

**FERNANDA DE MELO SILVA**

**AVALIAÇÃO DA VARIAÇÃO DA TEMPERATURA DA SOLUÇÃO  
IRRIGADORA EM REPOUSO E EM AGITAÇÃO COM *XP-ENDO  
FINISHER* E *IRRISONIC* - MENSURAÇÕES *IN VIVO***

**Faculdade de Odontologia  
Universidade Federal de Minas Gerais  
Belo Horizonte  
2019**

Fernanda de Melo Silva

**AVALIAÇÃO DA VARIAÇÃO DA TEMPERATURA DA SOLUÇÃO  
IRRIGADORA EM REPOUSO E EM AGITAÇÃO COM *XP-ENDO*  
*FINISHER* E *IRRISONIC* - MENSURAÇÕES *IN VIVO***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Odontologia - área de concentração em Endodontia.

**Orientadora:** Prof.<sup>a</sup> Dra. Ana Cecília Diniz Viana

**Coorientadora:** Prof.<sup>a</sup> Dra. Isabella Faria da Cunha Peixoto

Belo Horizonte  
2019

## Ficha Catalográfica

S586a Silva, Fernanda de Melo.  
2019 Avaliação da variação da temperatura da solução  
D irrigadora em repouso e em agitação com XP-endo Finisher e  
Irrisonic - mensurações in vivo / Fernanda de Melo Silva. --  
2019.

61 f. : il.

Orientadora: Ana Cecília Diniz Viana.  
Coorientadora: Isabella Faria da Cunha Peixoto.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de Minas  
Gerais, Faculdade de Odontologia.

1. Temperatura intracanal. 2. XP-endo Finisher. 3.  
Irrigação ultrassônica passiva. 4. Hipoclorito de sódio. 5.  
Técnicas de agitação.. I. Viana, Ana Cecília Diniz. II.  
Peixoto, Isabella Faria da Cunha. III. Universidade Federal  
de Minas Gerais. Faculdade de Odontologia. IV. Título.

BLACK - D047



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Avaliação da variação da temperatura da solução irrigadora em repouso e em agitação com XP-endo Finisher e Irrisonic durante o tratamento endodôntico - mensurações in vivo.**

### FERNANDA DE MELO SILVA

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Odontologia, como requisito para obtenção do grau de Mestre, área de concentração Endodontia.

Aprovada em 15 de julho de 2019, pela banca constituída pelos membros:

Prof(a). Ana Cecília Diniz Viana - Orientadora  
FO-UFMG

Prof(a). Isabella Faria da Cunha Peixoto - Coorientadora  
FO-UFMG

Prof(a). Eduardo Nunes  
PUC MINAS

Prof(a). Warley Luciano Fonseca Tavares  
FO-UFMG

Belo Horizonte, 15 de julho de 2019.



## ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DA ALUNA FERNANDA DE MELO SILVA

Aos 15 dias de julho de 2019, às 14:00 horas, na sala 3403 da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Minas Gerais, reuniu-se a Comissão Examinadora composta pelos professores Ana Cecilia Diniz Viana (Orientadora) – FO/UFMG, Isabella Faria da Cunha Peixoto (Coorientadora) – FO/UFMG, Eduardo Nunes - PUC MINAS e Warley Luciano Fonseca Tavares – FO/UFMG, para julgamento da dissertação de Mestrado, área de concentração em Endodontia, intitulada: **Avaliação da variação da temperatura da solução irrigadora em repouso e em agitação com XP-endo Finisher e Irrisonic durante o tratamento endodôntico - mensurações in vivo.** A Presidente da Banca, abriu os trabalhos e apresentou a Comissão Examinadora. Após a exposição oral do trabalho pela aluna e arguição pelos membros da banca, a Comissão Examinadora considerou a dissertação:

Aprovada

Reprovada

Finalizados os trabalhos, lavrou-se a presente ata que, lida e aprovada, vai assinada por mim e pelos demais membros da Comissão. Belo Horizonte, 15 de julho de 2019.

  
Prof(a) Ana Cecilia Diniz Viana

  
Prof(a). Isabella Faria da Cunha Peixoto

  
Prof(a). Eduardo Nunes

  
Prof(a). Warley Luciano Fonseca Tavares

Dedico este trabalho aos meus pais **Imaculada e Hideraldo** e ao meu irmão **Thiago** por me apoiarem em todas as minhas escolhas profissionais e pessoais. Sem uma base sólida nenhuma conquista seria possível e eu devo isso a vocês! E ao **Túlio**, meu principal incentivador na Odontologia e na vida, por me motivar e estar ao meu lado sempre, principalmente nos momentos mais difíceis.

## AGRADECIMENTOS

A minha orientadora, **Prof.<sup>a</sup> Dra. Ana Cecília Diniz Viana**, por todo apoio durante o mestrado e por estar sempre disposta a me ajudar. Obrigada por todos os ensinamentos, pelo suporte e por contribuir tanto para o meu crescimento. Cada oportunidade de aprender com você foi única e me sinto privilegiada por isso. É visível o seu amor e dedicação pela docência e pela Endodontia, o que a torna um exemplo para tantos alunos, em especial para mim.

A minha coorientadora, **Prof.<sup>a</sup> Dra. Isabella Peixoto**, por toda contribuição e incentivo. Por se mostrar sempre disposta a ajudar e por toda tranquilidade e carinho transmitidos. Obrigada por toda troca de conhecimento. Você tem o dom de acalmar com um simples olhar.

Ao **Prof. Dr. Vicente Tadeu Lopes Buono**, pela oportunidade e gentileza em me receber no seu laboratório. Obrigada por toda ajuda!

Ao **Pedro Damas**, por literalmente “vestir o jaleco” e me ajudar em cada passo dessa pesquisa. Obrigada pela imensurável colaboração neste trabalho.

Aos meus colegas do mestrado, **Gabriel, Layara e Sylvia**, por compartilharem comigo esses dois anos de aprendizado, preocupações e alegrias. Obrigada pelos bons momentos de convivência e por tornarem essa trajetória mais prazerosa.

Ao **Prof. Dr. Antônio Paulino Sobrinho e Prof.<sup>a</sup> Dra. Juliana Vilela**, pelos ensinamentos durante os estágios docentes e seminários. Aos colegas da pós-graduação **Luiza, Paula, Lígia** por todo apoio. Em especial ao **Gustavo** pelo incentivo e ajuda desde o início para ingressar no mestrado e durante todos esses meses.

Aos Professores **Dr. Luiz Carlos Henriques, Dr. Fabiano Cardoso e Dr. Warley Tavares**, por todo o conhecimento transmitido no aperfeiçoamento, especialização e agora no mestrado. Vocês me incentivaram desde o início e são os

grandes responsáveis pelo meu amor pela Endodontia e pela docência. Aos colegas **Túlio Oliveira, Fabrícia Teixeira** e à toda **equipe do IES**, pela agradável convivência.

Ao Colegiado de Pós-Graduação e a todos os professores do mestrado, por todos os ensinamentos.

Aos alunos da graduação pelos momentos de convivência durante os estágios docentes e monitoria.

Gratidão também a todos que, de alguma forma, participaram dessa trajetória: à **minha família**, aos **amigos de longa data** e principalmente a **DEUS**.  
Muito obrigada!

## RESUMO

Técnicas de agitação da solução irrigadora melhoram a eficácia da limpeza apical através do aumento do fluxo de fluidos, potencializando a desinfecção do canal radicular. A irrigação ultrassônica passiva (PUI) é a técnica mais utilizada e promove, além de uma melhor limpeza, o aumento da temperatura do hipoclorito de sódio (NaOCl). Já o sistema *XP-endo Finisher*, tipo especial de instrumento rotatório de NiTi tratado termicamente, tem sua capacidade de alcance e eficácia aumentada através da alteração na sua conformação. Esta, ocorre devido à transformação reversa da martensita quando o instrumento entra em contato com temperatura corporal no interior do canal radicular. O objetivo deste estudo foi avaliar a variação da temperatura da solução irrigadora no interior da câmara pulpar em três situações clínicas: em repouso e após agitação mecânica com o sistema *XP-endo Finisher* e PUI. As temperaturas de transformação dos instrumentos *XP-Endo Finisher* foram determinadas por DSC. Um Termopar digital foi usado para mensurar a temperatura do irrigante, dentro da câmara pulpar. Três mensurações foram realizadas em cada dente (n = 12): com a solução irrigadora em repouso, durante a agitação com *XP-Endo Finisher* e durante o uso de PUI, ambos por 60 segundos, observando a evolução da temperatura por 325 segundos. Os dados foram analisados estatisticamente pelo teste *t-student*, com nível de confiança de 95%. Os resultados do DSC sugeriram que o instrumento *XP-endo Finisher* à temperatura ambiente apresenta uma estrutura mista, de austenita e fase R. Para o protocolo realizado com a lima *XP-Endo*, a temperatura média observada no momento da inserção do instrumento no interior do canal radicular foi de 28,7°C. Após 60 segundos de agitação a temperatura atingiu 34°C. A estabilização da temperatura da solução dentro do canal a 35,5°C foi observada somente após 211 segundos. A temperatura média máxima da solução irrigadora registrada no interior do canal foi de 35,5°C com o irrigante em repouso e após agitação com *XP-endo* (p > 0,05). Para o protocolo realizado com PUI após 30 segundos de ativação da solução irrigadora a temperatura do NaOCl atingiu 33,3°C e após 60 segundos 37,8°C, um aumento de aproximadamente 10°C na temperatura do irrigante foi observado. O sistema *XP-endo Finisher* não promove o aquecimento da solução irrigadora, mas a expansão do instrumento, que é responsável pela melhor capacidade de limpeza desse sistema, ocorrerá e começará em uma temperatura abaixo da esperada. O protocolo de agitação por 60 segundos com PUI, pode ser considerado uma técnica segura que, além dos benefícios descritos na literatura de aumentar a dinâmica do fluxo de fluidos, não promove um superaquecimento que poderia causar danos aos tecidos periodontais.

**Palavras-chave:** Temperatura intracanal. *XP-endo Finisher*. Irrigação ultrassônica passiva. Hipoclorito de sódio. Técnicas de agitação.

## ABSTRACT

### **Evaluation of the temperature variation of irrigation solution in resting and activated by XP-endo Finisher and Irrisonic during endodontic treatment - in vivo measurements**

Irrigation solution agitation techniques improve the efficacy of apical cleaning by increasing the fluids flow, potentiating disinfection of the root canal. Passive ultrasonic irrigation (PUI) is the most used technique and promotes, besides a better cleaning, the increase of sodium hypochlorite (NaOCl) temperature. The XP-endo Finisher system, a special type of thermally treated NiTi rotary instrument, has its capacity to reach and increase efficiency due to a change in its conformation. This, occurs due to the reverse transformation of martensite when the instrument comes in contact with body temperature inside the root canal. The aim of this study was to evaluate the temperature variation of the irrigation solution inside the pulp chamber in three clinical situations: at resting and after mechanical agitation with the XP-endo Finisher system and PUI. Transformation temperatures of XP-Endo Finisher instruments were determined by DSC. A digital thermocouple was used to measure the irrigant temperature, inside the pulp chamber. Three measurements were performed in each teeth (n = 12): with irrigant at resting, during agitation with XP-Endo Finisher and during the use of PUI, both for 60 seconds, observing the temperature evolution. Data were statistically analyzed using *t-student* test, with a confidence level of 95%. DSC results suggested that XP-Endo finisher at room temperature will be in a mixed R-phase and austenitic structure. For the protocol performed with the XP-Endo file, the mean temperature observed at the time of instrument insertion inside the root canal was 28,7°C. After 60 seconds of agitation temperature reached 34°C. The stabilization of the solution temperature inside the canal at 35.5°C was observed only after 211 seconds. The mean maximum irrigation solution temperature recorded inside the canal was 35.5°C with the irrigant at resting and after XP-endo agitation (p>0.05). For the protocol performed with PUI, after 30 seconds of irrigation solution activation the temperature of NaOCl reached 33.3°C and after 60 seconds 37.8°C, an increase of approximately 10°C in the irrigant temperature was observed. The XP-endo Finisher system does not promote heating of the irrigation solution, but the file expansion which is responsible for the instruments better cleaning ability will occur and it starts in a temperature under the expected. The 60 seconds PUI agitation protocol, can be considered a safe technique that besides the benefits described in the literature of increasing fluid flow dynamics, do not promote an overheating that could cause damage to periodontal organic tissues.

