

Influência do hipoclorito de sódio na resistência à fadiga cíclica em instrumentos rotatórios endodônticos de memória controlada de NiTi: uma avaliação experimental

Influence of sodium hypochlorite on cyclic fatigue resistance in niti controlled memory endodontics rotary instruments: an experimental evaluation

Marcelo Leite MESQUITA^{a*} , Carlos Eduardo da Silveira BUENO^a ,
Alexandre Sigrist DE MARTIN^a , Rina Andrea PELEGRINE^a , Carlos Eduardo FONTANA^b

^aSLMandic – Faculdade São Leopoldo Mandic, Centro de Pesquisas Odontológicas, Campinas, SP, Brasil

^bPUC-Campinas – Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Centro de Ciências da Vida, Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde, Campinas, SP, Brasil

Como citar: Mesquita ML, Bueno CES, De Martin AS, Pelegrine RA, Fontana CE. Influência do hipoclorito de sódio na resistência à fadiga cíclica em instrumentos rotatórios endodônticos de memória controlada de niti: uma avaliação experimental. Rev Odontol UNESP. 2022;51:e20220046. <https://doi.org/10.1590/1807-2577.04622>

Resumo

Introdução: É importante saber se o hipoclorito de sódio (NaOCl) influencia a resistência à fadiga cíclica das limas de níquel-titânio (NiTi). **Objetivo:** Avaliar a influência de NaOCl 2,5% na resistência à fadiga cíclica de dois sistemas de NiTi. **Material e método:** 40 instrumentos rotatórios – 20 TruNatomy® (TRU, Dentsply Sirona, Maillefer, Ballaigues, Suíça) e 20 Prodesing Logic2® (PDL2, Bassi, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil) – foram aleatoriamente distribuídos em 4 grupos experimentais (n = 10) imersos em água destilada (H₂O) e NaOCl 2,5% em temperatura a 37°C. Foram submetidos a testes de fadiga cíclica mensurando o número de ciclos para fratura (NCF) e análise dessas superfícies pós-teste em microscópio eletrônico por varredura. Para a análise estatística entre os grupos, foi aplicada a análise de variância (ANOVA), complementada com o pós-teste de Tukey. **Resultado:** Houve diferença estatística em todos os grupos (P < 0,05). Os instrumentos PDL2 obtiveram maior resistência à fratura nas condições em H₂O e em NaOCl 2,5% comparados aos instrumentos TRU. Na análise de grupos de instrumentos nas soluções de NaOCl e H₂O, foi observado que o NaOCl 2,5% diminuiu o NCF. **Conclusão:** A resistência à fadiga cíclica dos instrumentos TRU e PDL2 diminuiu com NaOCl 2,5%. Os instrumentos PDL2 foram mais resistentes à fratura em relação aos instrumentos TRU.

Descritores: Corrosão; fadiga; fratura; tratamento térmico.

Abstract

Introduction: It is important to know whether sodium hypochlorite (NaOCl) influences the cyclic fatigue resistance of nickel-titanium (NiTi) files. **Objective:** To evaluate the influence of NaOCl 2.5% on the cyclic fatigue resistance of two NiTi systems. **Material and method:** Forty rotary instruments – 20 TruNatomy® (TRU, Dentsply Sirona, Maillefer, Ballaigues, Switzerland) and 20 Prodesign Logic2® (PDL2, Bassi, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil) – were distributed randomly across four experimental groups (n=10) and submerged in distilled water (H₂O) or 2.5% NaOCl at 37°C according to allocation. Cyclic fatigue testing was then performed, measuring the number of cycles to fracture (NCF), and post-test surfaces were analysed by scanning electron microscopy (SEM). Statistical Analysis: Analysis of variance (ANOVA) was applied for between-group analysis, followed by Tukey's post-hoc test. **Result:** A significant difference was observed in all groups (P<0.05). PDL2 instruments showed higher fracture resistance under H₂O and 2.5% NaOCl conditions compared to TRU. Analysis of all instrument groups showed that exposure to 2.5% NaOCl decreased the NCF compared to H₂O. **Conclusion:** Cyclic fatigue resistance of the TRU and PDL2 instruments was decreased by exposure to 2.5% NaOCl. PDL2 instruments were more resistant to fracture than TRU instruments.

