais com agentes irrigantes quelantes afetou as quantidades de cálcio oriundas do curativo, sugerindo, sugerindo possível bloqueio na difusão do curativo de demora, decorrente da reação entre o cálcio oriundo do curativo com o resíduo da solução quelante, que deve ser completamente removido. Essa hipótese foi reforçada por Zamprônio, et al.⁷³ que com aplicação do curativo intra-canal de hidróxido de cálcio após a limpeza final dos canais radiculares utilizando o ultrassom, em comparação com o emprego de solução de EDTA com seringa convencional obteve índices mais elevados de alcalinização dentinária mais distante da luz do canal.

Assim, é vista como oportuna a avaliação da difusão do curativo de hidróxido de cálcio, da extrusão apical das soluções irrigadoras, como também das alterações de temperatura e de resistência à fratura do elemento dentário radicular, decorrentes da ativação da solução quelante (EDTA), pelo laser diodo de alta potência, frente ao ultrassom empregado passivamente e continuamente, assim como pela irrigação convencional.

4 CONCLUSÃO

Na metodologia empregada e nas condições de realização desse estudo, bem como os resultados alcançados, permitem as seguintes conclusões:

Na variação de temperatura, nenhum dos grupos ultrapassou os 10°C por mais de 1 minuto;

O maior aquecimento alcançado no terço cervical e médio, deu-se com uso do laser Gemini, seguido pelo Thera Lase, PUI/CUI, PUI, Controle e Irrigação convencional;

No terço apical, o maior aquecimento deu-se com o Thera Lase seguido pelo PUI/CUI, PUI, Gemini, Irrigação convencional e Controle.

Na resistência à fratura não houve diferença estatística significativa entre os grupos estudados.

Os protocolos de agitação utilizados, com os lasers de diodo, e com o ultrassom, são seguros tanto quanto ao aquecimento, quanto à resistência à fratura.

Na avaliação de extrusão apical, o método PUI/CUI apresentou a menor extrusão apical quando comparado com os outros métodos testados, com exceção do grupo controle.

O grupo PUI apresentou os maiores valores de extrusão apical, porém sem diferença estatística com o grupo TheraLase, Gemini e convencional, mostrando que todas as técnicas podem ser empregadas com segurança, e que a que menos extravassa é a PUI/CUI.

Na avaliação da difusão dos íons hidroxila o grupo que atingiu os maiores valores de pH em 3, 7, 14, 21 e 28 dias, foi o grupo PUI/CUI seguido pelo grupo PUI, TheraLase, Gemini, Irrigação convencional, e grupo controle.

O laser Gemini e Theralase obtiveram valores de pH próximos dos grupos PUI e PUI/CUI, os quais alcançaram os maiores valores de pH, e podem ser uma alternativa para a limpeza final dos canais radiculares.

