

# INFLUÊNCIA DA CINEMÁTICA DE INSTRUMENTAÇÃO NO PREPARO DO SISTEMA DE CANAIS RADICULARES: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE ESTUDOS POR MICROTOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

## INFLUENCE OF INSTRUMENTATION KINEMATICS ON ROOT CANAL SYSTEM PREPARATION: A SYSTEMATIC REVIEW OF STUDIES BY MICRO-COMPUTED TOMOGRAPHY

Augusto Julio Munoz<sup>1</sup>, Jefferson José de Carvalho Marion<sup>2</sup>  
Amanda Falcão<sup>3</sup>, Daniel Rodrigo Herrera<sup>4</sup>

### RESUMO

O objetivo deste estudo foi realizar uma revisão sistemática dos estudos que avaliaram por microtomografia computadorizada (micro-CT) as áreas não tocadas do canal radicular após o preparo com cinemática rotatória contínua e reciprocante. Foram utilizadas estratégias eletrônicas de busca nas bases LILACS, PubMed (MedLine), Science Direct, Cochrane, Scopus e Web of Science. Uma busca adicional por literatura cinzenta foi realizada no Google Scholar, OpenGrey e ProQuest. A busca abrangeu estudos em inglês, português e espanhol, sem restrição em relação ao tempo de publicação. Adicionalmente, pesquisas manuais foram realizadas na lista de referências dos artigos incluídos. Os artigos selecionados foram estudos *in vitro* que avaliaram por micro-CT a porcentagem de áreas não tocadas após o preparo do canal radicular, comparando as cinemáticas rotatórias e reciprocante. No total 11 estudos foram selecionados para análise qualitativa e quantitativa. Um estudo mostrou que o sistema Reciproc (reciprocante) tem uma porcentagem menor de paredes não tocadas do canal em incisivos inferiores, quando comparado com o sistema BioRace (rotatório). Outro estudo não mostrou diferenças significativas entre os sistemas reciprocantes Reciproc e WaveOne e o sistema BioRace em canais radiculares mesiais de molares inferiores. Da mesma forma, não foram observadas diferenças entre ProTaper Next, ProTaper Universal (rotatórios) e WaveOne. Um único estudo apresentou diferenças entre as cinemáticas, XP-Endo Shaper (rotatório) mostrou maior porcentagem de áreas tocadas quando comparado com TRUShape e WaveOne Gold. Os estudos avaliados mostraram que nenhum dos sistemas de instrumentação, independente da cinemática, foi capaz de tocar completamente as paredes dos canais radiculares.

**Palavras-chave:** Endodontia, Preparo de Canal Radicular, Microtomografia por Raio-X.

### ABSTRACT

The objective of this study was to conduct a systematic review focused on studies that used micro-computed tomography (micro-CT) analysis to evaluate untouched canal areas after root canal preparation with continuous rotary and reciprocating kinematics. Electronic search strategies were used in LILACS, PubMed (MedLine), Science Direct, Cochrane, Scopus and Web of Science databases. An additional search for gray literature was performed on Google Scholar, OpenGrey and ProQuest. In addition, manual searches were performed on the reference list of included articles. It covered studies in English, Portuguese and Spanish, without restriction regarding the publication time. The articles selected for inclusion in this review meet all the following criteria: *in vitro* studies that evaluated, with the use of micro-CT, the percentage of untouched areas after root canal preparation comparing rotary and reciprocating kinematics. A total of 11 studies were selected for qualitative and quantitative analysis. One study showed that the Reciproc system has a smaller percentage of untouched channel walls in lower incisors when compared to BioRace system. Another study showed no significant differences between reciprocating systems Reciproc and WaveOne with BioRace in mesial root canals of lower molars. Similarly, they did not observe any difference between ProTaper Next and ProTaper Universal with WaveOne. A single study showed differences between XP-Endo Shaper system (rotary) compared with WaveOne Gold. The studies evaluated in the present review showed by micro-CT that none of the instrumentation systems, regardless of the kinematics used or NiTi heat treatment, was able to completely touch the root canal walls.