Descriptors: Corrosion; fatigue; fracture; heat treatment.



INTRODUÇÃO

A introdução da liga de níquel-titânio (NiTi) em instrumentos na endodontia possibilitou o aumento da resistência e flexibilidade, especialmente, em canais curvos¹. No entanto, a fadiga do material pode levar à fratura de instrumentos e trazer consequências clínicas desfavoráveis².

Destaca-se a fadiga cíclica, causada por movimentos sucessivos de tração e compressão do instrumento cuja metade da haste se encontra em tensão, enquanto a outra metade, em compressão³.

A literatura científica aborda de forma ampla e consagrada os testes de fadiga em instrumentos endodônticos com o objetivo de avaliar o comportamento desses instrumentos^{4,5}. Testes em modelos estáticos ocorrem quando o instrumento gira em torno de seu eixo sem movimentos axiais⁶, gerando estresse por compressão e tensão concentrados em uma área específica do instrumento⁴. Em modelos dinâmicos, os testes ocorrem mediante movimentos de avanço e recuo dos instrumentos⁵, contudo ainda há um número menor de oscilações desses instrumentos dentro do canal radicular dentário quando comparado a esse modelo de teste⁴.

Recentemente, a indústria tem empregado diferentes procedimentos de processamento das ligas de NiTi com a finalidade de melhorar as propriedades mecânicas de seus instrumentos, como tratamentos térmicos específicos, processos de usinagem e técnicas de acabamento superficial final, garantindo maior resistência à fratura e flexibilidade desses instrumentos⁷.

A solução de hipoclorito de sódio (NaOCl), composto halogenado, é um dos principais irrigantes e utilizada para limpeza dos canais radiculares durante o tratamento endodôntico, sendo conhecida por sua ampla ação e espectro antimicrobiano, capacidade proteolítica, dissolução tecidual e de suas propriedades de desbridamento^{8,9}.

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência do NaOCl 2,5% na resistência à fadiga cíclica em modelos dinâmicos em contato com instrumentos rotatórios endodônticos de NiTi de memória controlada TruNatomy® (TRU) e Prodesing Logic2® (PDL2), com simulação em canais metálicos submetidos em temperatura a 37°C.

As hipóteses nulas deste trabalho foram:

1. NaOCl 2,5% não afetaria a resistência à fadiga quando em contato com os instrumentos.
2. Similaridade frente à resistência à fadiga cíclica entre os sistemas mecanizados estudados em relação ao número de ciclos para fratura (NCF) e tamanho do fragmento fraturado (FF).

MATERIAL E MÉTODO

O cálculo amostral foi realizado utilizando-se do software estatístico G*Power (versão 3.1.9.4, Heinrich-Heine, Universität Düsseldorf, Düsseldorf, Germany) com base nos efeitos observados em trabalhos anteriores⁵. Adotando-se um erro tipo α de 5% e um erro tipo β de 20%, o tamanho do efeito observado no estudo supracitado foi de 1,44. Considerando-se as análises bilaterais (*two-sided*), calculou-se um “n” amostral de 10. Portanto, 40 instrumentos foram submetidos a testes, divididos em 4 grupos, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Grupos de instrumentos testados, condições ambientais testadas, designação comercial e especificações**

Grupos	Condições ambientais	Instrumentos testados	Dimensão	Lote
TruH ₂ O	Água destilada a 37°C	TruNatomy®	26.04v	1643738
TruNaOCl	NaOCl2,5% a 37°C	TruNatomy®	26.04v	1643738
LogH ₂ O	Água destilada a 37°C	Prodesing Logic 2®	25.04	49900521
LogNaOCl	NaOCl2,5% a 37°C	Prodesing Logic 2®	25.04	49900521

** Notas: TruH₂O: grupo TruNatomy® imerso em água destilada; TruNaOCl: grupo TruNatomy® imerso em hipoclorito de sódio 2,5%; LogH₂O: grupo Prodesing Logic 2® imerso em água destilada; LogNaOCl: grupo Prodesing Logic 2® imerso em hipoclorito de sódio 2,5%.