**Keywords:** Intracanal temperature. XP-endo Finisher. Passive ultrasonic irrigatic Sodium hypochlorite. Agitation techniques.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SCR	Sistema de Canais Radiculares
NaOCl	Hipoclorito de Sódio / Sodium Hypochlorite
CT	Comprimento de Trabalho
PUI	Irrigação Ultrassônica Passiva / Passive Ultrasonic Irrigation
NiTi	Níquel-Titânio / Nickel-Titanium
DSC	Calorimetria Exploratória Diferencial / Differential Scanning Calorimetry
TP	Termopar Digital
EDTA	Ácido Etilenodiamino Tetra-acético / Ethylenediamine Tetraacetic Acid
RT	Room Temperature
Ms	Martensite Start
Mf	Martensite Finish
As	Austenite Start
Af	Austenite Finish
Rs	R-phase Start
Rf	R-phase Finish

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>15</b>
2.1 Objetivo geral .....	15
2.2 Objetivos específicos .....	15
<b>3 METODOLOGIA EXPANDIDA .....</b>	<b>16</b>
3.1 Análise da temperatura de transformação .....	16
3.2 Seleção dos pacientes e preparo do canal radicular .....	16
3.3 Mensuração de temperaturas .....	17
3.3.1 Solução irrigadora em repouso .....	17
3.3.2 Solução irrigadora ativada pelo sistema <i>XP-endo Finisher...</i>	17
3.3.3 Solução irrigadora ativada por PUI .....	18
3.4 Análise dos dados .....	18
<b>4 ARTIGOS CIENTÍFICOS .....</b>	<b>19</b>
4.1 Irrigation solution temperature variation during endodontic treatment in resting and activated by XP-Endo Finisher - in vivo measurements .....	19
4.2 Temperature measurements of irrigation solution activated by passive ultrasonic irrigation during endodontic treatment - in vivo measurements .....	34
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>48</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>50</b>
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>54</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O tratamento endodôntico tem como objetivo e principal desafio a desinfecção do sistema de canais radiculares (SCR), prevenindo ou reparando a periodontite apical (BAO *et al.*, 2017; ISMAIL *et al.*, 2016; PETERS *et al.*, 2001). Este objetivo é alcançado pela combinação do preparo mecânico-químico, realizado com instrumentos manuais e/ou rotatórios, irrigação constante com substâncias químicas, seguido de uma obturação tridimensional do SCR (CARON *et al.*, 2010; PLOTINO *et al.*, 2016). O preparo mecânico visa a formatação e modelagem do canal radicular e, em conjunto com a irrigação, a eliminação dos tecidos vitais ou necróticos, dos microrganismos e seus subprodutos e dos detritos provenientes dessa instrumentação (DUQUE *et al.*, 2017; PLOTINO *et al.*, 2016). A limpeza de todo o canal e suas irregularidades permite o preenchimento e vedação adequada durante a obturação, evitando espaços vazios e uma eventual recontaminação (GU *et al.*, 2009; ISMAIL *et al.*, 2016).

Independentemente do tipo de técnica realizada, entre 30% a 50% das paredes do canal podem ficar intocadas após a instrumentação e com biofilme aderido à sua superfície (MARKVART *et al.*, 2012; PETERS *et al.*, 2001; PETERS *et al.*, 2015; SIQUEIRA *et al.*, 2018). Portanto, a limpeza dessas regiões e das áreas anatômicas complexas, como istmos, deltas apicais e canais laterais dependem da ação da irrigação (HAAPASALO *et al.*, 2014; PETERS *et al.*, 2001; SIQUEIRA *et al.*, 2018; VAN DER SLUIS *et al.*, 2007). O irrigante mais utilizado na endodontia é o hipoclorito de sódio (NaOCl), devido as suas propriedades antimicrobianas e capacidade de dissolver tecido orgânico (HAAPASALO *et al.*, 2014; ZEHNDER, 2006). A eficácia desta solução é aumentada quando aquecido, potencializando a sua ação, com risco mínimo de toxicidade e efeitos adversos (CUNNINGHAM; BALEKJIAN, 1980; CUNNINGHAM; JOSEPH, 1980; STOJICIC *et al.*, 2010). As técnicas de irrigação devem propiciar a renovação, agitação e penetração do NaOCl por todo o SCR (GU *et al.*, 2009; PLOTINO *et al.*, 2016).

A irrigação convencional é a abordagem mais utilizada durante o tratamento endodôntico. É realizada com o auxílio de uma seringa e cânula, que deve

ser posicionada à 1 ou 2 mm do comprimento de trabalho (CT), para uma limpeza mais eficiente do terço apical (GU *et al.*, 2009; JIANG *et al.*, 2012; VAN DER SLUIS *et al.*, 2007). É necessário cuidado para que a ponta da agulha permaneça livre permitindo o fluxo da solução e evitando o seu extravasamento para os tecidos periapicais. Em canais curvos ou atrésicos, e em regiões de difícil acesso, a ação deste método é limitada, devido ao diâmetro e rigidez da agulha (ELNAGHY *et al.*, 2016; GAO *et al.*, 2009; GU *et al.*, 2009; JIANG *et al.*, 2012).

Devido a estas limitações, se faz necessário utilizar um método auxiliar no processo de limpeza para potencializar a desinfecção do SCR (GU *et al.*, 2009; PLOTINO *et al.*, 2016). Técnicas de agitação da solução irrigadora melhoram a eficácia da limpeza apical, mecânica e quimicamente, através do aumento da dinâmica de fluxo de fluidos. Essas técnicas são baseadas na agitação do irrigante, facilitando a sua penetração, dissolução tecidual e eliminação dos detritos (GU *et al.*, 2009; JIANG *et al.*, 2010). Dentre essas podemos citar o sistema *EndoVac* (Discus Dental, Culver City, CA) que foi projetado para fornecer com segurança um fluxo constante de irrigante para o terço apical dos canais através do princípio da pressão apical, ou seja, ao mesmo tempo em que o irrigante é introduzido no canal por uma microcânula, é removido por sucção, promovendo o fluxo e a renovação da solução (GU *et al.*, 2009; MILLER; BAUMGARTNER, 2010). O sistema *EndoActivator* (Advanced Endodontics, Santa Bárbara, CA, EUA) que consiste em uma peça de mão portátil e pontas de polímero para agitar a solução irrigadora por ativação sônica (GU *et al.*, 2009; JIANG *et al.*, 2010). E a irrigação ultrassônica passiva (PUI), método adjuvante mais comumente utilizado clinicamente, que promove a movimentação da solução através da formação de cavitações hidrodinâmicas e ondas acústicas, potencializando a desinfecção do SCR. O termo passivo do nome se refere à característica não cortante dos insertos ultrassônicos utilizados, sendo, portanto, uma movimentação ativa da solução (CASTELO-BAZ *et al.*, 2016; CăPUTĂ *et al.*, 2019; VAN DER SLUIS *et al.*, 2007; WELLER *et al.*, 1980).

O aumento da temperatura do NaOCl, seja por pré-aquecimento ou através do ultrassom, traz inúmeros benefícios já demonstrados na literatura, como uma melhor capacidade antimicrobiana e de dissolução de matéria orgânica (AHMAD, 1990; CAMERON, 1987; CAMERON, 1988; CăPUTĂ *et al.*, 2019; CUNNINGHAM;

BALEKJIAN 1980, CUNNINGHAM; JOSEPH, 1980; STOJICIC *et al.*, 2010; ZELTER *et al.*, 2009). Sabe-se que a agitação do NaOCl por PUI promove um aumento entre 8°C a 10°C da temperatura desse irrigante (CAMERON, 1988; MACEDO *et al.*, 2014; ZELTER *et al.*, 2009). Porém não há na literatura estudos que mensuraram esse aumento durante o uso clínico, apenas estudos *in vitro* e, embora algumas configurações experimentais imitem situações clínicas, a abordagem mais confiável parece ser o uso de medições *in vivo*. A determinação desse aumento é importante porque já foi relatado na literatura que qualquer temperatura na superfície radicular externa superior a 47°C é prejudicial ao ligamento periodontal e ao tecido ósseo, podendo causar danos significativos aos tecidos de suporte (ERIKSSON; ALBREKTSSON, 1983).

Recentemente foi introduzido no mercado um novo sistema para agitação da solução irrigadora: o *XP-endo Finisher* (XPF, FKG Dentaire SA, La Chaux-de-Fonds, Suíça). Estes instrumentos são produzidos com um tipo especial de liga, o Níquel-Titânio (NiTi) *MaxWire* (Martensite-Austenite Electropolish-FleX, FKG), e reagem quando expostos a diferentes faixas de temperatura. Segundo o fabricante, à temperatura ambiente, em torno de 20°C, o instrumento apresenta-se martensítico e com uma configuração retilínea. Entretanto, ao entrar em contato com a temperatura corporal no interior do canal radicular, em torno de 35°C, ocorrerá a transformação martensítica reversa. Uma vez austenítico ele adquire um formato em “C” na sua porção apical, apresentando então uma capacidade de alcance muitas vezes maior do que uma lima de diâmetro equivalente é capaz de atingir (FKG DENTAIRE, 2018; VAZ-GARCIA *et al.*, 2018). Este sistema foi desenvolvido e fabricado baseado no princípio de memória de forma das ligas NiTi, que apresentam a capacidade de retornar à sua forma original, através da mudança de temperatura, mesmo após sofrer grandes deformações aparentes (VAZ-GARCIA *et al.*, 2018). O *XP-endo Finisher* apresenta diâmetro de 0,25mm em todo o seu comprimento e *taper* 00 e o fabricante preconiza o seu uso após a instrumentação do SCR, por um período de 60 segundos (FKG DENTAIRE, 2018). É utilizado para a limpeza mecânica do SCR, principalmente de áreas complexas, intocadas pela instrumentação, sem causar alteração na morfologia do canal, preservando a dentina (BAO *et al.*, 2017; DE-DEUS *et al.*, 2018; ELNAGHY *et al.*, 2016; FKG DENTAIRE, 2018; VAZ-GARCIA *et al.*, 2018).

Os tratamentos térmicos e termomecânicos aplicados à liga NiTi visam alterar as temperaturas de transformação martensítica e austenítica, de forma a melhorar a flexibilidade e a resistência à fratura durante o uso clínico fornecendo aos endodontistas instrumentos mais seguros e eficientes (PEREIRA *et al.*, 2012; SHEN *et al.*, 2013). Portanto, a temperatura da solução irrigadora no momento da inserção dos instrumentos de NiTi e durante o seu uso é o ponto chave para que as transformações de fase ocorram da forma desejada. Com os avanços e entre os objetivos destes tratamentos, está a elevação das temperaturas de transformação de fase a valores muito superiores àqueles da liga NiTi austenítica convencional usada em gerações anteriores de instrumentos rotatórios (MIYAI *et al.*, 2006) e que pode de fato se transformar próximo da temperatura corporal (SHEN *et al.*, 2013).

Diante disso, o conhecimento da temperatura intracanal e do tempo demandado para que a solução irrigadora, injetada no canal à temperatura ambiente, entre em equilíbrio com a temperatura corporal é imprescindível. Apenas dois estudos realizaram esta mensuração, *in vivo*, porém ambos estão relacionados à irrigação durante o tratamento endodôntico e não consideram a preparação mecânica do canal radicular ou o uso de técnicas de agitação da solução irrigadora. Cunningham e Balekjian (1980) foram os primeiros a realizarem essa aferição mostrando resultados entre 31°C e 33,5°C dentro de diferentes tipos de dentes. No entanto, os métodos exatos utilizados e os detalhes dos achados obtidos não foram descritos em seu artigo porque a medição de temperatura *in vivo* não era o principal objetivo. O outro estudo, realizou o procedimento de mensuração com um termômetro digital de microssonda colocado no terço apical do canal radicular e determinou que a temperatura média intracanal foi de 35,1°C (DE HEMPTINNE *et al.*, 2015).

Recentemente, alguns estudos (ARIAS *et al.*, 2018; DE VASCONCELOS *et al.*, 2016; ELNAGHY; ELSAKA, 2018; JAMLEH *et al.*, 2019) realizaram testes de fadiga dos instrumentos de NiTi sob banhos de 35 °C a 37 °C para simular as condições ambientais à que a liga é submetida durante o uso clínico. Entretanto, um estudo demonstrou e detalhou essa estabilização, *in vivo*, verificando que eram necessários 4 minutos para que o irrigante atingisse 35°C, temperatura intracanal máxima encontrada (DE HEMPTINNE *et al.*, 2015), ou seja, utilizando o instrumento logo após a irrigação estas condições dos estudos *in vitro* não seriam observadas. Por

consequente, a variação da temperatura da solução irrigadora dentro de canais radiculares antes, durante e após a preparação mecânica e uso de determinadas técnicas de agitação do irrigante, como o sistema *XP-endo Finisher* e PUI, é de extrema importância.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Avaliar *in vivo* a variação da temperatura da solução irrigadora no interior da câmara pulpar em repouso e durante agitação mecânica com o sistema *XP-endo Finisher* e ponta de ultrassom *Irrisonic*.

### 2.2 Objetivos específicos

- Mensurar a temperatura da solução irrigadora em repouso no interior da cuba endodôntica à temperatura ambiente;
- Mensurar a que temperatura a solução irrigadora em repouso se estabiliza no interior da câmara pulpar;
- Aferir em quanto tempo o irrigante, injetado a temperatura ambiente, atinge o equilíbrio na câmara pulpar;
- Avaliar as temperaturas de transformação martensítica e reversa dos instrumentos *XP-endo finisher*;
- Avaliar se a agitação mecânica com *XP-endo Finisher* induz alterações na temperatura do irrigante, analisando as temperaturas inicial e final após atuação do mesmo;
- Analisar as temperaturas inicial e final após atuação das pontas de ultrassom *Irrisonic*, de acordo com protocolo do fabricante.

### 3 METODOLOGIA EXPANDIDA

#### 3.1 Análise da temperatura de transformação

Para caracterizar as temperaturas de transformação de fase da liga, dois instrumentos *XP-endo Finisher* foram utilizados. Amostras de aproximadamente 10 mg foram cortadas da parte ativa dos instrumentos e analisadas por Calorimetria Exploratória Diferencial – DSC (DSC 60, Shimadzu, Kyoto, Japão). As amostras foram resfriadas a -100°C e então aquecidas até 100°C e então resfriadas a -100°C com taxa de aquecimento/resfriamento de 10°C/minuto.

#### 3.2 Seleção dos pacientes e preparo do canal radicular

Este estudo possui aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais, CAAE 90430618.1.0000.5149. Um total de 12 participantes foram selecionados dentre os pacientes em tratamento na Disciplina Optativa de Rotatórios, na Faculdade de Odontologia, no período de março a dezembro de 2018.