REFERÊNCIAS*

1. Neves MA, Provenzano JC, Rocas IN, Siqueira JR JF. Clinical antibacterial effectiveness of root canal preparation with reciprocating single-instrument or continuously rotating multi-instrument systems. *J Endod.* 2016; 42(1): 25-9.
2. Kouchi Y, Ninomiya J, Yasuda H, Fukui K, Moriyama T, Okamoto H. Location of *Streptococcus mutans* in the dentinal tubules of open infected root canals. *J Dent Res.* 1980; 59(12): 2038-46.
3. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1984; 58(5): 589-99.
4. Berutti E, Marini R, Angeretti A. Penetration ability of different irrigants into dentinal tubules. *J Endod.* 1997; 23(12): 725-7.
5. Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2002; 94(6): 658-66.
6. Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics: a review. *Int Endod J.* 2010; 43(1): 2-15.
7. Shahravan A, Haghdoost AA, Adl A, Rahimi H, Shadifar F. Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: a systematic review and meta-analysis. *J Endod.* 2007; 33(2): 96-105.
8. Dunavant TR, Regan JD, Glickman GN, Solomon ES, Honeyman AL. Comparative evaluation of endodontic irrigants against *Enterococcus faecalis* biofilms. *J Endod.* 2006; 32(6): 527-31.
9. Okino LA, Siqueira EL, Santos M, Bombana AC, Figueiredo JA. Dissolution of pulp tissue by aqueous solution of chlorhexidine digluconate and chlorhexidine digluconate gel. *Int Endod J.* 2004; 37(1): 38-41.
10. Cruz-Filho AM, Souza Flamini LE, Pecora JD. Morphology and microhardness of dentin at the furcation area of mandibular molars. *J Endod.* 2014;40(1):129-132.
11. Mozayeni MA, Javaheri GH, Poorroosta P, Ashari MA, Javaheri HH. Effect of 17% EDTA and MTAD on intracanal smear layer removal: a scanning electron microscopic study. *Aust Endod J.* 2009;35(1):13-17.
12. McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod.* 1975;1(7):238-242.
13. Stewart GG, Kapsimalas P, Rappaport H. EDTA and urea peroxide for root canal preparation. *J Am Dent Assoc.* 1969;78(2):335-338.

* De acordo com o Guia de Trabalhos Acadêmicos da FOAr, adaptado das Normas Vancouver. Disponível no site da Biblioteca: <http://www.foar.unesp.br/Home/Biblioteca/guia-de-normalizacao-atualizado.pdf>

14. Goldberg F, Spielberg C. The effect of EDTAC and the variation of its working time analyzed with scanning electron microscopy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1982;53(1):74-77.
15. Haznedaroglu F, Ersev H. Tetracycline HCl solution as a root canal irrigant. *J Endod.* 2001;27(12):738-740.
16. Holland R, Souza V, Nery MJ, Mello W. Efeitos de diferentes preparados à base de EDTA na dentina dos canais radiculares. *Rev. Fac. Odontol. Aracatuba.* 1973;2(1):127-133.
17. Wu L, Mu Y, Deng X, Zhang S, Zhou D. Comparison of the effect of four decalcifying agents combined with 60 degrees C 3% sodium hypochlorite on smear layer removal. *J Endod.* 2012;38(3):381-384.
18. von der Fehr FR, Östby BN. Effect of edtac and sulfuric acid on root canal dentine. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology.* 1963;16(2):199-205.
19. Fraser JG. Chelating agents: their softening effect on root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1974;37(5):803-811.
20. Siqueira JF, Jr., Araujo MC, Garcia PF, Fraga RC, Dantas CJ. Histological evaluation of the effectiveness of five instrumentation techniques for cleaning the apical third of root canals. *J Endod.* 1997;23(8):499-502.
21. Passalidou S, Calberson F, De Bruyne M, De Moor R, Meire MA. Debris Removal from the Mesial Root Canal System of Mandibular Molars with Laser-activated Irrigation. *J Endod.* 2018;44(11):1697-1701.
22. Jiang LM, Lak B, Eijsvogels LM, Wesselink P, van der Sluis LW. Comparison of the cleaning efficacy of different final irrigation techniques. *J Endod.* 2012;38(6):838-841.
23. Lee SJ, Wu MK, Wesselink PR. The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from different-sized simulated plastic root canals. *Int Endod J.* 2004;37(9):607-612.
24. van der Sluis LW, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J.* 2007;40(6):415-426.
25. Gutknecht N, Al-Karadaghi TS, Al-Maliky MA, Conrads G, Franzen R. The Bactericidal Effect of 2780 and 940 nm Laser Irradiation on *Enterococcus faecalis* in Bovine Root Dentin Slices of Different Thicknesses. *Photomed Laser Surg.* 2016;34(1):11-16.
26. Mitchell RP, Baumgartner JC, Sedgley CM (2011) Apical extrusion of sodium hypochlorite using different root canal irrigation systems. *Journal of Endodontics* **37**, 1677–81.
27. Ahmad M, Pitt Ford TJ, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role. *J Endod.* 1987;13(10):490-499.