Os instrumentos TRU (Dentsply Sirona, Maillefer, Ballaigues, Suíça) (26.04v) e PDL2 (Bassi, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil) (25.04) foram submetidos aos testes de fadiga cíclica no interior de um canal radicular de aço inoxidável, em um dispositivo desenvolvido, em trabalhos anteriores¹⁰, pela equipe de pesquisadores do Laboratório de Biomateriais do Instituto Militar de Engenharia (IME - Rio de Janeiro, RJ), e acoplados em um motor *VDW Silver Reciproc* (VDW GmbH, Munique, Alemanha) e contra-ângulo VDW 6:1 (Sirona Dental Systems GmbH, Bensheim, Alemanha) realizando movimentos verticais de avanço e recuo de 3,0 mm por cerca de 2 segundos para cada deslocamento e rotação simultânea. Esse, por sua vez, foi fixado em uma morsa com a finalidade de evitar deslocamentos indesejados desse conjunto durante os testes de fadiga. A porção reta do canal metálico coincidiu paralelamente com o eixo longitudinal dos instrumentos acoplados ao motor de forma a rotacionar e se movimentar livremente em seu interior.

Os componentes de teste e de funções e as características físicas do canal metálico estão descritos na Figura 1.

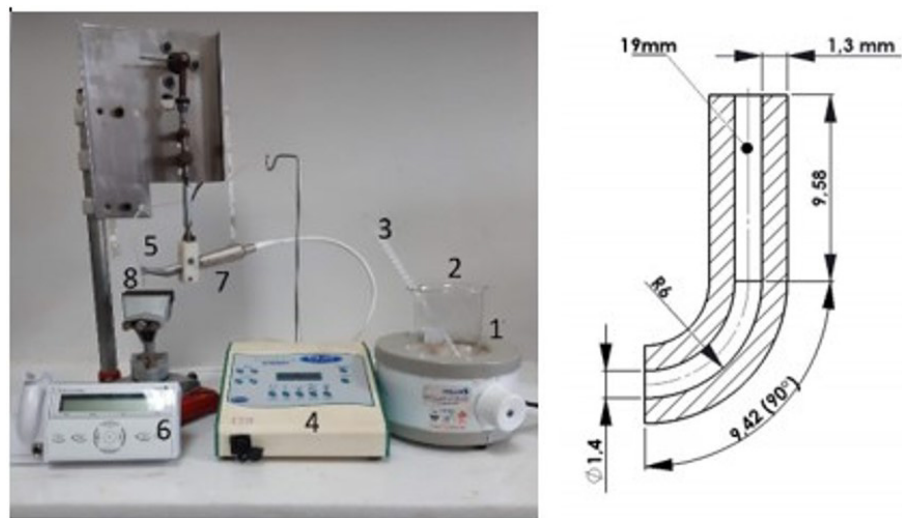


Figura 1. Dispositivo empregado nos ensaios de fadiga dos instrumentos, com detalhe do canal simulado. Legenda: (1) aquecedor para manter a água destilada e NaOCl 2,5% a 37°C; (2) Becker com líquido; (3) termômetro: controle térmico; (4) motor cirúrgico: circulação do líquido; (5) contra-ângulo; (6) motor endodôntico; (7) peça de mão; (8) canal metálico.

O teste foi interrompido com a fratura do instrumento no interior do canal mediante detecção visual da fratura por um operador experiente. O tempo do ensaio foi gravado com uso de cronômetro digital (Technos, Indústria Brasileira, Manaus, Brasil). O NCF foi obtido pelo produto do número de rotações por minuto (rpm) do instrumento pelo tempo para a fratura. A rotação dos instrumentos foi controlada utilizando a programação "*Dr's Choice*", ajustando-se a velocidade (V) e o torque (T) de acordo com as recomendações do fabricante (TRU, V = 500 rpm e T = 1,5 N; e PDL2, V = 600 rpm e T = 2,0 N).

Antes e depois dos ensaios mecânicos de fadiga, dois instrumentos foram selecionados aleatoriamente por um avaliador externo para análise da morfologia e acabamento superficial com o objetivo de identificar a presença de possíveis defeitos que poderiam influenciar diretamente os resultados dos testes de resistência à fadiga, por meio de microscópio eletrônico de varredura (Field Emission Gun FEI Quanta FEG 250, Hillsboro, Oregon, United States) em aumentos de 250, 500, 2.000 e 2.500 vezes entre os diâmetros D0 e D6 dos instrumentos.