Foram incluídos na pesquisa pacientes com necessidade de tratamento endodôntico de molares inferiores e que concordaram, previamente, em participar do estudo através do termo de consentimento livre e esclarecido. Dentes com destruição coronária extensa que impedisse a retenção do NaOCl na câmara pulpar, pacientes alérgicos à esta solução irrigadora, com abertura bucal limitada e que relataram no momento da consulta indisposição ou mal-estar que pudesse ocasionar alteração da temperatura corporal, foram excluídos da pesquisa. Todos os pacientes que não se adequaram aos critérios de elegibilidade do estudo tiveram seu tratamento endodôntico realizado e foram encaminhados para restabelecimento protético.

O tratamento endodôntico foi realizado pelos alunos matriculados na disciplina e os canais foram instrumentados com limas rotatórias de NiTi do sistema *ProTaper Next* (Dentsply Sirona, Baillagues, Suíça) até o instrumento X2 (tamanho de ponta 25.06). O preparo mecânico-químico foi realizado de acordo com o protocolo do fabricante sob irrigação com NaOCl 2,5%, à temperatura ambiente, com o auxílio de

uma cânula acoplada a uma seringa. A mensuração da temperatura na câmara pulpar foi realizada após a instrumentação completa dos canais radiculares.

### 3.3 Mensuração de temperaturas

Para cada paciente, a temperatura corporal foi aferida usando um termômetro infravermelho. A medição da temperatura da solução irrigadora à temperatura ambiente foi realizada com um Termopar digital (TP) (Fluke 3000FC, Fluke Corporation, Washington, EUA) inserido na cuba endodôntica contendo NaOCl.

O TP foi cuidadosamente posicionado na câmara pulpar para verificar a temperatura da solução irrigadora *in vivo*. A ponta de aquisição do TP inserida da câmara pulpar foi esterilizada em autoclave antes de cada uso. Em cada dente, após o preparo mecânico-químico, três mensurações foram realizadas. A ordem da medição foi realizada de forma aleatória através de sorteio. Ambos os protocolos foram executados no canal distal, e por um especialista em endodontia previamente treinado e cego quanto à temperatura marcada pelo TP ao longo da mensuração. O canal distal dos molares inferiores foi escolhido devido à facilidade de acesso e visualização, a fim de evitar o contato do instrumento com a ponta do TP. Esta ponta permaneceu dentro da câmara pulpar, submersa em solução, para que o instrumento pudesse ser utilizado livremente sem interferir na aferição.

#### 3.3.1 Solução irrigadora em repouso

A ponta do TP foi posicionada no interior da câmara pulpar vazia e o irrigante foi injetado, com a cânula *Navitip* 29ga (Ultradent Products, Inc., Sul da Jordânia, UT, EUA) posicionada no interior do canal radicular, durante 25 segundos. O ritmo de fluxo foi de 0,1ml/seg, totalizando 2,5ml de NaOCl. A ponta do TP permaneceu inserida dentro da câmara durante os 25 segundos e por mais 5 minutos para observar a evolução da temperatura da solução em repouso, totalizando 325 segundos.

#### 3.3.2 Solução irrigadora ativada pelo sistema *XP-endo Finisher*

Os procedimentos iniciais foram realizados da mesma maneira e após os 25 segundos (0,1ml/seg), o instrumento *XP-endo finisher* foi utilizado seguindo as

instruções do fabricante. O mesmo foi posicionado no canal a 1mm do CT e operado com um movimento rotatório com velocidade de 800rpm e torque 1 N.cm durante 60 segundos. A ponta do TP permaneceu inserida dentro da câmara pulpar durante os 325 segundos de aferição, registrando as temperaturas durante o procedimento.

### 3.3.3 Solução irrigadora ativada por PUI

Os procedimentos iniciais foram realizados da mesma maneira e após os 25 segundos (0,1ml/seg), uma ponta ultrassônica *E1 Irrisonic* (Helse Ultrasonic, São Paulo, Brasil) de diâmetro 20 e taper 0.1 acoplada ao ultrassom ENAC (Osada, Inc., Los Angeles, CA), utilizado na potência 2, foi posicionada a 1mm do CT durante 60 segundos. A ponta do TP permaneceu inserida dentro da câmara pulpar durante os 325 segundos de aferição, registrando as temperaturas durante o procedimento.

Subsequentemente, o procedimento endodôntico para todos os dentes foi completado com irrigação com EDTA 17% e obturação do SCR.

### 3.4 Análise dos dados

Os dados obtidos no DSC foram analisados utilizando o software do equipamento (TA-60WS, Shimadzu, Kyoto, Japão), determinando as temperaturas de transformação do instrumento *XP-endo Finisher*.

A aquisição dos dados da mensuração da temperatura foi realizado por um segundo examinador, que controlou o tempo gasto em cada etapa e realizou a filmagem do monitor do TP, que mostra a variação de temperatura versus tempo. As médias e os desvios padrão foram calculados e os dados analisados estatisticamente usando o teste *t-student* com nível de confiança de 95%. Foram realizadas comparações entre a solução em repouso e a ativada pelo sistema *XP-endo Finisher* e entre a solução em repouso e ativada por PUI. Cálculos estatísticos foram realizados com o software livre R (R Core Team, Viena, Áustria).

## 4 ARTIGOS CIENTÍFICOS

### 4.1 Irrigation solution temperature variation during endodontic treatment in resting and activated by XP-Endo Finisher - in vivo measurements

Fernanda de Melo Silva, MS<sup>a</sup>; Pedro Damas Resende, MS<sup>b</sup>; Warley Fonseca Tavares, DDS, MS PhD<sup>a</sup> ; Vicente Tadeu Lopes Bueno, BS, MS PhD<sup>b</sup>; Isabella Faria da Cunha Peixoto, DDS, MS PhD<sup>a</sup>; Ana Cecília Diniz Viana DDS, MS PhD<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Department of Restorative Dentistry, Faculty of Dentistry, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brazil

<sup>b</sup>Department of Metallurgical and Materials Engineering, School of Engineering, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brazil

#### **Corresponding author:**

Ana Cecília Diniz Viana

Department of Restorative Dentistry, Faculty of Dentistry

Universidade Federal de Minas Gerais

Av. Antonio Carlos, 6627

31270-901 Belo Horizonte, MG, Brazil

E-mail: acdviana@ufmg.br

Phone: +55 31 3409-2440

#### **Acknowledgement**

This work was partially supported by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), Brasília, DF, Brazil, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasília, DF, Brazil, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), Belo Horizonte, MG, Brazil. The authors deny any conflicts of interest related to this study.

## Abstract

**Introduction:** The aim of this study was to evaluate the irrigation solution temperature variation inside the root canal in two clinical situations: at resting and during the use of the XP-Endo Finisher system. **Methods:** Transformation temperatures of XP-Endo Finisher instruments were determined by DSC. A digital thermocouple was used to measure the irrigant temperature, inside the pulp chamber. Two measurements were performed in each teeth (n=12): with irrigant at resting and during XP-Endo agitation for 60 seconds, observing the temperature evolution. Data were statistically analyzed using *t* test, with a confidence level of 95%. **Results:** DSC results suggested that XP-Endo finisher at room temperature will be in a mixed R-phase and austenitic structure. Temperature values at predetermined time points, 0, 10, 40, 70, 120 and 240 seconds were measured and there was no statistical difference between values of resting and activated solution at any of the selected points ( $p>0.05$ ). For the protocol performed with the XP-Endo file, the mean temperature observed at instrument insertion inside root canal was 28.65°C. After 60 seconds of agitation temperature was 34.02°C. The stabilization of the solution temperature inside the canal at 35.5°C was observed only after 211 seconds. The mean maximum irrigation solution temperature recorded inside the canal was 35.5°C without agitation and after XP-endo agitation ( $p>0.05$ ). **Conclusion:** The XP-endo Finisher system does not promote heating of the irrigation solution but the file expansion which is responsible for the instruments better cleaning ability will occur and it starts in a temperature under the expected.

**KeyWords:** *Intracanal temperature, XP-Endo Finisher, in vivo, irrigation.*

## Statement of Clinical Relevance

XP-Endo Finisher file efficacy depends on a shape change that occurs in higher temperatures. It is important to observe if clinically the irrigant solution reaches this optimal temperature proving the effectiveness of the system.

## Introduction

The anatomical complexity of root canal system is still one of the main challenges of endodontic treatment (1, 2). Even with all technological advances in manufacturing and kinematics of nickel-titanium instruments, among 30% to 50% of the root canal walls can remain untouched after instrumentation (3-6). Therefore, irrigation is essential and as important as the debridement for the canal cleaning and disinfection, acting in the regions that remained with biofilm attached to its surface and in areas inaccessible by instruments (6-8).

Conventional irrigation, with syringe and cannula, should be performed through all the chemomechanical preparation. However, the flushing action of irrigant over this system is relatively weak and depends on the depth of placement and diameter of the needle (9-11). Therefore, irrigation agitation is essential in order to obtain a better flow and distribution of the irrigation solution inside the root canal (10, 12, 13).

Some new irrigation techniques have been proposed in order to improve mechanical and chemically the apical cleaning efficacy, by enhancing the fluid flow dynamics. These approaches are based on agitation of the irrigant, facilitating its penetration, tissue dissolution and debris elimination (10, 14). Among these techniques are the EndoVac System (Discus Dental, Culver City, CA) (10, 15), the EndoActivator System (Advanced Endodontics, Santa Barbara, CA, USA) (10, 14), and the most commonly used technique denominated passive ultrasonic irrigation (7, 16).

Recently a new system for irrigation solution agitation has been introduced: the XP-endo Finisher (XPF, FKG Dentaire SA, La Chaux-de-Fonds, Switzerland) instruments. These instruments are produced with a special type of thermally treated alloy, NiTi MaxWire (Martensite-Austenite Electropolish-FleX, FKG) and react when exposed to different temperature ranges. According to manufacturers, at 20°C the instrument is martensitic and displays a straight configuration. When exposed to the body temperature inside root canal, martensite reverts to austenite and it takes on a spoon shape in its apical portion, thus presenting a greater capacity of reaching canal anatomy than a file of equivalent diameter (17, 18). As the newly proposed technology depends on the NaOCl temperature to be around 35°C inside root canal, the aim of

the present study is to assess if the ideal situation for the operation of XP-endo Finisher, according to the manufacturer's proposal, is observed clinically. In addition, it is important to determine the temperature variation of resting irrigation solution inside the root canal as function of time for further comparison.

## **Material and methods**

### **Differential Scanning Calorimetry Analysis**

To assess the influence of the heat treatments on the metallurgical behavior of the instruments, XP-endo Finisher transformation temperatures were determined by differential scanning calorimetry (DSC-DSC 60, Shimadzu, Kyoto, Japan). Samples with approximately 10 mg were heated from -100°C to 100°C and then cooled to -100°C at a rate of 10°C /min.

### **Patient Selection and Root Canal Preparation**

Twelve patients needing endodontic treatment in mandibular molars with all coronal walls present were selected at the Faculty of Dentistry of the Universidade Federal de Minas Gerais. Teeth with extensive coronary destruction that would impossibility the retention of NaOCl in the pulp chamber, patients allergic to this irrigation solution, with limited mouth opening and who reported indisposition at the time of the treatment that could cause alteration of body temperature, were excluded from the study. This research was approved by the ethics committee of the institution under CAAE 90430618.1.0000.5149, and a term of understanding and written consent was obtained from each participant.

Endodontic treatment was performed using new ProTaper Next NiTi files (Dentsply Sirona, Baillagues, Switzerland) according to manufacturer's directions, under irrigation with 2.5% NaOCl delivered from a syringe coupled to Navitip 29ga cannula (Ultradent Products, Inc., South Jordan, UT, USA). The temperature measurement was performed after the complete chemomechanical preparation.

## **Measurement of Irrigation Solution Temperature**

Body temperature of each patient was measured using an infrared thermometer. The temperature measurement of irrigation solution at room temperature (RT) was done with a digital thermocouple (Fluke 3000FC, Fluke Corporation, Washington, USA) whose tip was inserted inside the endodontic bowl. This same equipment was carefully positioned in pulp chamber to verify the temperature of solution in vivo.

After chemomechanical preparation, two measurements were made in each tooth. At the first measurement, thermocouple was initially placed inside the empty pulp chamber and irrigant was injected for 25 seconds at a flow rate was 0.1 mL/s, with the excess aspiration totaling 2.5 mL NaOCl. Thermocouple remained inside chamber during the 25 seconds and for more 5 minutes to observe the evolution of temperature at rest, in a total of 325 seconds. The procedure was repeated using XP-Endo Finisher system according to manufacturer's specification, a new one to each patient. After injection of NaOCl for 25 seconds (0.1 mL/s) with thermocouple in pulp chamber, the instrument was positioned at 1.0 mm working length and activated for 60 seconds. Measurement continued until the same 325 seconds were completed. Both protocols were conducted consecutively in the distal canal of each tooth by a previously trained endodontic specialist and blind regarding the temperature marked by thermocouple throughout the protocol. The distal canal of mandibular molars was chosen because of easy access and visualization in order to avoid the contact of the instrument with the thermocouple tip. The sensor remained submerged in solution inside pulp chamber so that instrument could be used freely without interfering with measurement. Subsequently, endodontic treatment for all teeth was completed with irrigation with 17% EDTA and root canal system obturation.