**Keywords:** Endodontics, Root Canal Preparation, X-Ray Microtomography.

<sup>1</sup>Graduando, Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande/MS, Brasil.

<sup>2</sup>Professor Adjunto, Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande/MS, Brasil.

<sup>3</sup>Cirurgiã-Dentista, Escola de Saúde da Marinha (ESM), Rio de Janeiro/RJ, Brasil.

<sup>4</sup>Professor Adjunto, Departamento de Odontoclínica, Faculdade de Odontologia da Universidade Federal Fluminense (UFF), Niteroi/RJ, Brasil.

**Como citar este artigo:** Munoz AJ, Marion JJC, Falcão A, Herrera DR. Influência da cinemática de instrumentação no preparo do sistema de canais radiculares: uma revisão sistemática de estudos por microtomografia computadorizada. Rev Nav Odontol. 2022; 49(1): 19-26

Recebido em: 29/04/2022

Aceito em: 13/06/2022

## INTRODUÇÃO

O preparo químico-mecânico do canal radicular é uma importante etapa do tratamento endodôntico. O objetivo é a remoção completa do tecido pulpar remanescente, microrganismos e dentina infectada, bem como a modelagem do sistema de canais radiculares (SCR), através da ação mecânica dos instrumentos endodônticos e da ação química das substâncias auxiliares, proporcionando condições adequadas para a obturação e selamento (1).

Visando otimizar a instrumentação mecânica diversos sistemas de instrumentação de níquel-titânio (NiTi) têm sido desenvolvidos, com diferenças no desenho, tratamento térmico da liga e cinemática de instrumentação (2-4). Os sistemas disponíveis, independente da sua cinemática não conseguem o completo desbridamento do SCR, deixando grandes áreas de paredes não tocadas (5-7). Bactérias localizadas nessas áreas têm o potencial de permanecer latentes e serem responsáveis pela inflamação periapical persistente (1,8). Imagens radiográficas bidimensionais (2D) a partir de diferentes direções e métodos de cortes seriados eram comumente utilizadas para comparar a capacidade de modelagem dos diferentes sistemas de instrumentação. Porém, limitações na reprodução e a natureza invasiva dos cortes das amostras têm sido descritos como grandes desvantagens (9,10). Avanços nos procedimentos de diagnóstico por imagem estão na vanguarda da pesquisa odontológica, e encontra na microtomografia computadorizada (micro-CT) uma tecnologia de imagem não invasiva e de alta resolução capaz de suprir as limitações das análises 2D e por cortes (11-14).

A tecnologia proporcionada pela micro-CT permite reproduzir e reconstruir o sistema de canais radiculares tridimensionalmente (3D) (15), e vem sendo amplamente utilizada na pesquisa endodôntica para avaliar a capacidade de modelagem dos instrumentos (11). O conhecimento das propriedades e da capacidade de modelagem dos instrumentos rotatórios e recíprocos é essencial para auxiliar o profissional a selecionar o instrumento mais adequado para cada situação clínica. Portanto, o objetivo deste estudo foi realizar uma revisão sistemática focada nos estudos que utilizaram a análise por micro-CT na avaliação das áreas do canal não tocadas após o preparo com cinemática rotatória contínua e recíproca. A hipótese nula a ser testada é que não existe diferença significativa na porcentagem de áreas não tocadas após a preparação com as cinemáticas rotatória contínua e recíproca.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Protocolo e registro

Esta revisão sistemática foi realizada de acordo com *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) (14,15). O protocolo

está registrado no *International prospective register of systematic reviews* (PROSPERO) (CRD42022326086).

### PICO

A questão da pesquisa foi elaborada com base nos princípios PICO: População (estudos *in vitro* avaliando, com o uso de micro-CT, a porcentagem de áreas não tocadas após o preparo do canal radicular); Intervenção (preparo do canal radicular); Comparação [cinemática de instrumentação (rotatória e recíproca)]; Resultado (porcentagem de áreas não tocadas). A questão de pesquisa foi finalmente definida da seguinte forma: Na análise por micro-CT, a cinemática de instrumentação influencia na porcentagem de áreas não tocadas após o preparo do canal radicular?