Para análise estatística, utilizou-se do programa *Primer of Biostatistics, versão 6.0*, sendo aplicado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, uma vez que todos os grupos apresentaram distribuição normal e análise de variância (ANOVA) entre os grupos experimentais, complementando com o pós-teste de Tukey com nível de significância de 5%.

RESULTADOS

As morfologias superficiais dos instrumentos antes e depois dos ensaios de fadiga são demonstradas na Figura 2. Todos os instrumentos apresentaram morfologias semelhantes, com a maior ou menor presença de ranhuras oriundas do processamento de fabricação, embora o PDL2 tenha evidenciado menor profundidade delas comparado ao TRU.

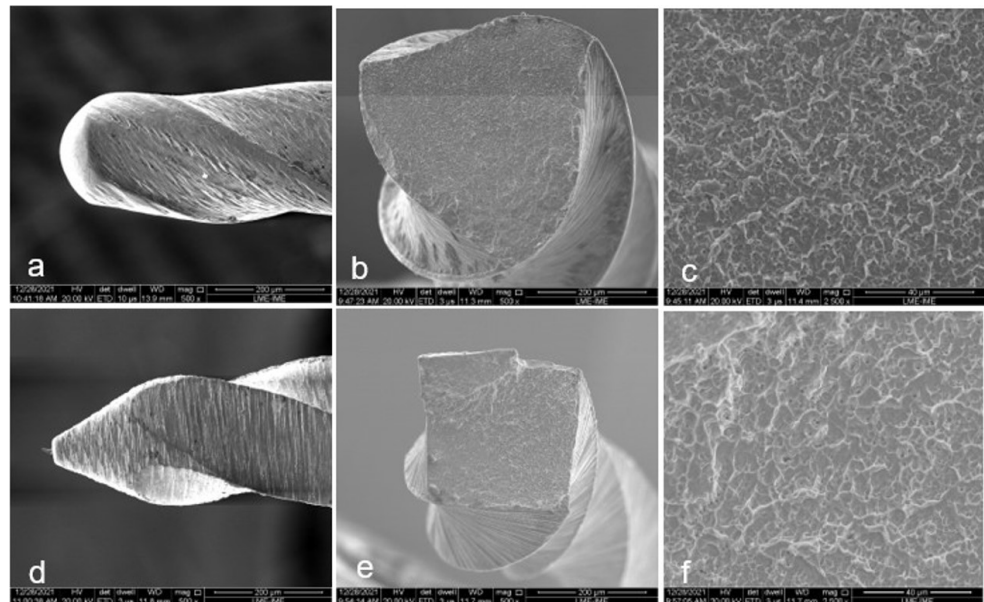


Figura 2. Imagens de microscopia eletrônica por varredura (MEV) dos instrumentos Prodesing Logic 2® e TruNatomy®: Legenda: Instrumentos Prodesing Logic 2® (a, b, c) e TruNatomy® (d, e, f); (a, d): ponta do instrumento antes da fratura (x500); (b, e): imagem frontal pós-fratura (x500); (c, f): presença de microcavidades, característica de fratura do tipo dúctil (x2.500).

O NCF dos instrumentos testados, as dimensões dos FF, os valores de média e o desvio-padrão estão demonstrados na Tabela 2.

Todas as comparações apresentaram diferença estatisticamente significativa ($P < 0,05$). Na análise entre os diferentes instrumentos, os PDL2 obtiveram resultados com maior NCF nas condições em água destilada (12,865.0 + 1,566.5 ciclos) e em NaOCl 2,5% (9,306.0 + 859.0 ciclos) em relação aos instrumentos TRU. Na análise de cada instrumento em H₂O e NaOCl 2,5%, houve a diminuição de NCF.