## **Data and statistical analysis**

DSC data were analyzed using the equipment software (TA-60WS, Shimadzu, Kyoto, Japan). Transformation temperatures of XP-endo Finisher instrument were determined by the tangent intersection method for each peak.

Temperature measurement was performed by a second examiner, who controlled the time spent in each stage and the thermocouple interface, which shows variation of temperature as a function of time. Means and standard deviations were calculated and data were statistically analyzed using t-test between the resting solution and activated by XP-endo Finisher system. The confidence level adopted was 95%. Statistical calculations were performed with the free software R (R Core Team, Vienna, Austria).

## Results

Transformation temperatures determined by DSC are shown in Table 1. Room temperature is right below the  $R_f$  (27.3°C) and close to the  $A_s$  temperature (24.5°C), suggesting that this instrument at RT will be predominantly R-phase with some austenite in minor fraction.

The patients body temperature was considered normal for all of them and the mean value observed was 36,3°C. The irrigant temperature, measured in endodontic bowl, before injection was 23.4°C ( $\pm 2.3^\circ\text{C}$ ). Temperature variation during resting and during activation by XP-Endo Finisher are depicted in Figure 1. Temperature values at predetermined time points, 0, 10, 40, 70, 120 and 240 seconds are listed in Table 2. The stabilization of the solution temperature at 35.5°C was observed after 211 seconds. For the protocol performed with the XP-endo Finisher system temperatures decreased initially similarly and at the moment of instrument insertion in root canal, the mean temperature observed was 28.7°C. The mean time demanded after the end of the injection of irrigation solution to the positioning of XP-endo Finisher at the input of canal was 10 seconds. After 60 seconds of agitation temperature was 34.0°C. The final solution temperature stabilization was observed after 243 seconds. The mean maximum irrigation solution temperature recorded inside a mandibular molar without agitation was 35.5°C ( $\pm 1.0^\circ\text{C}$ ) and 35.5°C ( $\pm 0.7^\circ\text{C}$ ) after XP-endo Finisher agitation. There is no statistical difference between the mean temperature values of the resting solution and activated by XP-endo Finisher system at any of the selected points ( $p > 0.05$ ).

## Discussion

The thermal and thermomechanical treatments applied to NiTi instruments aim to alter martensitic and austenitic transformation temperatures, resulting in greater flexibility and fracture resistance during clinical use. This provide clinicians with safer and more efficient instruments (19, 20). The XP-endo Finisher instrument presents a combination of a highly flexible proprietary alloy with its small core size and zero taper, which allow it to expand its reach capacity during rotation inside the canal providing a better cleaning for complex anatomical regions (17).

This new concept of anatomic finishing file was introduced to be used after root canal instrumentation, as a final step to improve root canal cleaning while conserving dentin. Recent studies have reported the effectiveness of XP-endo Finisher as a supplementary irrigation approach for debris removal (21-24). The property of changing its shape according to the temperature makes it important to know the temperature of the irrigating solution during clinical use. In spite of the promising results presented by this file, little is known about the behavior of these instruments at intracanal environment.

Zeltner *et al.* (25) said that establishing irrigation solution temperature toward a body temperature values took about 35 seconds. However, it was an in vitro study and although some experimental setups mimic clinical situations, the most reliable approach appears to be the use of in vivo measurements. Only two studies in the literature reported on intracanal temperatures in vivo, showing results between 31°C to 35.1°C (26, 27), range similar to the results presented here. However, the present study has shown that for the irrigation solution equilibrate with body temperature at 35.5°C it took about 211 seconds. These results are similar to those obtained by Hemptinne *et al.* (27) who demonstrated, also in vivo, that this equilibrium was reached after 240 seconds. The time of stabilization of the irrigation solution varies according to tooth size and position, as well as the room temperature of the operating site of measurement (26).

According to manufacturers, due to the thermal treatment applied to the XP-endo Finisher system, the instrument need a temperature of approximately 35°C for the transformation from martensite to austenite occur, leading to its spoon shape in the

apical portion (17, 18). However, working in this established condition would not be clinically acceptable, as the results in this study showed that clinicians would need about 170 seconds until irrigant reaches 35°C before using XP-Endo files. On the other hand, the effectiveness of the system is not compromised at all, as DSC results demonstrated that, in fact, reverse martensitic transformation starts earlier, at 24.5°C. This may explain why, at room temperature, a small change in the instrument shape is already perceptible. According to the results obtained, the temperature of the irrigation solution at the time XP-endo Finisher file is inserted into the canal is about 28.7°C and reaches 34°C in the end of manufacturer protocol. So, during clinical use the instrument will be in a mixed R-phase and austenitic structure and austenite fraction will get higher at the expense of R-phase fraction reduction as the instrument heats. Although, the instrument will never be fully austenitic as the final Af temperature (36.9°C) was not reached until the end of the experiment.

The effectiveness of irrigation relies on both the mechanical flushing action and the ability of irrigants to dissolve organic tissue (8, 10). An increase in NaOCl temperature may be advantageous once higher temperature may increase its efficacy in tissue dissolution as well as its antimicrobial action (26, 28, 29). According to the findings of this study, at the time of 40 and 70 seconds referring respectively to 30 and 60 seconds of activation by XP-endo Finisher, there was no statistical difference ( $p>0.05$ ) between the resting and agitated solution. Therefore, the use of the XP-endo Finisher system did not promote the heating of NaOCl.

Most of the studies which report the intracanal temperature do not consider mechanical root canal preparation, only the irrigation. Recently, some studies (30-33) have performed fatigue tests under 35°C to 37°C baths in order to simulate environmental conditions. Results presented here shows that it would take about 3 to 4 minutes after irrigant solution deposition to reach body temperature. Add the fact that this solution should be continuously renewed, probably instruments do work in lower temperatures during clinical use. The temperature of the irrigation solution at the time of insertion NiTi instruments and during their use is the key point for the phase transformations occurrence during clinical use. This is true specially to new alloys who are believed to have transformation temperatures much higher than those of

conventional austenitic materials used in previous generations of rotary instruments (34) and may in fact transform close to body temperature (20).

## **Conclusion**

This study contributes to a better knowledge of the irrigant temperatures behavior inside the root canal after preparation and the time needed to stabilize this temperature inside the tooth. The XP-endo Finisher system does not promote heating of the irrigation solution but the file expansion which is responsible for the instruments better cleaning ability will occur and it starts in a temperature under the expected.

## **Acknowledgments**

Supported in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Brasília, Distrito Federal, Brazil; Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Brasília, Distrito Federal, Brazil; and Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil.

Authors affirm that they have no financial affiliation or involvement with any commercial organization with direct financial interest in the subject or materials discussed in this manuscript, nor have any such arrangements existed in the past 3 years.

## **References**

- 1.Nair PN, Henry S, Cano V, Vera J. Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after "one-visit" endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005;99(2):231-52. Doi: 10.1016/j.tripleo.2004.10.005.
- 2.Ricucci D, Siqueira JF. Fate of the tissue in lateral canals and apical ramifications in response to pathologic conditions and treatment procedures. *J Endod* 2010;36(1):1-15. Doi: 10.1016/j.joen.2009.09.038.
- 3.Peters OA, Schönenberger K, Laib A. Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J* 2001;34(3):221-30. Doi: 10.1046/j.1365-2591.2001.00373.x

4. Markvart M, Darvann TA, Larsen P, Dalstra M, Kreiborg S, Bjørndal L. Micro-CT analyses of apical enlargement and molar root canal complexity. *Int Endod J* 2012;45(3):273-81. Doi: 10.1111/j.1365-2591.2011.01972.x.
5. Peters OA, Arias A, Paqué F. A Micro-computed Tomographic Assessment of Root Canal Preparation with a Novel Instrument, TRUShape, in Mesial Roots of Mandibular Molars. *J Endod* 2015;41(9):1545-50. Doi: 10.1016/j.joen.2015.06.007.
6. Siqueira JF, Pérez AR, Marceliano-Alves MF, Provenzano JC, Silva SG, Pires FR, et al. What happens to unprepared root canal walls: a correlative analysis using micro-computed tomography and histology/scanning electron microscopy. *Int Endod J* 2018;51(5):501-8. Doi: 10.1111/iej.12753.
7. 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):415-26. Doi: 10.1111/j.1365-2591.2007.01243.x.
8. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Br Dent J* 2014;216(6):299-303. Doi: 10.1038/sj.bdj.2014.204.
9. Gao Y, Haapasalo M, Shen Y, Wu H, Li B, Ruse ND, et al. Development and validation of a three-dimensional computational fluid dynamics model of root canal irrigation. *J Endod* 2009;35(9):1282-7. Doi: 10.1016/j.joen.2009.06.018.
10. Gu LS, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod* 2009;35(6):791-804. Doi: 10.1016/j.joen.2009.03.010.
11. Jiang LM, Lak B, Eijssvogels LM, Wesselink P, van der Sluis LW. Comparison of the cleaning efficacy of different final irrigation techniques. *J Endod* 2012;38(6):838-41. Doi: 10.1016/j.joen.2012.03.002.
12. Plotino G, Cortese T, Grande NM, Leonardi DP, Di Giorgio G, Testarelli L, et al. New Technologies to Improve Root Canal Disinfection. *Braz Dent J* 2016;27(1):3-8. Doi: 10.1590/0103-6440201600726.
13. Duque JA, Duarte MA, Canali LC, Zancan RF, Vivan RR, Bernardes RA, et al. 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):326-31. Doi: 10.1016/j.joen.2016.10.009.

14. Jiang LM, Verhaagen B, Versluis M, van der Sluis LW. Evaluation of a sonic device designed to activate irrigant in the root canal. *J Endod* 2010;36(1):143-6. Doi: 10.1016/j.joen.2009.06.009.
15. Miller TA, Baumgartner JC. Comparison of the antimicrobial efficacy of irrigation using the EndoVac to endodontic needle delivery. *J Endod* 2010;36(3):509-11. Doi: 10.1016/j.joen.2009.10.008.
16. Căpută PE, Retsas A, Kuijk L, Chávez de Paz LE, Boutsoukis C. Ultrasonic Irrigant Activation during Root Canal Treatment: A Systematic Review. *J Endod* 2019;45(1):31-44.e13. Doi: 10.1016/j.joen.2018.09.010.
17. FKG-Dentaire. The XP-endo finisher file. The universal mechanical cleaning system. Available at: <https://www.fkg.ch/products/endodontics/canal-shaping-and-cleaning/xp-endo-finisher>. Accessed October 14, 2018.
18. Vaz-Garcia ES, Vieira VTL, Petit NPDS, Moreira EJM, Lopes HP, Elias CN, et al. Mechanical Properties of Anatomic Finishing Files: XP-Endo Finisher and XP-Clean. *Braz Dent J* 2018;29(2):208-13. Doi: 10.1590/0103-6440201801903.
19. Pereira ES, Peixoto IF, Viana AC, Oliveira II, Gonzalez BM, Buono VT, et al. Physical and mechanical properties of a thermomechanically treated NiTi wire used in the manufacture of rotary endodontic instruments. *Int Endod J* 2012;45(5):469-74. Doi: 10.1111/j.1365-2591.2011.01998.x.
20. Shen Y, Zhou HM, Zheng YF, Peng B, Haapasalo M. Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments. *J Endod* 2013;39(2):163-72. Doi: 10.1016/j.joen.2012.11.005.
21. Bao P, Shen Y, Lin J, Haapasalo M. In Vitro Efficacy of XP-endo Finisher with 2 Different Protocols on Biofilm Removal from Apical Root Canals. *J Endod* 2017;43(2):321-5. Doi: 10.1016/j.joen.2016.09.021.
22. Elnaghy AM, Mandorah A, Elsaka SE. Effectiveness of XP-endo Finisher, EndoActivator, and File agitation on debris and smear layer removal in curved root canals: a comparative study. *Odontology* 2017;105(2):178-83. Doi: 10.1007/s10266-016-0251-8.
23. Leoni GB, Versiani MA, Silva-Sousa YT, Bruniera JF, Pécora JD, Sousa-Neto MD. Ex vivo evaluation of four final irrigation protocols on the removal of hard-tissue

debris from the mesial root canal system of mandibular first molars. *Int Endod J* 2017;50(4):398-406. Doi: 10.1111/iej.12630.

24.De-Deus G, Belladonna FG, de Siqueira Zuolo A, Perez R, Carvalho MS, Souza EM, et al. Micro-CT comparison of XP-endo Finisher and passive ultrasonic irrigation as final irrigation protocols on the removal of accumulated hard-tissue debris from oval shaped-canals. *Clin Oral Investig* 2018. Doi: 10.1007/s00784-018-2729-y.

25.Zeltner M, Peters OA, Paqué F. Temperature changes during ultrasonic irrigation with different inserts and modes of activation. *J Endod* 2009;35(4):573-7. Doi: 10.1016/j.joen.2009.01.007.

26.Cunningham WT, Balekjian AY. Effect of temperature on collagen-dissolving ability of sodium hypochlorite endodontic irrigant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1980;49(2):175-7. Doi: 10.1016/0030-4220(80)90313-8.

27.de Hemptinne F, Slaus G, Vandendael M, Jacquet W, De Moor RJ, Bottenberg P. In Vivo Intracanal Temperature Evolution during Endodontic Treatment after the Injection of Room Temperature or Preheated Sodium Hypochlorite. *J Endod* 2015;41(7):1112-5. Doi: 10.1016/j.joen.2015.02.011.

28.Cunningham WT, Joseph SW. Effect of temperature on the bactericidal action of sodium hypochlorite endodontic irrigant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1980;50(6):569-71. Doi: 10.1016/0030-4220(80)90443-0.