### Critério de inclusão

Os critérios de inclusão consistiram em estudos *in vitro* que avaliaram, com o uso de micro-CT, a porcentagem de áreas não tocadas após o preparo do canal radicular comparando as cinemáticas rotatórias e recíproca. Abrangeu estudos em inglês, português e espanhol, sem restrição em relação ao tempo de publicação.

### Critério de exclusão

Foram aplicados os seguintes critérios de exclusão: 1) Estudos sem avaliação por micro-CT; 2) Estudos que não compararam as duas cinemáticas; 3) Estudos em animais; 4) Revisões, cartas, resumos de conferências, opiniões pessoais, relatos de casos; e 5) Texto completo não disponível.

### Fontes de informação e estratégia de busca

Foram utilizadas estratégias eletrônicas de busca nas bases LILACS, PubMed (MedLine), Science Direct, Cochrane, Scopus, Web of Science. Uma busca adicional por literatura cinzenta foi realizada no Google Scholar, OpenGrey e ProQuest. Além disso, pesquisas manuais foram realizadas na lista de referências dos artigos incluídos.

### Seleção de estudo

O processo de seleção foi realizado em duas fases. Na fase um, dois revisores (A.J.M. e D.R.H.) selecionaram independentemente títulos e resumos de todas as referências identificadas. Os estudos que não preencherem os critérios de elegibilidade foram excluídos. Na fase dois, os mesmos dois revisores aplicaram os critérios de elegibilidade ao texto com pleto dos estudos. Um terceiro revisor (J.J.M.) foi consultado no caso de um desacordo não resolvido por uma discussão de consenso.

Após inclusão dos estudos, se os dados necessários não foram encontrados, os esforços foram

feitos para entrar em contato com os autores para recuperar os dados não publicados.

### Risco de viés em estudos INDIVIDUAIS

Durante a extração de dados e avaliação da qualidade, qualquer desacordo entre os revisores foi resolvido através de discussão e, se necessário, pelo envolvimento de um terceiro autor. Para cada aspecto da avaliação da qualidade, o risco de viés foi pontuado com base nos critérios Cochrane [(The Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions versão 5.1.0 (<http://handbook.cochrane.org>))] adaptado à natureza dos estudos *in vitro*. O julgamento para cada registro foi “yes”, indicando um baixo risco de viés, “no” indicando alto risco de viés e “unclear”, indicando falta de informação ou incerteza sobre o potencial para viés. Se um ou mais critérios não foram atendidos, o estudo foi pontuado como “high risk of bias”. Quando o estudo for julgado como “unclear” em seus domínios-chave, foi feita uma tentativa para contatar os autores e obter mais informações e permitir uma decisão definitiva sobre o risco “low” ou “high”.

Estudos com intervenções e desfechos semelhantes seriam considerados para síntese quantitativa por meio de meta-análise; porém devido à substancial heterogeneidade entre os estudos incluídos, não foi realizada a meta-análise.

## RESULTADOS

### Seleção dos estudos

A seleção dos estudos resultou inicialmente em 96 estudos após a remoção de duplicatas, conforme exibido no diagrama de fluxo (Fig. 1). Após leitura do título e resumo aplicando os critérios de inclusão/exclusão, 11 estudos, atenderam aos requisitos e os textos completos foram analisados. Nenhum estudo adicional foi acrescentado após a pesquisa manual das referências desses onze estudos. Não foi necessário discutir com o terceiro avaliador para resolver desacordos, pois os dois revisores iniciais concordaram com os estudos incluídos.

### Extração de dados

Foi criada uma planilha de extração de dados com as informações: primeiro autor, ano de publicação, país de afiliação do primeiro autor, tamanho da amostra, tipo de dente, curvatura do canal, resolução utilizada no micro-CT, sistemas de instrumentação utilizados e porcentagem de área não tocada (Tabela 1).