Tabela 2. Média do número de ciclos para fratura (NCF) e dimensão dos fragmentos fraturados (FF) dos instrumentos submetidos a diferentes tratamentos***

	TruNatomy®		Prodesign Logic 2®	
	Água destilada	NaOCl 2,5%	Água destilada	NaOCl 2,5%
Média (NCF)	1353,33(a)	1079,17(b)	12865,00(c)	9306,00(d)
Desvio	96,80	89,60	1566,46	859,90
Média (FF)	4,54(a)	5,10(b)	5,71(c)	5,61(d)
Desvio	0,07	0,51	0,45	0,46

*** Nota: Dimensões de FF mensuradas em milímetros. Diferentes letras minúsculas indicam diferença estatística entre os dados.

DISCUSSÃO

Dada a relevância clínica quanto à fratura de instrumentos, a adoção de medidas preventivas à ocorrência desse evento se torna importante³. Uma vez que a resistência de instrumentos em testes de fadiga não poderia ser testada em dentes *in vivo*, esses instrumentos são largamente avaliados em dispositivos construídos^{11,12}. Diversos trabalhos na literatura definiram metodologias para a realização de testes com angulações com raio de curvatura menos acentuadas^{6,12}. No presente estudo, o conjunto utilizado possui características físicas em seu terço apical, com o raio e a posição da curvatura acentuados, forçando os instrumentos testados a executar a sua cinemática nas mesmas condições.

Testes dinâmicos foram aplicados buscando condições mais próximas à realidade clínica, conforme relatado na literatura^{10,11}. Esses testes representam e simulam melhor a situação clínica do que testes estáticos, além de resultar em um aumento significativo nos resultados de resistência à fadiga, uma vez que o movimento dinâmico distribui o estresse gerado ao longo do instrumento³. Embora o uso de filmagem durante os ensaios de testes de fadiga permita uma detecção mais precisa do momento da fratura do instrumento, esta pesquisa se baseou na detecção visual do operador com base em trabalho anterior¹⁰.

Até o momento, não há trabalhos que comparem o TRU ao PDL2 nessas condições de testes. Por isso, os resultados do presente estudo não podem ser comparados diretamente com outros estudos da literatura. O TRU obteve menor resistência à fadiga cíclica em grau de curvatura em dispositivo de testes semelhantes (90° e raio de 6 mm) quando comparado ao instrumento Hyflex CM® (Coltène-Whaledent, Altstätten, Suíça)¹¹, sendo que este possui, por sua vez, um tratamento térmico semelhante aos instrumentos PDL2¹³.

Instrumentos TRU, fabricados por um fio de NiTi de diâmetro de 0,8 mm, possuem conicidade regressiva e secção transversal quadrangular descentrada, permitindo maior espaço para desbridamento e modelagem dos canais, preservando tecido dentinário durante a instrumentação¹⁴. A semelhança quanto ao tamanho da ponta do instrumento, conicidade e suas funções foi o ponto de escolha para que TRU (26.04v) fosse comparado com PDL2 (25.04). Seguindo uma proposta mais conservadora em seus preparos, o PDL2 possui secção transversal de seus instrumentos em hélice dupla, tripla, quádrupla e quadrangular, tendo uma característica específica em manter o diâmetro do fio em 1,2 mm¹⁵ quando comparado com a maior parte dos instrumentos genéricos no mercado. Embora a literatura demonstre que a resistência à fratura dos instrumentos tem uma tendência a diminuir à medida que o diâmetro deles aumentam¹⁶, PDL2 apresentou maior resistência à fratura em relação ao TRU, contrapondo-se a outros achados em que TRU obteve melhor desempenho quando comparado com os instrumentos Protaper Next® (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) e Twisted File® (SybronEndo, Orange, CA, Unites States)¹⁷.

O NaOCl, em diversas concentrações, tem sido utilizado para avaliar o efeito na resistência de instrumentos de NiTi e, quando em contato, tem apresentado resultados diversos⁹. Muito embora trabalhos apontem que o NaOCl não influencia a resistência à fadiga¹⁸, os dados da pesquisa demonstraram que, na comparação do mesmo sistema em condições ambientais diferentes (*TruH2O* e *TruNaOCl*; *LogH2O* e *LogNaOCl*) com sistemas diferentes nas mesmas condições ambientais (*TruNaOCl* e *LogNaOCl*), NaOCl afetou negativamente a menor resistência à fadiga dos instrumentos testados, concordando com outros estudos^{4,9}. Portanto, a primeira hipótese nula deste trabalho foi rejeitada. Corrosivo para metais, NaOCl pode afetar negativamente as propriedades mecânicas de limas NiTi quando em contato durante os procedimentos endodônticos⁴. Tal processo remove seletivamente o elemento químico níquel da superfície do instrumento, causando micropitilhagem¹⁹. Nesta pesquisa, *TruNaOCl* e *LogNaOCl* tiveram redução de NCF em relação a *TruH2O* e *LogH2O*.