29.Stojicic S, Zivkovic S, Qian W, Zhang H, Haapasalo M. Tissue dissolution by sodium hypochlorite: effect of concentration, temperature, agitation, and surfactant. *J Endod* 2010;36(9):1558-62. Doi: 10.1016/j.joen.2010.06.021.

30.de Vasconcelos RA, Murphy S, Carvalho CA, Govindjee RG, Govindjee S, Peters OA. Evidence for Reduced Fatigue Resistance of Contemporary Rotary Instruments Exposed to Body Temperature. *J Endod* 2016;42(5):782-7. Doi: 10.1016/j.joen.2016.01.025.

31.Elnaghy AM, Elsaka SE. Cyclic Fatigue Resistance of One Curve, 2Shape, ProFile Vortex, Vortex Blue, and RaCe Nickel-Titanium Rotary Instruments in Single and Double Curvature Canals. *J Endod* 2018;44(11):1725-30. Doi: 10.1016/j.joen.2018.07.023.

32.Arias A, Macorra JC, Govindjee S, Peters OA. Correlation between Temperature-dependent Fatigue Resistance and Differential Scanning Calorimetry Analysis for 2

Contemporary Rotary Instruments. J Endod 2018;44(4):630-4. Doi: 10.1016/j.joen.2017.11.022.

33.Jamleh A, Alghaihab A, Alfadley A, Alfawaz H, Alqedairi A, Alfouzan K. Cyclic Fatigue and Torsional Failure of EdgeTaper Platinum Endodontic Files at Simulated Body Temperature. J Endod 2019;45(5):611-4. Doi: 10.1016/j.joen.2019.02.008.

34.Miyai K, Ebihara A, Hayashi Y, Doi H, Suda H, Yoneyama T. Influence of phase transformation on the torsional and bending properties of nickel-titanium rotary endodontic instruments. Int Endod J 2006;39(2):119-26. Doi: 10.1111/j.1365-2591.2006.01055.x.

### Figure Legends

**Figure 1.** Temperatures evolution with resting irrigating solution (black line) and activated by XP-endo Finisher system (red line). The solution injection occurred during 25 seconds and the point 0 is the end of NaOCl deposition

### Table Legends

**Table 1.** Mean values of martensitic and reverse transformations temperatures

**Table 2.** Mean maximum irrigation solution temperature values, in vivo, for resting solution and XP-endo Finisher activated solution (n=12 each)

Figure 1

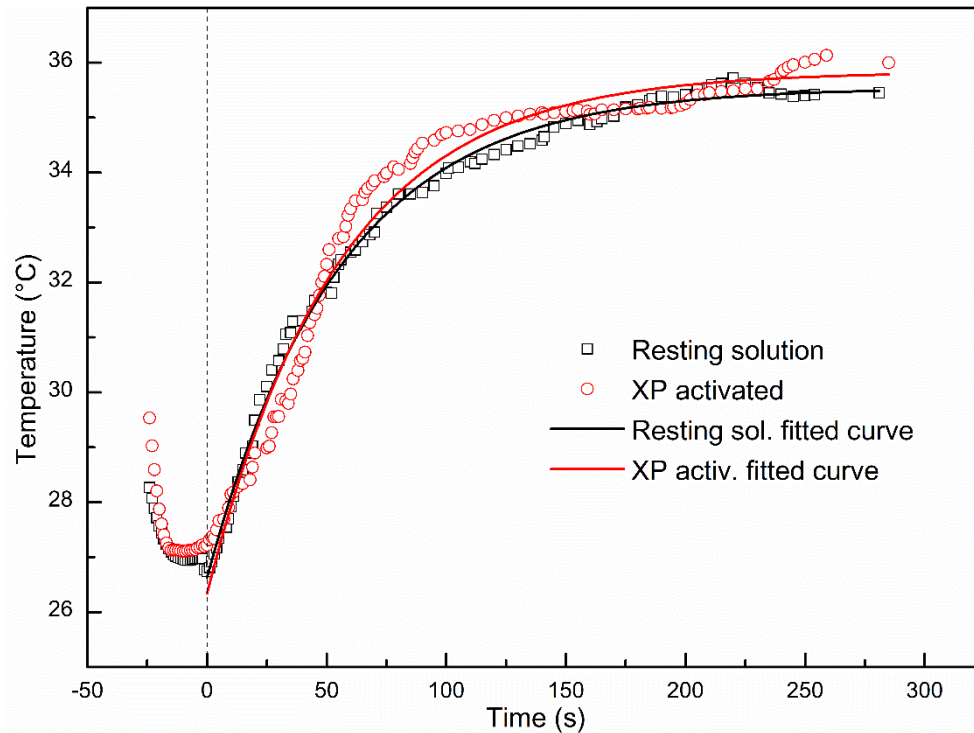


Table 1. Mean values of martensitic and reverse transformations temperatures

Transformations temperatures of XP-Endo Finisher system (°C)					
As	Af	Rs	Rf	Ms	Mf
24.5	36.9	32.2	27.3	-38.4	-58.8

\* The Ms and Mf temperatures correspond to the start and finishing of martensite formation, whereas As and Af represent the corresponding temperatures for reverse transformation. Rs and Rf are the start and final temperatures for r-phase formation.

Table 2. Mean maximum irrigation solution temperature values, in vivo, for resting solution and XP-Endo Finisher activated solution (n=12 each)

Time (seconds)	Resting solution		XP activated		P value
	Temperature (C°)	Standard deviation	Temperature (C°)	Standard deviation	
0	27.2	±2.3	27.2	±2.0	0.930
10	27.6	±2.1	28.7	±2.0	0.253
40	31.4	±1.2	32.2	±1.6	0.205
70	33.1	±0.9	34.0	±1.2	0.057
120	34.4	±0.9	35.0	±0.7	0.172
240	35.5	±1.0	35.5	±0.7	0.880

## 4.2 Temperature measurements of irrigation solution activated by passive ultrasonic irrigation during endodontic treatment - in vivo measurements

Fernanda de Melo Silva, MS<sup>a</sup>; Pedro Damas Resende, MS<sup>b</sup>; Vicente Tadeu Lopes Bueno, BS, MS PhD<sup>b</sup>; Isabella Faria da Cunha Peixoto, DDS, MS PhD<sup>a</sup>; Ana Cecília Diniz Viana DDS, MS PhD<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Department of Restorative Dentistry, Faculty of Dentistry, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brazil

<sup>b</sup>Department of Metallurgical and Materials Engineering, School of Engineering, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brazil

### **Corresponding author:**

Ana Cecília Diniz Viana

Department of Restorative Dentistry, Faculty of Dentistry

Universidade Federal de Minas Gerais

Av. Antonio Carlos, 6627

31270-901 Belo Horizonte, MG, Brazil

E-mail: [acdiana@ufmg.br](mailto:acdiana@ufmg.br)

Phone: +55 31 3409-2440

### **Acknowledgement**

This work was partially supported by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Brasília, DF, Brazil, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasília, DF, Brazil, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), Belo Horizonte, MG, Brazil. The authors deny any conflicts of interest related to this study.

## Abstract

**Introduction:** The aim of this study was to evaluate, through in vivo measurements, the thermic behavior of the irrigation solution inside the pulp chamber during ultrasonic agitation. **Methods:** A digital thermocouple was used to measure the irrigant temperature, inside the pulp chamber. Two measurements were performed in each tooth (n=12): with irrigant at resting and during Passive Ultrasonic Irrigation agitation for 60 seconds, observing the temperature evolution. Data were statistically analyzed using *t* test, with a confidence level of 95%. **Results:** When the irrigation solution remained resting in the pulp chamber the equilibrium condition with body temperature occurred at 35.5°C after 211 seconds. For the PUI protocol after 30 seconds of activation, the temperature was 33.3°C and 37.8°C after 60 seconds, an increase of approximately 10°C in NaOCl temperature was observed. For the 40, 70 and 120 seconds measurement positions, a statistically significant difference ( $p < 0.05$ ) was observed between the mean temperatures for the resting solution and PUI activated solution. The equilibrium in the ultrasound activated group occurred at 36°C with no statistical difference at this point ( $p > 0.05$ ) with the resting solution temperature. **Conclusion:** The 60 seconds PUI agitation protocol, can be considered a safe technique that besides the benefits described in the literature of increasing fluid flow dynamics, do not promote an overheating that could cause damage to periodontal organic tissues.

**KeyWords:** *Passive Ultrasonic Irrigation, Intracanal temperature, Agitation techniques, in vivo, Sodium hypochlorite.*

## Statement of Clinical Relevance

Passive ultrasonic irrigation promotes the irrigation solution temperature increase, improving sodium hypochlorite properties. It is important to observe if clinically the maximum heating occurred is safe for periapical tissue.

## Introduction

Irrigation is an essential part of endodontic treatment, since the instruments used to shape the root canal cannot touch all the walls, regardless of the type of technique performed (1-3). Therefore, the cleaning of complex anatomical areas, such as isthmus, deltas and lateral canals, is irrigation-dependent (3-5). Irrigation techniques have increasingly gained attention for the disinfection of the root canal system, helping to reduce microbial load and preventing or repairing apical periodontitis (1, 6).

Conventional irrigation, the most common method used during the mechanical-chemical preparation, is performed with the aid of a syringe and cannula. However, this method has limitations mainly in curved, atresic canals and in difficult access regions due to the diameter, stiffness and reaching depth of the needle (7, 8). In order to obtain a better flow and distribution of the irrigation solution throughout the root canal system, it is advisable to use adjuvant methods to enhance its performance (8, 9). Irrigation solution agitation techniques improve the efficacy of apical mechanical and chemical cleaning by increasing the fluid flow dynamics (8, 10). Among these are the EndoVac system (Discus Dental, Culver City, CA) (8, 11); the EndoActivator system (Advanced Endodontics, Santa Barbara, CA, USA) (8, 10); the XP-endo Finisher system (12, 13); and the most commonly used adjuvant method clinically called Passive Ultrasonic Irrigation (PUI) (4, 14, 15).

The term Passive Ultrasonic Irrigation was first introduced in endodontics by Weller *et al.* (1980) (14) to describe the irrigation solution agitation technique, performed without instrumentation or voluntary contact of the ultrasonic points with the root canal walls. PUI promotes the solution movement through the formation of hydrodynamic cavitation and acoustic waves, enhancing root canal disinfection (4, 14, 15). Besides that, ultrasound vibration may lead to an increase in the temperature of sodium hypochlorite (NaOCl) irrigant and, concomitantly, its antimicrobial properties and its ability to dissolve organic tissue are improved (15-22). In vitro studies have shown that the irrigation solution activation for 60 seconds by PUI leads to an increase of about 9°C in the NaOCl temperature when it is injected at room temperature inside the root canal (21, 23).

All data available in literature about this thermal variation generated by PUI during the activation of the irrigant, comes from in vitro experimental studies. There are no clinical studies supporting measurements in vivo and is extremely important the knowledge of these temperature changes to avoid any possible risk of damage to supporting tissues. Thus, the aim of the present study was to evaluate, through in vivo measurements, the thermic behavior of the irrigation solution inside the pulp chamber during ultrasonic agitation.

## **Material and methods**

### **Patient Selection and Root Canal Preparation**

Twelve patients needing endodontic treatment in mandibular molars with all coronal walls present were selected at the Faculty of Dentistry of the Universidade Federal de Minas Gerais. Teeth with extensive coronary destruction which could prevent the retention of NaOCl in the pulp chamber, patients allergic to this solution, with limited mouth opening and who reported indisposition at the time of the treatment that could cause alteration of body temperature, were excluded from the study. This research was approved by the institution ethics committee under CAAE 90430618.1.0000.5149, and a term of understanding and written consent was obtained from each participant.

Endodontic treatment was performed using new ProTaper Next NiTi files system (Dentsply Sirona, Baillagues, Switzerland), until the instrument X2 (25.06), according to manufactures recommendation, under irrigation with 2.5% NaOCl delivered from a syringe coupled to Navitip 29ga cannula (Ultradent Products, Inc., South Jordan, UT, USA). The use of PUI and temperature measurements were performed after the complete chemomechanical preparation.

### **Irrigation Solution Temperature Measurements**

Body temperature of each patient was measured using an infrared thermometer. A digital Thermocouple (Fluke 3000FC, Fluke Corporation, Washington, USA) measured the irrigation solution temperatures in different situations. The irrigant room temperature condition was measured inserting the equipment probing tip inside

the endodontic irrigant bowl during 5 seconds. This same equipment was carefully positioned in pulp chamber to verify the solution temperature in vivo.

In each tooth, after chemomechanical preparation, two measurements were made. For the first measurement, considered resting solution measurement, thermocouple was initially placed inside the empty pulp chamber and irrigant was injected for 25 seconds. The flow rate was 0.1ml/s, totaling 2.5ml NaOCl. Thermocouple remained inside chamber during the 25 seconds and for more 5 minutes to observe the evolution of temperature at resting, in a total of 325 seconds. The procedure was repeated using ultrasonic insert *E1 Irrisonic* (Helse Ultrasonic, São Paulo, Brazil), tip diameter #20 and taper 0.1, coupled to the ultrasound equipment *ENAC* (Osada, Inc., Los Angeles, USA), set on power 2. After injection of NaOCl for 25 seconds (0.1ml/s) with the thermocouple tip inside pulp chamber, the insert was positioned at 1.0mm working length and activated for 60 seconds. Measurement continued until the same 325 seconds were completed. Both protocols were conducted consecutively in each tooth, always in distal canal, and by a previously trained endodontic specialist and blind regarding the temperature measurements obtained throughout the protocol. The distal canal of mandibular molars was chosen because of easy access and visualization in order to avoid the contact of the instrument with tip of thermocouple. The measure unit tip remained inside pulp chamber, submerged in solution, so that ultrasonic insert could be used freely without interfering with measurements. Subsequently, endodontic treatments for all teeth were completed with final 17% EDTA irrigation and root canal system obturation.