### AVALIAÇÃO QUALITATIVA dos estudos incluídos

O viés geral e vieses obtidos devido ao processo de randomização, seleção do resultado reportado, padronização da anatomia radicular e variabilidade do operador são apresentados na (Fig 2).

Foi feita uma tentativa, sem sucesso, para contatar o autor de Yuan e Yang, 2018 (18) e esclarecer a variabilidade do operador. O estudo foi considerado como “unclear” na avaliação geral (Fig.2).

### Propriedades e resultados AVALIADOS

A porcentagem de áreas não tocadas durante a instrumentação foi avaliada e está apresentada na Tabela 1. Não foi possível estabelecer a influência do tratamento térmico na capacidade de modelagem dos sistemas utilizados nos estudos.

## DISCUSSÃO

A instrumentação dos canais radiculares visa eliminar o tecido pulpar comprometido, irritantes microbianos e criar o espaço adequado para uma eficiente irrigação, aplicação de medicação intracanal e a subsequente obturação (8). Áreas do canal não preparadas podem comprometer a desinfecção do sistema de canais radiculares e permitir a manutenção do processo infeccioso, que por sua vez podem causar falha endodôntica (1,8).

O objetivo inicial da presente revisão sistemática contemplava também a realização da síntese quantitativa dos dados para comparar a eficácia das duas cinemáticas na capacidade de modelagem dos canais radiculares, mas não foi possível devido à significativa heterogeneidade entre os estudos, envolvendo fatores como o tipo de dente examinado, curvatura do canal, design do instrumento e tamanho final da instrumentação.

Pela avaliação qualitativa dos estudos incluídos é possível aceitar a hipótese nula proposta que não existe diferença significativa na porcentagem de áreas não tocadas após a preparação com as cinemáticas rotatória contínua e recíprocante.

Na avaliação qualitativa do processo de padronização da anatomia radicular inicial foi considerada relevantemente positiva a possibilidade de pareamento prévio por micro-CT dos espécimes nos estudos (19- 21). O micro-CT fornece informações detalhadas nas raízes e canais antes da instrumentação, e provou ser eficaz no estudo da modelagem após o preparo (20-23). Assim, unicamente estudos que utilizaram micro-CT foram incluídos nesta revisão sistemática.

A instrumentação do canal radicular pode resultar em grandes áreas de paredes não tocadas, independente da cinemática utilizada durante a instrumentação (21-22). Um estudo mostrou que o sistema Reciproc (recíprocante) tem uma porcentagem menor de paredes não tocadas do canal em incisivos inferiores, quando comparado com o sistema BioRace (rotatório) o que poderia ser explicado pela conicidade e design do instrumento (21). Outro estudo não mostrou diferenças significativas entre os sistemas recípro-