O NCF médio de *LogH2O* foi 9,5 vezes maior em relação a *TruH2O*. Portanto, a segunda hipótese nula deste trabalho foi rejeitada.

Instrumentos com menos arestas de corte tendem a ter uma massa menor e, conseqüentemente, ser mais flexíveis e com maior resistência à fadiga cíclica¹³. Com diferentes formas geométricas, as dimensões de área central dos diversos instrumentos de NiTi correspondem a uma maior ou menor rigidez e flexibilidade ao comportamento desses instrumentos quando submetidos a testes²⁰. Tal diferença poderia explicar o melhor desempenho do instrumento 25.04 da PDL2 de formato seccional triangular em relação ao TRU de formato quadrangular e similar diâmetro, concordando com outros trabalhos²¹. Somado a isso, no ponto de maior curvatura (R6), o diâmetro nominal dos instrumentos TRU (0,49 mm), embora ligeiramente maior que PDL2 (0,48 mm), poderia justificar, não isoladamente, sua menor resistência à fratura durante os testes de fadiga.

Adicionalmente, testes de fadiga realizados próximos à temperatura corporal afetam as propriedades mecânicas dos instrumentos endodônticos, uma vez comparadas em temperatura ambiente^{3,7}, confirmando os achados deste trabalho em outros na literatura^{9,22}.

Instrumentos de NiTi tratados termicamente com alta porcentagem da fase martensítica possuem ganho em flexibilidade e melhora no desempenho em resistência à fadiga cíclica²³ quando comparados com ligas austenitas⁷. Os PDL2 possuem tratamento térmico *CM-wire* obtido pelo aquecimento e resfriamento dos instrumentos¹³, enquanto os TRU possuem tratamento térmico especial¹². Por causa da ausência de informações mais precisas fornecidas por um dos fabricantes, não foi possível comparar os diferentes tratamentos térmicos descritos anteriormente.

Ambos apresentam propriedade de memória controlada²³, isto é, capacidade de recuperar sua forma original quando deformados em aquecimento, por causa da transformação de fase de martensita deformada estável em fase de austenita estável⁷. Em razão do tratamento térmico de superfícies, as análises de MEV, mesmo com duas amostras de cada grupo, demonstraram que instrumentos PDL2 possuem menores profundidades nas marcas de usinagem em relação aos instrumentos TRU. Essa característica ocorre por causa do fresamento durante o processo de fabricação dos instrumentos, o que pode torná-los mais vulneráveis, evidenciando pontos de tensão locais e ocasionado a sua própria fratura²⁴. Isso pode sugerir que instrumentos TRU evidenciam baixa resistência à fratura potencializada pela presença de NaOCl 2,5%. Complementarmente, as imagens de MEV também demonstraram que os PDL2 possuem uma lisura maior de suas superfícies em relação aos TRU, o que pode justificar o seu melhor desempenho nos testes realizados. O acabamento superficial de instrumentos de NiTi remove defeitos que podem permanecer após o processo de usinagem e influenciar a vida útil do instrumento²⁵.

Embora trazendo elementos propostos nesta pesquisa, há limitações deste estudo que possam aproximar as condições clínicas reais pelo operador no dia a dia da clínica odontológica. Estudos que permitam avaliar o comportamento desses instrumentos com ponta e conicidades maiores simulando em canais dentários de dentes extraídos possam trazer novas respostas a esses questionamentos.

CONCLUSÃO

A solução de NaOCl 2,5% influenciou a diminuição da resistência à fadiga cíclica dos instrumentos TRU e PDL2. Os instrumentos PDL2 foram mais resistentes à fratura quando comparados com os instrumentos TRU.