### **Data and Statistical Analysis**

A second examiner performed data acquisition of temperature measurements, controlled the time spent in each stage and the thermocouple interface, which shows variation of temperature as a function of time. Means and standard deviations were calculated and data were statistically analyzed using t-test between the resting and activated by ultrasonic solution. The confidence level adopted was 95%. Statistical calculations were performed with the free software R (R Core Team, Vienna, Austria).

## Results

The patients body temperature was considered normal for all of them and the mean value observed was 36,3°C. The mean irrigant temperature inside the endodontic bowl was 23.4°C ( $\pm$  2.3°C). Temperature variation during resting and during activation by PUI are depicted in Figure 1. Temperature values at predetermined time intervals, 0, 10, 40, 70, 120, 240 seconds are listed in Table 1. The mean temperature inside the root canal, observed at the end of the solution injection was around 27°C. When the irrigation solution remained resting in the pulp chamber the equilibrium condition with body temperature occurred at 35.5°C after approximately 3 minutes (211 seconds).

For the PUI protocol, initial procedure was similarly. After the injection of the irrigation solution, placing the ultrasonic insert inside the canal and start agitation took 10 seconds. After 30 seconds of activation, the temperature was 33.3°C and after 60 seconds it was 37.8°C, an increase of approximately 10°C in NaOCl temperature was observed. For the 40, 70 and 120 seconds measurement positions, a statistically significant difference ( $p < 0.05$ ) was observed between the mean temperatures for the resting solution and PUI activated solution. After 60 seconds of PUI activation the temperature gradually starts decreasing until it stabilizes. The equilibrium in the ultrasound activated group occurred at 36°C with no statistical difference at this point ( $p > 0.05$ ) with the resting solution temperature.

## Discussion

Activation of the solution with the aid of an ultrasound insert is one of the oldest and most used irrigation adjuvant method. The action mechanism behind ultrasonic irrigant agitation are mainly cavitation and acoustic streaming (4, 14, 20). Cavitation is the formation and implosion of submicroscopic voids and acoustic streaming is the creation of intense circular fluid movement or flow patterns around files known as eddies. When ultrasonic energy activates files in a passive manner, the cavitation and acoustic streaming enhances irrigant efficacy in the pulp space through hydrodynamic shear stress. This flow is effective in dislodging adherent bacterial biofilm and disrupting biological material (4, 14, 20). PUI has been shown to significantly increase cleanliness in terms of biofilm and debris removal, especially in

complex anatomic areas (15, 24-26). The term passive on the name of the technique refers to the non-cutting characteristic of the ultrasonic tip used, although it is an active process of irrigant agitation (4, 14, 21).

Due to the anatomical complexity of the root canal system, accidental and unconscious walls touch can occur, reducing the vibration of the instrument and thus its cleaning efficiency (27, 28). The use of PUI after complete root canal instrumentation aims an enough preparation diameter to perform the technique minimizing mistakes (4, 15, 29). The present study used the E1 Irrisonic insert, without cutting capacity, with a #20 tip positioned 1mm from the CT, according the manufacturer protocol and that from other researches (15). Non-cutting ultrasonic tips have the advantage of not creating undesirable canal wear (14, 30) and the choice of smaller tip sizes, #15-20, facilitates their staying inside the root canals with the minimum possible contact with the walls (15).

Ultrasonic may even cause increase in irrigant temperature due to the heat generated by the insert and also due to the conversion of sound energy into heat (20). This may be advantageous once higher temperature may increase the efficacy of NaOCl (15-22). The effectiveness of irrigation relies on both the mechanical flushing action and the ability of irrigant to dissolve organic tissue. NaOCl is the most used endodontic irrigant, due to its antibacterial properties and its ability to dissolve organic tissues (16, 17, 29). Generally, heated NaOCl solutions or high concentrations have better tissue dissolution properties (16, 22, 29). However, the higher the concentration, the more serious is the potential reaction that may occur if part of the irrigant is inadvertently forced into the periapical tissues (31). Minor concentrations when heated prior to use or when heated by the action of ultrasound may be equally effective in tissue dissolution as stronger concentrations at room temperature (16) and consequently much more safe (31).

Most of the information available about PUI comes from in vitro studies (15) and there are no in vivo studies in the literature demonstrating the increase in temperature generated by ultrasound. Although some experimental setups mimic clinical situations, the most reliable approach appears to be the use of in vivo experiments. In this study, ultrasound agitation caused approximately 10°C increase in the irrigant temperature inside the pulp chamber after 60 seconds of activation. This

finding is in agreement with the study of Macedo *et al.* (2013) (23) which found an increase of 3.9 °C after 20 seconds agitation and 9.9 °C after 60 seconds of irrigant activation inside bovine teeth. Other previous studies, conducted *in vitro*, have shown similar results obtaining an increase of the temperature around 8°C (19, 21). A temperature of 40.4°C after 60 seconds of PUI, resembling the findings of the present study, was found by Leonardi *et al.* (2019) (32). However, as they used the initial irrigant temperature at 37°C, temperature rise limit in the apical third was only 3.4°C.

Any temperature at the external root surface exceeding 47°C is detrimental to the periodontal ligament and to the bone tissue (33). As demonstrated in this study and in others, during the 60 seconds PUI activation, the temperature increase occurs with a maximum limit of 41°C (19, 21, 23, 32). After the peak of heat, the temperature tends to decrease until it stabilizes at body temperature.

## **Conclusion**

The 60 seconds PUI agitation protocol, can be considered a safe technique that besides the benefits described in the literature of increasing fluid flow dynamics, do not promote an overheating that could cause damage to periodontal organic tissues.

## **Acknowledgments**

Supported in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Brasília, Distrito Federal, Brazil; Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Brasília, Distrito Federal, Brazil; and Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil.

Authors affirm that they have no financial affiliation or involvement with any commercial organization with direct financial interest in the subject or materials discussed in this manuscript, nor have any such arrangements existed in the past 3 years.

## References

1. Peters OA, Schönenberger K, Laib A. Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J* 2001;34(3):221-30. Doi: 10.1046/j.1365-2591.2001.00373.x.
2. Markvart M, Darvann TA, Larsen P, Dalstra M, Kreiborg S, Bjørndal L. Micro-CT analyses of apical enlargement and molar root canal complexity. *Int Endod J* 2012;45(3):273-81. Doi: 10.1111/j.1365-2591.2011.01972.x.
3. Siqueira JF, Pérez AR, Marceliano-Alves MF, Provenzano JC, Silva SG, Pires FR, et al. What happens to unprepared root canal walls: a correlative analysis using micro-computed tomography and histology/scanning electron microscopy. *Int Endod J* 2018;51(5):501-8. Doi: 10.1111/iej.12753.
4. 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):415-26. Doi: 10.1111/j.1365-2591.2007.01243.x.
5. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Br Dent J* 2014;216(6):299-303. Doi: 10.1038/sj.bdj.2014.204.
6. Ismail, PMS. Comparison of Sealer Penetration by Using Different Irrigation Techniques – An In-vitro Study. *J Clin Diagn Res* 2016; 10(12): ZC50-ZC53. Doi: 10.7860/jcdr/2016/22176.9055.
7. Gao Y, Haapasalo M, Shen Y, Wu H, Li B, Ruse ND, et al. Development and validation of a three-dimensional computational fluid dynamics model of root canal irrigation. *J Endod* 2009;35(9):1282-7. Doi: 10.1016/j.joen.2009.06.018.
8. Gu LS, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod* 2009;35(6):791-804. Doi: 10.1016/j.joen.2009.03.010.

9. Plotino G, Cortese T, Grande NM, Leonardi DP, Di Giorgio G, Testarelli L, et al. New Technologies to Improve Root Canal Disinfection. *Braz Dent J* 2016;27(1):3-8. Doi: 10.1590/0103-6440201600726.
10. Jiang LM, Verhaagen B, Versluis M, van der Sluis LW. Evaluation of a sonic device designed to activate irrigant in the root canal. *J Endod* 2010;36(1):143-6. Doi: 10.1016/j.joen.2009.06.009.
11. Miller TA, Baumgartner JC. Comparison of the antimicrobial efficacy of irrigation using the EndoVac to endodontic needle delivery. *J Endod* 2010;36(3):509-11. Doi: 10.1016/j.joen.2009.10.008.
12. De-Deus G, Belladonna FG, de Siqueira Zuolo A, Perez R, Carvalho MS, Souza EM, et al. Micro-CT comparison of XP-endo Finisher and passive ultrasonic irrigation as final irrigation protocols on the removal of accumulated hard-tissue debris from oval shaped-canals. *Clin Oral Investig* 2018. Doi: 10.1007/s00784-018-2729-y.
13. Vaz-Garcia ES, Vieira VTL, Petitet NPDS, Moreira EJM, Lopes HP, Elias CN, et al. Mechanical Properties of Anatomic Finishing Files: XP-Endo Finisher and XP-Clean. *Braz Dent J* 2018;29(2):208-13. Doi: 10.1590/0103-6440201801903.
14. Weller RN, Brady JM, Bernier WE. Efficacy of ultrasonic cleaning. *J Endod* 1980;6(9):740-3. Doi: 10.1016/S0099-2399(80)80185-3.
15. Căpută PE, Retsas A, Kuijk L, Chávez de Paz LE, Boutsoukis C. Ultrasonic Irrigant Activation during Root Canal Treatment: A Systematic Review. *J Endod* 2019;45(1):31-44.e13. Doi: 10.1016/j.joen.2018.09.010.
16. Cunningham WT, Balekjian AY. Effect of temperature on collagen-dissolving ability of sodium hypochlorite endodontic irrigant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1980;49(2):175-7. Doi: 10.1016/0030-4220(80)90313-8.

17. Cunningham WT, Joseph SW. Effect of temperature on the bactericidal action of sodium hypochlorite endodontic irrigant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1980;50(6):569-71. Doi: 10.1016/0030-4220(80)90443-0.
18. Cameron JA. The synergistic relationship between ultrasound and sodium hypochlorite: a scanning electron microscope evaluation. *J Endod* 1987;13(11):541-5. Doi: 10.1016/S0099-2399(87)80034-1.
19. Cameron JA. The effect of ultrasonic endodontics on the temperature of the root canal wall. *J Endod* 1988;14(11):554-9. Doi: 10.1016/S0099-2399(88)80090-6.
20. Ahmad M. Some observations on the mechanics of oscillation of ultrasonic files. *Endod Dent Traumatol* 1990;6(1):12-5. Doi: 10.1111/j.1600-9657.1990.tb00380.x
21. Zeltner M, Peters OA, Paqué F. Temperature changes during ultrasonic irrigation with different inserts and modes of activation. *J Endod* 2009;35(4):573-7. Doi: 10.1016/j.joen.2009.01.007.
22. Stojicic S, Zivkovic S, Qian W, Zhang H, Haapasalo M. Tissue dissolution by sodium hypochlorite: effect of concentration, temperature, agitation, and surfactant. *J Endod* 2010;36(9):1558-62. Doi: 10.1016/j.joen.2010.06.021.
23. Macedo RG, Verhaagen B, Wesselink PR, et al. Influence of refreshment/activation cycles and temperature rise on the reaction rate of sodium hypochlorite with bovine dentine during ultrasonic activated irrigation. *Int Endod J* 2013;47(2):147-54. Doi: 10.1111/iej.12125.
24. Lee SJ, Wu MK, Wesselink PR. The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *Int Endod J* 2004;37(10):672-8. Doi: 10.1111/j.1365-2591.2004.00848.x.
25. Al-Jadaa A, Paqué F, Attin T, Zhender M. Necrotic pulp tissue dissolution by passive ultrasonic irrigation in simulated accessory canals: impact of canal location

and angulation. *Int Endod J* 2009;42(1):59-65. Doi: 10.1111/j.1365-2591.2008.01497.x.

26.Malki M, Verhaagen B, Jiang LM, et al. Irrigant flow beyond the insertion depth of an ultrasonically oscillating file in straight and curved root canals: visualization and cleaning efficacy. *J Endod* 2012;38:657-61. Doi: 10.1016/j.joen.2012.02.001.

27.Walmsley AD, Williams AR. Effects of constraint on the oscillatory pattern of endosonic files. *J Endod* 1989;15(5):189-94. Doi: 10.1016/S0099-2399(89)80233-X.

28.Boutsioukis C, Verhaagen B, Walmsley AD, et al. Measurement and visualization of file-to-wall contact during ultrasonically activated irrigation in simulated canals. *Int Endod J* 2013;46:1046-55. Doi: 10.1111/iej.12097.

29.Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod* 2006;32(5):389-98. Doi: 10.1016/j.joen.2005.09.014.

30.Munley PJ, Goodell GG.. Comparison of Passive Ultrasonic Debridement Between Fluted and Nonfluted Instruments in Root Canals. *J Endod* 2007;33(5):578-80. Doi: 10.1016/j.joen.2007.01.009.

31.Tenore G, Palaia G, Ciolfi C, Mohsen M, Battisti A, Romeo U. Subcutaneous emphysema during root canal therapy: endodontic accident by sodium hypochlorite. *Ann Stomatol (Roma)* 2017;8(3):117-22. Doi: 10.11138/ads/2017.8.3.117.