28. Leighton TG. *The Acoustic Bubble*, Chapters 1 and 2. 1 st ed. New York: Academic Press. 1994.
29. Roy RA, Ahmad M, Crum LA. Physical mechanisms governing the hydrodynamic response of an oscillating ultrasonic file. *Int Endod J.* 1994;27(4):197-207.
30. Walmsley AD. Ultrasound and root canal treatment: the need for scientific evaluation. *Int Endod J.* 1987;20(3):105-111.
31. Martin H, Cunningham MJ. Endosonic endodontics, the ultrasonic synergistic system. In: Gerstein H, 1 st ed. *Techniques in Clinical Endodontics*. Philadelphia, PA, USA: WB Saunders, 1983, pg 316 - 22.
32. Duque JA, Duarte MA, Canali LC, Zancan RF, Vivan RR, Bernardes RA, Bramante CM. Comparative Effectiveness of New Mechanical Irrigant Agitating Devices for Debris Removal from the Canal and Isthmus of Mesial Roots of Mandibular Molars. *J Endod.* 2017;43(2):326-331.
33. Bueno CRE, Cury MTS, Vasques AMV, Sarmiento JL, Trizzi JQ, Jacinto RC, Sivieri-Araujo G, Dezan Junior E. Cleaning effectiveness of a nickel-titanium ultrasonic tip in ultrasonically activated irrigation: a SEM study. *Braz Oral Res.* 2019;33:e017.
34. Paragliola R, Franco V, Fabiani C, Mazzone A, Nato F, Tay FR, Breschi L, Grandini S. Final rinse optimization: influence of different agitation protocols. *J Endod.* 2010;36(2):282-285.
35. Cymerman JJ, Jerome LA, Moodnik RM. A scanning electron microscope study comparing the efficacy of hand instrumentation with ultrasonic instrumentation of the root canal. *J Endod.* 1983;9(8):327-331.
36. Baker MC, Ashrafi SH, Van Cura JE, Remeikis NA. Ultrasonic compared with hand instrumentation: a scanning electron microscope study. *J Endod.* 1988;14(9):435-440.
37. Goldberg F, Soares I, Massone EJ, Soares IM. Comparative debridement study between hand and sonic instrumentation of the root canal. *Endod Dent Traumatol.* 1988;4(5):229-234.
38. Castelo-Baz P, Martin-Biedma B, Cantatore G, Ruiz-Pinon M, Bahillo J, Rivas-Mundina B, Varela-Patino P. In vitro comparison of passive and continuous ultrasonic irrigation in simulated lateral canals of extracted teeth. *J Endod.* 2012;38(5):688-691.
39. Weller RN, Brady JM, Bernier WE. Efficacy of ultrasonic cleaning. *J Endod.* 1980;6(9):740-743.
40. Jiang LM, Verhaagen B, Versluis M, Langedijk J, Wesselink P, van der Sluis LW. The influence of the ultrasonic intensity on the cleaning efficacy of passive ultrasonic irrigation. *J Endod.* 2011;37(5):688-692.