REFERÊNCIAS

1. Walia HM, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of nitinol root canal files. *J Endod.* 1988 Jul;14(7):346-51. [http://dx.doi.org/10.1016/S0099-2399\(88\)80196-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0099-2399(88)80196-1). PMID:3251996.

2. Al-Obaida MI, Alzuwayer AA, Alanazi SS, Balhaddad AA. In vitro analysis of the fatigue resistance of four single file canal preparation instruments. *Materials (Basel)*. 2022 Jan;15(2):688. <http://dx.doi.org/10.3390/ma15020688>. PMID:35057402.
3. Hülsmann M, Donnermeyer D, Schäfer E. A critical appraisal of studies on cyclic fatigue resistance of engine-driven endodontic instruments. *Int Endod J*. 2019 Oct;52(10):1427-45.; <http://dx.doi.org/10.1111/iej.13182>. PMID:31267579.
4. Palma PJ, Messias A, Cerqueira AR, Tavares LD, Caramelo F, Roseiro L, et al. Cyclic fatigue resistance of three rotary file systems in a dynamic model after immersion in sodium hypochlorite. *Odontology*. 2019 Jul;107(3):324-32. <http://dx.doi.org/10.1007/s10266-018-0401-2>. PMID:30542934.
5. Alcalde MP, Tanomaru-Filho M, Bramante CM, Duarte MAH, Guerreiro-Tanomaru JM, Camilo-Pinto J, et al. Cyclic and torsional fatigue resistance of reciprocating single files manufactured by different nickel-titanium alloys. *J Endod*. 2017 Jul;43(7):1186-91. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2017.03.008>. PMID:28527852.
6. Keleş A, Eymirli A, Uyanık O, Nagas E. Influence of static and dynamic cyclic fatigue tests on the lifespan of four reciprocating systems at different temperatures. *Int Endod J*. 2019 Jun;52(6):880-6. <http://dx.doi.org/10.1111/iej.13073>. PMID:30656704.
7. Zupanc J, Vahdat-Pajouh N, Schäfer E. New thermomechanically treated NiTi alloys a review. *Int Endod J*. 2018 Oct;51(10):1088-103. <http://dx.doi.org/10.1111/iej.12924>. PMID:29574784.
8. Elnaghy AM, Elsaka SE. Effect of sodium hypochlorite and saline on cyclic fatigue resistance of WaveOne Gold and Reciproc reciprocating instruments. *Int Endod J*. 2017 Oct;50(10):991-8.; <http://dx.doi.org/10.1111/iej.12712>. PMID:27770436.
9. Abuhulaibah HF, AbuMostafa A. Resistance to cyclic fatigue of nickel-titanium files immersed in sodium hypochlorite at body temperature. *Int J Dent*. 2020;2020:8830163. <http://dx.doi.org/10.1155/2020/8830163>.
10. Lopes HP, Britto IM, Elias CN, Machado de Oliveira JC, Neves MA, Moreira EJ, et al. Cyclic fatigue resistance of ProTaper Universal instruments when subjected to static and dynamic tests. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2010 Sep;110(3):401-4. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tripleo.2010.05.013>. PMID:20727501.
11. Elnaghy AM, Elsaka SE, Elshazli AH. Dynamic cyclic and torsional fatigue resistance of TruNatomy compared with different nickel-titanium rotary instruments. *Aust Endod J*. 2020 Aug;46(2):226-33. <http://dx.doi.org/10.1111/aej.12396>. PMID:32022376.
12. Gündoğar M, Uslu G, Özyürek T, Plotino G. Comparison of the cyclic fatigue resistance of VDW.ROTATE, TruNatomy, 2Shape, and HyFlex CM nickel-titanium rotary files at body temperature. *Restor Dent Endod*. 2020 Jun;45(3):e37. <http://dx.doi.org/10.5395/rde.2020.45.e37>. PMID:32839718.
13. Tanomaru-Filho M, Galletti Espir C, Carolina Venção A, Macedo-Serrano N, Camilo-Pinto J, Guerreiro-Tanomaru JM. Cyclic fatigue resistance of heat-treated nickel-titanium instruments. *Iran Endod J*. 2018;13(3):312-7. <http://dx.doi.org/10.22037/iej.v13i3.18637>. PMID:30083199.
14. Dentsply Sirona. TruNatomy Brochure [online]. Ballaigues, Switzerland: Dentsply Sirona; 2019 [citado 2021 maio 22]. Disponível em: [//assets.dentsplysirona.com/flagship/en/explore/endodontics/brochure/trunatomy/END-TruNatomy-Brochure.pdf](http://assets.dentsplysirona.com/flagship/en/explore/endodontics/brochure/trunatomy/END-TruNatomy-Brochure.pdf)
15. Easy Equipamentos Odontológicos. Prodesing Logic 2 [online]. Belo Horizonte: Easy Equipamentos Odontológicos; 2021 [citado 2021 maio 22]. Disponível em: <https://easyequipamentos.com.br/loja/limas-rotatorias/prodesign-logic-2/>
16. Melo MC, Pereira ES, Viana AC, Fonseca AM, Buono VT, Bahia MG. Dimensional characterization and mechanical behaviour of K3 rotary instruments. *Int Endod J*. 2008 Apr;41(4):329-38. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01368.x>. PMID:18217988.