32.Leonardi DP, Grande NM, Tomazinho FSF, et al. Influence of activation mode and preheating on intracanal irrigant temperature. *Aust Endod J* 2019;1-5. Doi: 10.1111/aej.12336.

33.Eriksson AR, Albrektsson T. Temperature threshold levels for heat-induced bone tissue injury: a vital-microscopic study in the rabbit. *J Prosthet Dent* 1983;50(1):101-07. Doi: 10.1016/0022-3913(83)90174-9.

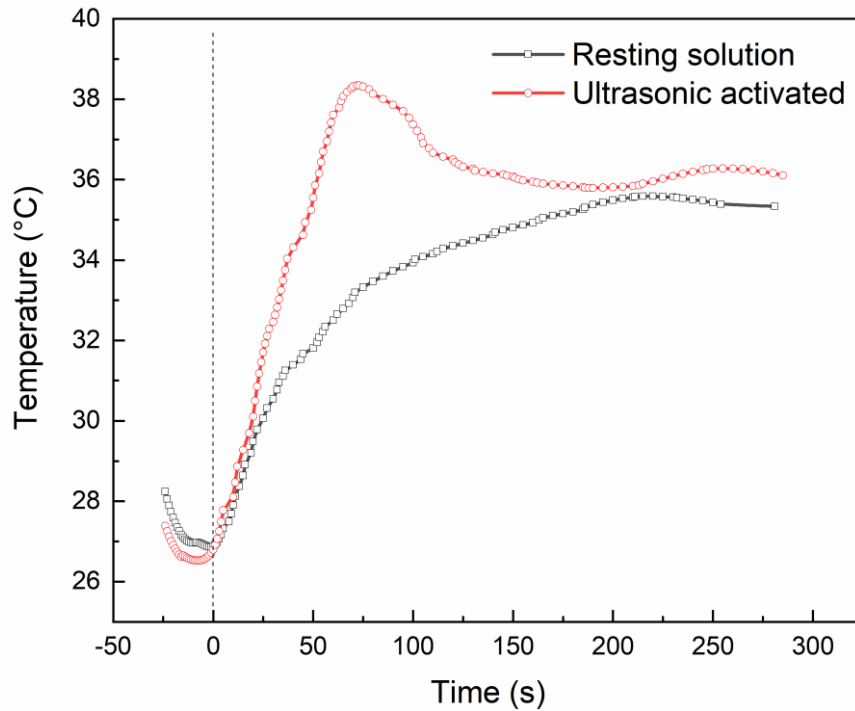
### Figure Legends

**Figure 2.** Temperatures evolution with resting irrigating solution (black line) and activated by Passive Ultrasonic Irrigation (red line). The solution injection occurred during 25 seconds and the point 0 is the end of NaOCl deposition.

### Table Legends

**Table 1.** Mean maximum irrigation solution temperature values, in vivo, for resting solution and ultrasonic activated solution (n=12 each)

Figure 1



**Table 1.** Mean maximum irrigation solution temperature values, in vivo, for resting solution and ultrasonic activated solution (n=12 each)

Time (seconds)	Resting solution		Ultrasonic activated		P value
	Temperature (C°)	Standard deviation	Temperature (C°)	Standard deviation	
0	27.2	±2.3	26.8	±2.2	0.719
10	27.6	±2.1	27.9	±1.8	0.712
40	31.4	±1.2	33.3	±2.2	0.023
70	33.1	±0.9	37.8	±2.3	0.000
120	34.4	±0.9	36.5	±1.5	0.001
240	35.5	±1.0	36.0	±0.8	0.148

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste trabalho dão suporte às seguintes considerações:

O resultado obtido neste estudo referente a temperatura máxima no NaOCl em repouso no interior da câmara pulpar (35,5°C) assemelha-se com a o descrito na literatura. A estabilização da solução irrigadora, injetada a temperatura ambiente, a 35,5°C é atingida cerca de 3 a 4 minutos após essa deposição. Portanto, provavelmente, as limas de NiTi são utilizados em temperaturas inferiores a essa durante o uso clínico, visto que a solução irrigadora é renovada entre cada uso dos instrumentos. É imprescindível considerar esses achados para a realização de testes laboratoriais, para que as condições as quais os instrumentos são submetidos sejam o mais próximo da realidade clínica.

Os resultados do DSC apresentados neste estudo mostraram que a transformação reversa martensítica dos instrumentos do sistema *XP-endo Finisher* começa em temperatura inferior a descrito pelo fabricante, a 24,5 °C. Este fato explicaria por que, à temperatura ambiente, uma pequena mudança na forma do instrumento já é perceptível. De acordo com os dados obtidos na mensuração, quando a *XP-endo Finisher* é inserida no canal a solução irrigadora se encontra a uma temperatura de 28,7 °C e atinge 34 °C no final do tempo estipulado no protocolo do fabricante (60 segundos). Assim, durante o uso clínico, o instrumento apresenta uma microestrutura mista, de austenita e fase R e permanecerá nesse estado até o final da agitação, pois a temperatura  $A_f$  (36,9°C), na qual a liga seria completamente austenítica, não foi alcançada até o final do experimento.

O uso do sistema *XP-endo Finisher* não promoveu aquecimento do NaOCl, indicando que a eficácia de limpeza se dá pela ação mecânica do instrumento, pelo aumento do fluxo de fluidos e pela ação do irrigante. Por outro lado, o uso do ultrassom para agitação da solução irrigadora promoveu um aumento de aproximadamente 10°C na temperatura do NaOCl após os 60 segundos de ativação, levando a uma temperatura média final de 37,8°C, o que pode potencializar o efeito antimicrobiano e a capacidade de dissolução de matéria orgânica da solução utilizada.

A maioria dos estudos clínicos que relatam a temperatura intracanal não consideram a preparação mecânica do canal radicular, apenas a irrigação. O presente estudo traz uma metodologia para execução da mensuração da temperatura durante o uso de instrumentos, tornando possível a avaliação da variação da temperatura da solução irrigadora durante procedimentos de agitação do irrigante e de debridamento do canal radicular, *in vivo*.

## REFERÊNCIAS

AHMAD, M. Measurements of temperature generated by ultrasonic file *in vitro*. **Endod Dent Traumatol**, v. 6, n. 1, p. 230-231, Feb. 1990.

ARIAS, A. *et al.* Correlation between Temperature-dependent Fatigue Resistance and Differential Scanning Calorimetry Analysis for 2 Contemporary Rotary Instruments. **J Endod**, v. 44, n. 4, p. 630-634, Apr. 2018.

BAO, P. *et al.* *In Vitro* Efficacy of XP-endo Finisher with 2 Different Protocols on Biofilm Removal from Apical Root Canals. **J Endod**, v. 43, n. 2, p. 321-325, Feb. 2017.

CAMERON, J. A. The synergistic relationship between ultrasound and sodium hypochlorite: a scanning electron microscope evaluation. **J Endod**, v. 13, n. 11, p. 541-545, Nov. 1987.

CAMERON, J. A. The effect of ultrasonic endodontics on the temperature of the root canal wall. **J Endod**, v. 14, n. 11, p. 554-559, Nov. 1988.

CĂPUTĂ, P. E. *et al.* Ultrasonic Irrigant Activation during Root Canal Treatment: A Systematic Review. **J Endod**, v. 45, n. 1, p. 31-44.e13, Jan. 2019.

CARON, G. *et al.* Effectiveness of different final irrigant activation protocols on smear layer removal in curved canals. **J Endod**, v. 36, n. 8, p. 1361-1366, Aug. 2010.

CASTELO-BAZ, P. *et al.* *In vitro* comparison of passive and continuous ultrasonic irrigation in curved root canals. **J Clin Exp Dent**, v. 8, n. 4, p. e437-e441, Oct. 2016.

CUNNINGHAM, W. T.; BALEKJIAN, A. Y. Effect of temperature on collagen-dissolving ability of sodium hypochlorite endodontic irrigant. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v. 49, n. 2, p. 175-177, Feb. 1980.

CUNNINGHAM, W. T.; JOSEPH, S. W. Effect of temperature on the bactericidal action of sodium hypochlorite endodontic irrigant. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v. 50, n. 6, p. 569-571, Dec. 1980.

DE-DEUS, G. *et al.* Micro-CT comparison of XP-endo Finisher and passive ultrasonic irrigation as final irrigation protocols on the removal of accumulated hard-tissue debris from oval shaped-canals. **Clin Oral Investig**, v. 23, n. 7, p. 3087-3093, Nov. 2018.

DE HEMPTINNE, F. *et al.* *In Vivo* Intracanal Temperature Evolution during Endodontic Treatment after the Injection of Room Temperature or Preheated Sodium Hypochlorite. **J Endod**, v. 41, n. 7, p. 1112-1115, July 2015.

DE VASCONCELOS, R. A. *et al.* Evidence for Reduced Fatigue Resistance of Contemporary Rotary Instruments Exposed to Body Temperature. **J Endod**, v. 42, n. 5, p. 782-787, May. 2016.

DUQUE, J. A. *et al.* Comparative Effectiveness of New Mechanical Irrigant Agitating Devices for Debris Removal from the Canal and Isthmus of Mesial Roots of Mandibular Molars. **J Endod**, v. 43, n. 2, p. 326-331, Feb. 2017.

ELNAGHY, A. M.; MANDORAH, A.; ELSAKA, S. E. Effectiveness of XP-endo Finisher, EndoActivator, and File agitation on debris and smear layer removal in curved root canals: a comparative study. **Odontology**, v. 105, n. 2, p. 178-183, May. 2016.

ELNAGHY, A.; ELSAKA, S. Cyclic fatigue resistance of XP-endo Shaper compared with different nickel-titanium alloy instruments. **Clin Oral Invest**, v. 22, n. 3, p. 1433-1437, Oct. 2018.

ERIKSSON, A. R.; ALBREKTSSON, T. Temperature threshold levels for heat-induced bone tissue injury: a vital-microscopic study in the rabbit. **J Prosthet Dent**, v. 50, n. 1, p. 101-107, July 1983.

FKG-DENTAIRE. **The XP-endo finisher file**: the universal mechanical cleaning system. Disponível em: <<https://www.fkg.ch/products/endodontics/canal-shaping-and-cleaning/xp-endo-finisher>>. Acesso em: 14 de outubro, 2018.

GAO, Y. *et al.* Development and validation of a three-dimensional computational fluid dynamics model of root canal irrigation. **J Endod**, v. 35, n. 9, p. 1282-1287, Sept. 2009.

GU, L. S. *et al.* Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. **J Endod**, v. 35, n. 6, p. 791-804, June 2009.

HAAPASALO, M. *et al.* Irrigation in endodontics. **Br Dent J**, v. 216, n. 6, p. 299-303, Mar. 2014.

ISMAIL, P. M. S. *et al.* Comparison of Sealer Penetration by Using Different Irrigation Techniques - An In-vitro Study. **J Clin Diagn Res**, v. 10, n. 12, p. ZC50-ZC53, Dec. 2016.

JAMLEH, A. *et al.* Cyclic Fatigue and Torsional Failure of EdgeTaper Platinum Endodontic Files at Simulated Body Temperature. **J Endod**, v. 45, n. 5, p. 611-614, May. 2019.

JIANG, L. M. *et al.* Influence of the Oscillation Direction of an Ultrasonic File on the Cleaning Efficacy of Passive Ultrasonic Irrigation. **J Endod**, v. 36, n. 8, p. 1372-1376, Aug. 2010.

JIANG, L. M. *et al.* Comparison of the cleaning efficacy of different final irrigation techniques. **J Endod**, v. 38, n. 6, p. 838-841, June 2012.

MACEDO, R. G. *et al.* Influence of refreshment/activation cycles and temperature rise on the reaction rate of sodium hypochlorite with bovine dentine during ultrasonic activated irrigation. **Int Endod J**, v. 47, n. 2, p. 147-154, Feb. 2014.

MARKVART, M. *et al.* Micro-CT analyses of apical enlargement and molar root canal complexity. **Int Endod J**, v. 45, n. 3, p. 273-281, Mar. 2012.

MILLER, T. A.; BAUMGARTNER, J. C. Comparison of the antimicrobial efficacy of irrigation using the EndoVac to endodontic needle delivery. **J Endod**, v. 36, n. 3, p. 509-511, Mar. 2010.

MIYAI, K. *et al.* Influence of phase transformation on the torsional and bending properties of nickel-titanium rotary endodontic instruments. **Int Endod J**, v. 39, n. 2, p. 119-126, Feb. 2006.

PEREIRA, E. S. J. *et al.* Physical and mechanical properties of a thermomechanically treated NiTi wire used in the manufacture of rotary endodontic instruments. **Int Endod J**, v. 45, n. 5, p. 469-474, May. 2012.

PETERS, O. A.; SCHÖNENBERGER, K.; LAIB, A. Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. **Int Endod J**, v. 34, n. 3, p. 221-230, Apr. 2001.

PETERS, O. A.; ARIAS, A.; PAQUÉ, F. A Micro-computed Tomographic Assessment of Root Canal Preparation with a Novel Instrument, TRUShape, in Mesial Roots of Mandibular Molars. **J Endod**, v. 41, n. 9, p. 1545-1550, Sept. 2015.

PLOTINO, G. *et al.* New Technologies to Improve Root Canal Disinfection. **Braz Dent J**, v. 27, n. 1, p. 3-8, Feb. 2016.

SHEN, Y. *et al.* Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments. **J Endod**, v. 39, n. 2, p. 163-172, Feb. 2013.