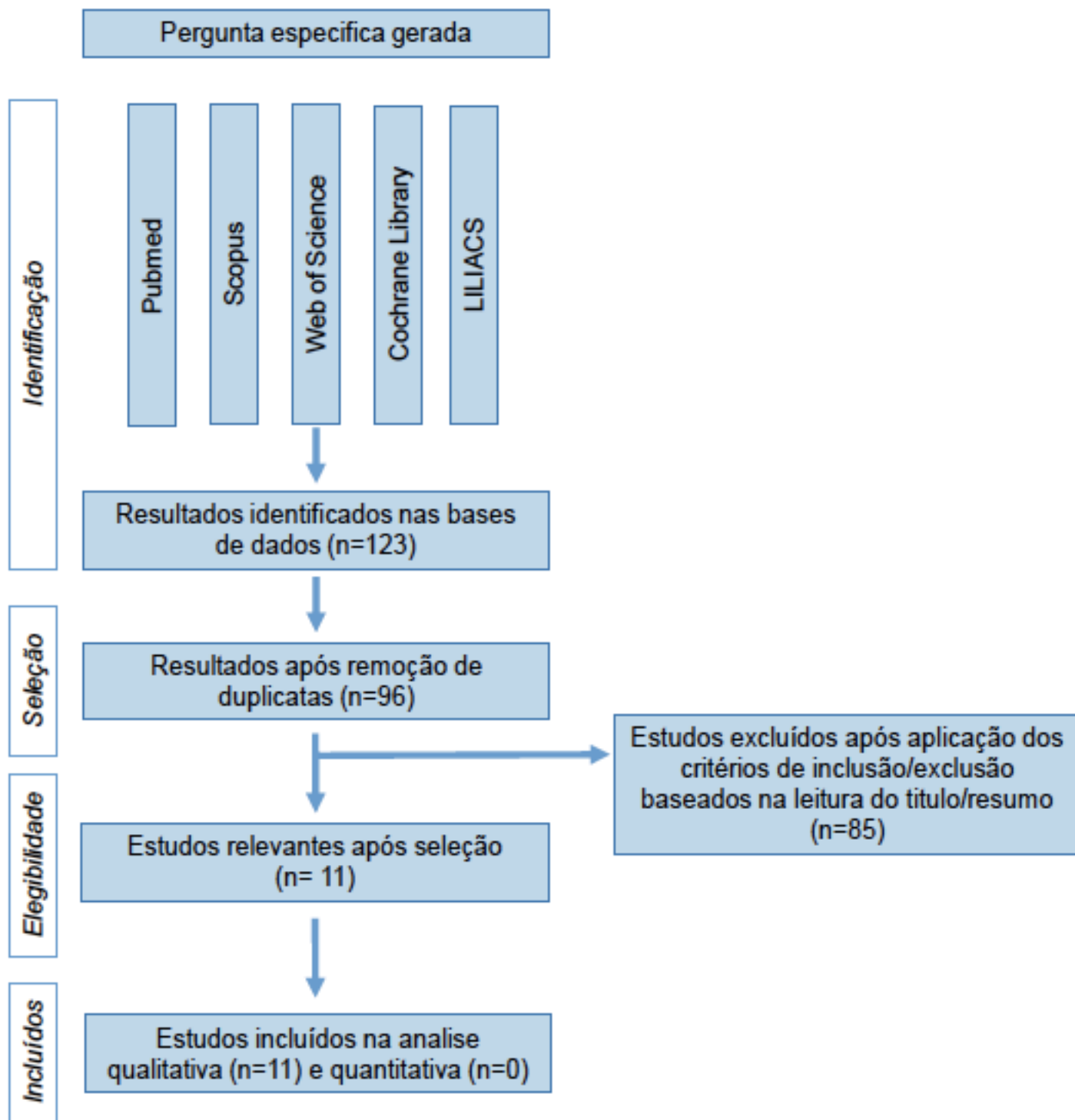


Figura 1. Diagrama de fluxo de seleção dos estudos

**TABELA 1. CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS INCLUÍDOS NA REVISÃO SISTEMÁTICA**

Número do estudo	Estudo / País	Dente	N amostral	Curvatura (graus)	Resolução Micro-CT (µm)	Grupos	Area não tocada (%)
1	Poly et al. (2021)/Brasil	Raiz distal de molares inferiores	30 (10 por grupo)	10 a 20	21,00	WaveOne Gold, TRUShape, XP-Endo Shaper	11,50 / 12,40 / 5,30
2	Da Silva et al. (2021)/Brasil	Premolares inferiores	33 (11 por grupo)	Não informado	22,00	TRUShape, Reciproc Blue R40, ProTaper Universal	39,80 / 45,40 / 47,90
3	Medeiros et al. (2021)/Brasil	Caninos inferiores	30 (15 por grupo)	10 a 20	12,10	WaveOne Gold, Mtwo	7,96 / 10,18
4	Zuolo et al. (2018)/Brasil	Incisivos inferiores	40 (10 por grupo)	Reta (<5)	14,25	BioRaCe, Reciproc, Self-Adjusting File, TRUShape	32,38 / 18,95 / 16,08 / 19,20
5	Yuan & Yang (2018)/China	Raiz mesial de molares inferiores	20 (10 por grupo)	20 a 35	36,00	WaveOne, ProTaper Next	34,32 / 29,21
6	Espir et al. (2018)/Brasil	Incisivos inferiores	54 (18 por grupo)	Não informado	17,42	Reciproc, Unicore, Mtwo	17,30 / 30,00 / 23,15
7	Guimaraes et al. (2017)/Brasil	Premolares inferiores	26 (13 por grupo)	Curvaturas severas foram excluídas	19,90	TRUShape, Reciproc	24,00 / 30,00
8	De-Deus et al. (2015)/Brasil	Raiz mesial de molares inferiores	30 (10 por grupo)	10 a 20	14,16	Reciproc, WaveOne, BioRaCe	36-42 / 34-48 / 42-47 (.25-.40)
9	Busquim et al. (2015)/Brasil	Raiz distal de molares inferiores	30 (15 por grupo)	<20	11,88	Reciproc R40, BioRaCe	15,12 / 9,73
10	Zhao et al. (2014)/China	Molares inferiores	36 (12 por grupo)	25-35 canais mesio-vestibulares / 15-25 canais mesio-linguais / 5-20 canais distais	30,00	ProTaper Next, ProTaper Universal, WaveOne	41,50-36,90-55,30 / 41,40-38,40-56,30 / 39,60-35,30-52,10 (MV-ML-D)
11	Paqué et al. (2011)/Suíça	Raiz mesial de primeiros molares inferiores	50 (25 por grupo)	20 a 40	20,00	ProTaper Universal rotatório / Uma lima PTU reciprocando	18,70 / 16,20