17. Riyahi AM, Bashiri A, Alshahrani K, Alshahrani S, Alamri HM, Al-Sudani D. Cyclic fatigue comparison of TruNatomy, Twisted File, and ProTaper Next Rotary Systems. *Int J Dent*. 2020 Feb;2020:3190938. <http://dx.doi.org/10.1155/2020/3190938>. PMID:32184827.
18. Pedullà E, Benites A, La Rosa GM, Plotino G, Grande NM, Rapisarda E, et al. Cyclic fatigue resistance of heat-treated nickel-titanium instruments after immersion in sodium hypochlorite and/or sterilization. *J Endod*. 2018 Apr;44(4):648-53. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2017.12.011>. PMID:29397218.
19. Sarkar NK, Redmond W, Schwaninger B, Goldberg AJ. The chloride corrosion behaviour of four orthodontic wires. *J Oral Rehabil*. 1983 Mar;10(2):121-8. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2842.1983.tb00106.x>. PMID:6573461.
20. Adigüzel M, Capar ID. Comparison of cyclic fatigue resistance of WaveOne and WaveOne Gold small, primary, and large instruments. *J Endod*. 2017 Apr;43(4):623-7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2016.11.021>. PMID:28216272.
21. Capar ID, Kaval ME, Ertas H, Sen BH. Comparison of the cyclic fatigue resistance of 5 different rotary pathfinding instruments made of conventional nickel-titanium wire, M-wire, and controlled memory wire. *J Endod*. 2015 Apr;41(4):535-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2014.11.008>. PMID:25510316.
22. Klymus ME, Alcalde MP, Vivian RR, Só MV, de Vasconcelos BC, Duarte MA. Effect of temperature on the cyclic fatigue resistance of thermally treated reciprocating instruments. *Clin Oral Investig*. 2019 Jul;23(7):3047-52. <http://dx.doi.org/10.1007/s00784-018-2718-1>. PMID:30397733.
23. 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 Feb;39(2):163-72. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2012.11.005>. PMID:23321225.
24. Pirani C, Ruggeri O, Cirulli PP, Pelliccioni GA, Gandolfi MG, Prati C. Metallurgical analysis and fatigue resistance of WaveOne and ProTaper Nickel-Titanium instruments. *Odontology*. 2014 Jul;102(2):211-6. <http://dx.doi.org/10.1007/s10266-013-0113-6>. PMID:23568014.
25. Lopes HP, Elias CN, Vieira VT, Moreira EJ, Marques RV, de Oliveira JC, et al. Effects of electropolishing surface treatment on the cyclic fatigue resistance of BioRace nickel-titanium rotary instruments. *J Endod*. 2010 Oct;36(10):1653-7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2010.06.026>. PMID:20850671.

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

*AUTOR PARA CORRESPONDÊNCIA

Marcelo Leite Mesquita, SLMandic – Faculdade São Leopoldo Mandic, Centro de Pesquisas Odontológicas, Sorocaba - SP, Brasil, e-mail: marcelo.leite.mesquita@gmail.com

Recebido: Novembro 18, 2022

Aprovado: Novembro 21, 2022