41. Mancini M, Cerroni L, Iorio L, Armellin E, Conte G, Cianconi L. Smear layer removal and canal cleanliness using different irrigation systems (EndoActivator, EndoVac, and passive ultrasonic irrigation): field emission scanning electron microscopic evaluation in an in vitro study. *J Endod.* 2013 Nov;39(11):1456-60.
42. Schmidt TF, Teixeira CS, Felipe MC, Felipe WT, Pashley DH, Bortoluzzi EA. Effect of Ultrasonic Activation of Irrigants on Smear Layer Removal. *J Endod.* 2015 Aug;41(8):1359-63.
43. Tanomaru JM, Leonardo MR, Tanomaru Filho M, Bonetti Filho I, Silva LA. Effect of different irrigation solutions and calcium hydroxide on bacterial LPS. *Int Endod J.* 2003;36(11):733-739.
44. Saydjari Y, Kuypers T, Gutknecht N. Laser Application in Dentistry: Irradiation Effects of Nd:YAG 1064 nm and Diode 810 nm and 980 nm in Infected Root Canals-A Literature Overview. *Biomed Res Int.* 2016;2016:8421656.
45. Borges CC, Estrela C, Lopes FC, Palma-Dibb RG, Pecora JD, De Araujo Estrela CR, Sousa-Neto MD. Effect of different diode laser wavelengths on root dentin decontamination infected with *Enterococcus faecalis*. *J Photochem Photobiol B.* 2017;176:1-8.
46. Arslan H, Ayranci LB, Karatas E, Topcuoglu HS, Yavuz MS, Kesim B. Effect of agitation of EDTA with 808-nanometer diode laser on removal of smear layer. *J Endod.* 2013;39(12):1589-1592.
47. Pirnat S. Versatility of an 810 nm Diode Laser in Dentistry: An Overview. *J Laser Health Acad.* 2006;4.
48. Moritz A, Gutknecht N, Goharkhay K, Schoop U, Wernisch J, Sperr W. In vitro irradiation of infected root canals with a diode laser: results of microbiologic, infrared spectrometric, and stain penetration examinations. *Quintessence Int.* 1997;28(3):205-209.
49. Gutknecht N, Franzen R, Meister J, Vanweersch L, Mir M. Temperature evolution on human teeth root surface after diode laser assisted endodontic treatment. *Lasers Med Sci.* 2005;20(2):99-103.
50. Alfredo E, Marchesan MA, Sousa-Neto MD, Brugnera-Junior A, Silva-Sousa YT. Temperature variation at the external root surface during 980-nm diode laser irradiation in the root canal. *J Dent.* 2008;36(7):529-534.
51. Maturo P, Perugia C, Docimo R. Versatility of an 810 nm diode laser in pediatric dentistry. *International Journal of Clinical Dentistry.* 2013;6:161-172.
52. Galler KM, Grubmuller V, Schlichting R, Widbiller M, Eidt A, Schuller C, Wolflick M, Hiller KA, Buchalla W. Penetration depth of irrigants into root dentine after sonic, ultrasonic and photoacoustic activation. *Int Endod J.* 2019;52(8):1210-1217.

53. DiVito E, Peters OA, Olivi G. Effectiveness of the erbium:YAG laser and new design radial and stripped tips in removing the smear layer after root canal instrumentation. *Lasers Med Sci.* 2012;27(2):273-280.
54. Marchesan MA, Brugnera-Junior A, Souza-Gabriel AE, Correa-Silva SR, Sousa-Neto MD. Ultrastructural analysis of root canal dentine irradiated with 980-nm diode laser energy at different parameters. *Photomed Laser Surg.* 2008;26(3):235-240.
55. Alfredo E, Souza-Gabriel AE, Silva SR, Sousa-Neto MD, Brugnera-Junior A, Silva-Sousa YT. Morphological alterations of radicular dentine pretreated with different irrigating solutions and irradiated with 980-nm diode laser. *Microsc Res Tech.* 2009;72(1):22-27.
56. Wang X, Sun Y, Kimura Y, Kinoshita J, Ishizaki NT, Matsumoto K. Effects of diode laser irradiation on smear layer removal from root canal walls and apical leakage after obturation. *Photomed Laser Surg.* 2005;23(6):575-581.
57. Brandy JE, Humiston GE. Cinética Química. In: Brandy JE, Humiston GE. *Química Geral*. 2nd ed. Livros técnicos e científicos editora; 1986. p.454-74.
58. Nikiforuk G, Sreebny L. Demineralization of hard tissues by organic chelating agents at neutral pH. *J Dent Res.* 1953;32(6):859-867.
59. Eriksson AR, Albrektsson T, Albrektsson B. Heat caused by drilling cortical bone. Temperature measured in vivo in patients and animals. *Acta Orthop Scand.* 1984;55(6):629-631.
60. Cameron JA. The use of ultrasound for the removal of the smear layer. The effect of sodium hypochlorite concentration; SEM study. *Aust Dent J.* 1988;33(3):193-200.
61. Faria MI, Sousa-Neto MD, Souza-Gabriel AE, Alfredo E, Romeo U, Silva-Sousa YT. Effects of 980-nm diode laser on the ultrastructure and fracture resistance of dentine. *Lasers Med Sci.* 2013;28(1):275-280.
62. Karatas E, Arslan H, Topcuoglu HS, Yilmaz CB, Yeter KY, Ayranci LB. The Effect of Diode Laser With Different Parameters on Root Fracture During Irrigation Procedure. *Artif Organs.* 2016;40(6):604-609.
63. Close T.A. Svec, J.W. Harrison. Chemomechanical removal of pulpal and dentinal debris with sodium hypochlorite and hydrogen peroxide vs normal saline solution. *J Endod*, 3 (1977), pp. 49-53.
64. K. Gulabivala, B. Patel, G. Evans, Y.L. Ng. Effects of mechanical and chemical procedures on root canal surfaces. *Endodontic Topics*, 10 (2005), pp. 103-122.
65. Ross P.MitchellBS, . CraigBaumgartner , Christine M.Sedgley. Apical Extrusion of Sodium Hypochlorite Using Different Root Canal Irrigation Systems. Volume 37, Issue 12, December 2011, Pages 1677-1681