	Randomização	Resultado reportado	Padronização da anatomia radicular	Variabilidade do operador	Geral
Poly 2021	+	+	+	+	+
da Silva 2021	+	+	+	+	+
Medeiros 2021	+	+	+	+	+
Zuolo 2018	+	+	+	+	+
Yuan and Yang 2018	+	+	+	?	?
Espir 2018	+	+	-	+	-
Guimaraes 2017	-	+	+	+	-
De-Deus 2015	+	+	+	+	+
Busquim 2015	+	+	+	+	+
Zhao 2014	+	+	+	+	+
Paqué 2011	+	+	+	+	+

Figura 2. Análise do risco de viés nos estudos incluídos.

cantes Reciproc e WaveOne e o sistema BioRace em canais radiculares mesiais de molares inferiores (24). Da mesma forma, Zhao et al. não observaram nenhuma diferença entre ProTaper Next, ProTaper Universal (rotatórios) e WaveOne (25).

Paque *et al.* (2011) não encontraram diferenças quando o sistema ProTaper foi utilizado na cinemática rotatória ou recíprocante (26). Um outro estudo comparou o sistema recíprocante Unicone com lixas Reciproc R40 e MTwo (rotatório); os resultados mostraram maior quantidade de áreas não tocadas no sistema Unicone (22).

O sistema TRUshape (rotatório) apresenta menos áreas não tocadas (24%) em pré-molares inferiores comparado com o instrumento Reciproc (30%), justificado por Guimarães *et al.* (2017) pela modelagem criada pelo instrumento rotatório em formato de “S” que facilitaria a instrumentação em canais achatados (19). Por outro lado, o sistema TRUShape não apresentou diferenças com o sistema WaveOne Gold (recíprocante), também em canais achatados; mas, quando comparados com o sistema XP-Endo Shaper (rotatório) se mostraram menos eficazes na modelagem do canal (27).

Da Silva *et al.* (2021) também testaram o sistema TRUShape, comparando-o com o sistema Reciproc Blue (recíprocante) e o sistema ProTaper Universal, sem observar diferenças significativas na capacidade de modelagem (28). Os autores justificam a performance semelhante do sistema Reciproc Blue no fato desses instrumentos passar por um tratamento térmico azul no processo de fabricação que aumenta sua flexibilidade quando comparado ao instrumento M-wire Reciproc, potencializando sua capacidade de acompanhar melhor a anatomia do canal radicular e atingindo uma maior porcentagem de área instrumentada (28).