SIQUEIRA, J. F. *et al.* What happens to unprepared root canal walls: a correlative analysis using micro-computed tomography and histology/scanning electron microscopy. **Int Endod J**, v. 51, n. 5, p. 501-508, May. 2018.

STOJICIC, S. *et al.* Tissue dissolution by sodium hypochlorite: effect of concentration, temperature, agitation, and surfactant. **J Endod**, v. 36, n. 9, p. 1558-1562, Sept. 2010.

VAN DER SLUIS, L. W. M. *et al.* Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. **Int Endod J**, v. 40, n. 6, p. 415-426, June 2007.

VAZ-GARCIA, E. S. *et al.* Mechanical Properties of Anatomic Finishing Files: XP-Endo Finisher and XP-Clean. **Braz Dent J**, v. 29, n. 2, p. 208-213, 2018 Apr.-June 2018.

WELLER, R. N.; BRADY, J. M.; BERNIER, W. E. Efficacy of ultrasonic cleaning. **J Endod**, v. 6, n. 9, p. 740-743, Sept. 1980.

ZEHNDER, M. Root canal irrigants. **J Endod**, v. 32, n. 5, p. 389-398, May. 2006.

ZELTNER, M.; PETERS, O. A.; PAQUÉ, F. Temperature changes during ultrasonic irrigation with different inserts and modes of activation. **J Endod**, v. 35, n. 4, p. 573-577, Apr. 2009.

## APÊNDICE - Termo de consentimento livre e esclarecido

Você está sendo convidado (a) a participar, como voluntário (a), da pesquisa intitulada “AVALIAÇÃO, *IN VIVO*, DA TEMPERATURA DA SOLUÇÃO IRRIGADORA INTRACANAL DURANTE INSTRUMENTAÇÃO ROTATÓRIA E AGITAÇÃO FINAL COM *XP-ENDO FINISHER* E IRRISONIC”, conduzida pela mestrandia Fernanda de Melo Silva com orientação da Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Ana Cecília Diniz Viana. Este estudo tem como objetivo avaliar no paciente, com necessidade de tratamento endodôntico, a alteração da temperatura da solução irrigadora, utilizada para a limpeza e desinfecção do canal, durante a irrigação padrão com seringa e agulha descartáveis, e após agitação mecânica com *XP-endo finisher* ou ponta de ultrassom Irrisonic.

Você foi selecionado (a) por necessitar de tratamento de canal em um molar inferior que não apresenta uma perda grande de estrutura, por não ser alérgico à solução utilizada e por apresentar uma abertura de boca suficiente para realizar o procedimento. Sua participação não é obrigatória e a qualquer momento, você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa, desistência ou retirada de consentimento não acarretará prejuízo e o seu tratamento será finalizado da mesma forma.

Os riscos na participação da pesquisa são mínimos, pois o procedimento realizado será apenas um complemento ao tratamento convencional. Portanto, os riscos são os mesmos de um tratamento de canal, principalmente a chance de aparecimento de dor ou inflamação, que poderão ser diminuídos com o uso de medicação adequada. A participação não é remunerada e não implicará em gastos para os participantes.

Os procedimentos para a pesquisa serão realizados na Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Minas Gerais durante a sua consulta para tratamento de canal. São procedimentos simples com duração em média de 15 minutos e consistem em medir a temperatura da solução irrigadora de hipoclorito de sódio dentro do seu dente utilizando um Termômetro digital. Essa temperatura será medida três vezes por um período de 4 minutos e 30 segundos cada e o tempo será registrado por meio de um cronômetro. A aferição será realizada após a instrumentação dos canais radiculares em três momentos: durante a irrigação convencional, antes e após utilizar o instrumento *XP-endo finisher* para agitar a solução irrigadora e antes e após o uso do ultrassom para essa mesma finalidade.

Os dados obtidos por meio desta pesquisa serão confidenciais e não serão divulgados em nível individual, visando assegurar o sigilo de sua participação. As informações obtidas com

a sua participação podem resultar no melhor conhecimento para a limpeza e desinfecção durante o tratamento de canal, bem como na verificação de instrumentos para potencializar esse tratamento trazendo melhorias para a odontologia.

O pesquisador responsável se comprometeu a tornar públicos nos meios acadêmicos e científicos os resultados obtidos de forma consolidada sem qualquer identificação dos indivíduos participantes.

Caso você concorde em participar desta pesquisa, assine ao final deste documento, que possui duas vias, sendo uma delas sua, e a outra, do pesquisador responsável / coordenador da pesquisa. Seguem os telefones e o endereço do pesquisador responsável, onde você poderá tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação nele, agora ou a qualquer momento.

Contatos dos pesquisadores responsáveis:

Fernanda de Melo Silva – fernandamelo.odonto@outlook.com – Telefone: 3409-2405  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Ana Cecília Diniz Viana – acdviana@yahoo.com.br – Telefone: 3409-2436

Em caso de dúvidas, com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar:

**Comissão de Ética em Pesquisa (COEP) da UFMG:** Av. Antônio Carlos, 6627 - Unidade Administrativa II - 2º andar - Sala 2005 - Campus Pampulha - Belo Horizonte, MG – Brasil. CEP: 31270-901. E-mail: coep@prpq.ufmg.br Telefone: (31) 3409-4592

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa, e que concordo em participar.

---

FERNANDA DE MELO SILVA

---

ANA CECÍLIA DINIZ VIANA

DATA: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

ASSINATURA DO PARTICIPANTE DA PESQUISA

## APÊNDICE- Termo de assentimento livre e esclarecido

Você está sendo convidado (a) a participar, como voluntário (a), da pesquisa: “AVALIAÇÃO, *IN VIVO*, DA TEMPERATURA DA SOLUÇÃO IRRIGADORA INTRACANAL DURANTE INSTRUMENTAÇÃO ROTATÓRIA E AGITAÇÃO FINAL COM *XP-ENDO FINISHER* E *IRRISONIC*”, conduzida pela mestrandia Fernanda de Melo Silva com orientação da Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Cecília Diniz Viana. Este estudo tem como objetivo avaliar no paciente, com necessidade de tratamento de canal, a alteração da temperatura do líquido utilizado para a limpeza e desinfecção do canal, durante a irrigação padrão com seringa e agulha descartáveis, e após agitação mecânica com os instrumentos *XP-endo finisher* e ponta de ultrassom *Irrisonic*.

Você foi selecionado (a) por necessitar de tratamento de canal de molar inferior que não apresenta uma perda grande de estrutura, por não ser alérgico à solução utilizada e por apresentar uma abertura de boca suficiente para realizar o procedimento. Sua participação não é obrigatória e a qualquer momento, você poderá desistir de participar e retirar a sua autorização. Recusar, desistir ou retirar seu consentimento não levará a qualquer penalidade ou perda de benefícios e o seu tratamento será finalizado da mesma forma.

Os riscos na participação da pesquisa são mínimos, pois o procedimento realizado será apenas um complemento ao tratamento normal. Portanto, os riscos são os mesmos de um tratamento de canal, principalmente o aparecimento de dor ou inflamação, que poderão ser diminuídos com o uso de medicação adequada. A participação não é remunerada e não implicará em gastos para você ou para os seus responsáveis.

Os procedimentos para a pesquisa serão realizados na Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Minas Gerais durante a sua consulta para tratamento de canal. São procedimentos simples com duração em média de 15 minutos e consistem em medir a temperatura da solução irrigadora de hipoclorito de sódio dentro do seu dente utilizando um Termômetro digital. Essa temperatura será medida três vezes por um período de 4 minutos e 30 segundos cada e o tempo será registrado por meio de um cronômetro.

Os dados obtidos por meio desta pesquisa serão confidenciais e ninguém ficará sabendo da sua participação. As informações obtidas com a sua participação podem resultar num maior conhecimento para a limpeza e desinfecção durante o tratamento de canal, bem como na verificação de instrumentos para melhorar esse tratamento trazendo ganhos para os pacientes e para a odontologia.

O pesquisador responsável se comprometeu a tornar públicos nos meios acadêmicos e científicos os resultados obtidos de forma séria e sem qualquer identificação dos indivíduos participantes.

Caso você concorde em participar desta pesquisa, assine ao final deste documento, que possui duas vias, sendo uma delas sua, e a outra, do pesquisador responsável / coordenador da pesquisa. Seguem os telefones e o endereço do pesquisador responsável, onde você poderá tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação nele, agora ou a qualquer momento.

Contatos dos pesquisadores responsáveis:

Fernanda de Melo Silva – fernandamelo.odonto@outlook.com – Telefone: 3409-2405  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Ana Cecília Diniz Viana – acdviana@yahoo.com.br – Telefone: 3409-243

Em caso de dúvidas, com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar:

**Comissão de Ética em Pesquisa (COEP) da UFMG:** Av. Antônio Carlos, 6627 - Unidade Administrativa II - 2º andar - Sala 2005 - Campus Pampulha - Belo Horizonte, MG – Brasil. CEP: 31270-901. E-mail: coep@prpq.ufmg.br Telefone: (31) 3409-4592

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa, e que concordo em participar.

---

FERNANDA DE MELO SILVA

---

ANA CECÍLIA DINIZ VIANA

DATA: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

ASSINATURA DO PARTICIPANTE DA PESQUISA

## **APÊNDICE- Termo de consentimento livre e esclarecido para o responsável pelo participante menor de idade**

Estamos convidando seu filho (a) (ou outra pessoa por quem você é responsável) a participar, como voluntário (a), da pesquisa: “AVALIAÇÃO, *IN VIVO*, DA TEMPERATURA DA SOLUÇÃO IRRIGADORA INTRACANAL DURANTE INSTRUMENTAÇÃO ROTATÓRIA E AGITAÇÃO FINAL COM *XP-ENDO FINISHER* E *IRRISONIC*”, conduzida pela mestrandia Fernanda de Melo Silva com orientação da Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Ana Cecília Diniz Viana. Este estudo tem como objetivo avaliar no paciente, com necessidade de tratamento de canal, a alteração da temperatura da solução utilizada para a limpeza e desinfecção do canal, durante a irrigação padrão com seringa e agulha descartáveis, e após agitação mecânica com os instrumentos *XP-endo finisher* e ponta de ultrassom *Irrisonic*.

Seu filho (a) (ou outra pessoa por quem você é responsável) foi selecionado (a) por necessitar de tratamento de canal em um molar inferior que não apresenta uma perda grande de estrutura, por não ser alérgico à solução utilizada e por apresentar uma abertura de boca suficiente para realizar o procedimento. A participação não é obrigatória e a qualquer momento, ele (a) poderá desistir de participar e retirar a autorização. A recusa, desistência ou retirada do consentimento não acarretará em qualquer penalidade ou perda de benefícios e o tratamento será finalizado da mesma forma.

Os riscos na participação da pesquisa são mínimos, pois o procedimento realizado será apenas um complemento ao tratamento. Portanto, os riscos são os mesmos de um tratamento de canal, principalmente o aparecimento de dor ou inflamação, que poderão ser diminuídos com o uso de medicação adequada. A participação não é remunerada e não implicará em gastos para os participantes, a pesquisa será realizada no dia do atendimento.

Os procedimentos para a pesquisa serão realizados na Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Minas Gerais durante a consulta para tratamento de canal. São procedimentos simples com duração em média de 15 minutos e consistem em medir a temperatura da solução irrigadora de hipoclorito de sódio dentro do dente utilizando um Termômetro digital. Essa temperatura será medida três vezes por um período de 4 minutos e 30 segundos cada e o tempo será registrado por meio de um cronômetro.

Os dados obtidos por meio desta pesquisa serão confidenciais e não serão divulgados em nível individual, visando assegurar o sigilo da participação.

As informações obtidas com a participação podem resultar no melhor conhecimento para a limpeza e desinfecção durante o tratamento de canal, bem como na verificação de instrumentos para potencializar esse tratamento trazendo melhorias para a odontologia.

O pesquisador responsável se comprometeu a tornar públicos nos meios acadêmicos e científicos os resultados obtidos de forma consolidada sem qualquer identificação dos indivíduos participantes.

Caso decida permitir a participação do seu filho (a) (ou outra pessoa por quem você é responsável) assine ao final deste documento, que possui duas vias, sendo uma delas sua, e a outra, do pesquisador responsável / coordenador da pesquisa. Seu filho (a) (ou outra pessoa por quem você é responsável) também assinará um documento de participação, o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido. Seguem os telefones e o endereço institucional do pesquisador responsável, onde você poderá tirar suas dúvidas sobre o projeto agora ou a qualquer momento.

Contatos dos pesquisadores responsáveis:

Fernanda de Melo Silva – fernandamelo.odonto@outlook.com – Telefone: 3409-2405  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Ana Cecília Diniz Viana – acdviana@yahoo.com.br – Telefone: 3409-2405

Em caso de dúvidas, com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar:

**Comissão de Ética em Pesquisa (COEP) da UFMG:** Av. Antônio Carlos, 6627 - Unidade Administrativa II - 2º andar - Sala 2005 - Campus Pampulha - Belo Horizonte, MG – Brasil. CEP: 31270-901. E-mail: coep@prpq.ufmg.br Telefone: (31) 3409-4592

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios da participação do meu filho (a) (ou outra pessoa por quem sou responsável) na pesquisa, e que concordo voluntariamente em consentir que ele (a) faça parte deste estudo.

\_\_\_\_\_  
FERNANDA DE MELO SILVA

\_\_\_\_\_  
ANA CECÍLIA DINIZ VIANA

DATA: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
ASSINATURA DO RESPONSÁVEL LEGAL POR \_\_\_\_\_