66. George R, Walsh LJ. Apical extrusion of root canal irrigants when using Er:YAG and Er,Cr:YSGG lasers with optical fibers: an in vitro dye study. *J Endod.* 2008;34(6):706-708.
67. Helvacioğlu Kivanc B, Deniz Arisu H, Yanar NO, Silah HM, Inam R, Gorgul G. Apical extrusion of sodium hypochlorite activated with two laser systems and ultrasonics: a spectrophotometric analysis. *BMC Oral Health.* 2015;15:71.
68. Yost RA, Bergeron BE, Kirkpatrick TC, Roberts MD, Roberts HW, Himel VT, Sabey KA. Evaluation of 4 Different Irrigating Systems for Apical Extrusion of Sodium Hypochlorite. *J Endod.* 2015;41(9):1530-1534.
69. L.S. Gu, J.R. Kim, J. Ling, et al. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod*, 35 (2009), pp. 791-804
70. Leonardo MR, da Silva LA, Tanomaru Filho M, Bonifacio KC, Ito IY. In vitro evaluation of antimicrobial activity of sealers and pastes used in endodontics. *J Endod.* 2000;26(7):391-394.
71. Verma SK, Maheshwari S, Singh RK, Chaudhari PK. Laser in dentistry: An innovative tool in modern dental practice. *Natl J Maxillofac Surg.* 2012;3(2):124-132.
72. Deardorf KA, Swartz ML, Newton CW, Brown CE, Jr. Effect of root canal treatments on dentin permeability. *J Endod.* 1994;20(1):1-5.
73. Zampronio CF, Sivieri-Araujo G, Bonetti-Filho I, Berbert FL. pH changes after manual or ultrasonic instrumentation and smear layer removal with EDTA or ultrasonic. *Dent Traumatol.* 2008;24(5):5.
74. Soares CJ Pizi ECG, Fonseca RB, Martins LRM. Influence of root embedment material and periodontal ligament simulation on fracture resistance tests. *Braz Oral Res.* 2005;19:11-6.
75. Karapinar Kazandag M1, Sunay H, Tanalp J, Bayirli G. Fracture resistance of roots using different canal filling systems *Int Endod J.* 2009 Aug;42(8):705-10.
76. Apicella MJ1, Loushine RJ, West LA, Runyan DA. A comparison of root fracture resistance using two root canal sealers. *Int Endod J.* 1999 Sep;32(5):376-80