Medeiros *et al.* (2021) compararam o sistema MTwo com o sistema WaveOne Gold sem observar diferenças significativas no preparo do canal; porém, quando avaliados os 5mm finais, o sistema WaveOne Gold apresentou menor transporte apical (26). Os autores explicam esse resultado também pelo tratamento térmico do sistema recíprocante, que confere controle memória ao instrumento (29).

Ao comparar a capacidade de modelagem de diferentes instrumentos é importante padronizar o diâmetro e a conicidade do instrumento final (30). Os dados obtidos na presente revisão mostraram diversos protocolos de instrumentação, independente da cinemática. As diferenças entre as áreas não tocadas do sistema de canais radiculares após instrumentação em cinemática rotatória ou recíprocante ainda é controversa e precisa de mais estudos com maior controle das variáveis, reduzindo assim a heterogeneidade dos diversos parâmetros em questão (ex. tratamento térmico da liga de NiTi, seção

transversal do instrumento, diâmetro e conicidade) e permitindo uma síntese quantitativa dos dados.

## CONCLUSÃO

Os estudos avaliados na presente revisão mostraram através de micro-CT que nenhum dos sistemas de instrumentação, independente da cinemática, foi capaz de tocar completamente as paredes dos canais radiculares.

Os autores declaram que não há conflito de interesse.

### Autor de correspondência:

Daniel R. Herrera  
Rua Mario Santos Braga, 28 - Centro, Niterói - RJ,  
24020-140 danielherrera@id.uff.br

## REFERÊNCIAS

1. Gomes BPFA, Herrera DR. Etiologic role of root canal infection in apical periodontitis and its relationship with clinical symptomatology. *Braz Oral Res.* 2018 Oct 18;32(suppl 1):e69.
2. Marzouk AM, Ghoneim AG. Computed tomographic evaluation of canal shape instrumented by different kinematics rotary nickel-titanium systems. *J Endod.* 2013 Jul;39(7):906-9.
3. Zhao D, Shen Y, Peng B, Hasapasalo M. Root Canal preparation of mandibular molars with 3 nickel-titanium rotary instruments: a micro-computed tomographic study. *J Endod.* 2014 Nov;40(11):1860-4.
4. Thompson SA, Dummer PM. Shaping ability of ProFile .04 Taper Series 29 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals Part 1. *Int Endod J.* 1997 Jan;30(1):1-7.
5. Yared GM, Bou Dagher FE, Machtou P. Influence of rotational speed, torque and operator's proficiency on ProFile failures. *Int Endod J.* 2001 Jan;34(1):47-53.
6. Da Silva Limoeiro AG, Dos Santos AH, De Martin AS, et al. Micro-computed tomographic evaluation of 2 nickel-titanium instrument systems in shaping root Canals. *J Endod.* 2016 Mar;42(3):496-9.
7. Brasil SC, Marceliano-Alves MF, Marques ML, et al. Canal transportation, unprepared áreas, and dentin removal after preparation with BT-Race and ProTaper Next Systems. *J Endod.* 2017 Oct;43(10):1683-7.
8. Vera J, Siqueira Jr JF, Ricucci D, et al. One- versus two-visit endodontic treatment of teeth with apical periodontitis: a histobacteriologic study. *J Endod.* 2012 Aug;38(8):1040-52.
9. Bramante C, Berbert A, Borges R. A methodology for evaluation of root canal instrumentation. *J Endod.* 1987 May;13(5):243-5.
10. Shivashankar MB, Niranjana NT, Jayasheel A, Kenchanagoudra MG. Computed Tomography Evaluation of Canal Transportation and Volumetric Changes in Root Canal Dentin of Curved Canals Using Mtwo, ProTaper and ProTaper Next Rotary System-An In-vitro Study. *J Clin Diagn Res.* 2016 Nov;10(11):ZC10-ZC14.

11. Versiani MA, Carvalho KKT, Mazzi-Chaves JF, Souza-Neto MD. Micro-computed tomographic evaluation of the shaping ability of XP-endo Shaper, iRace, and EdgeFile systems in long oval shaped canals. *J Endod.* 2018 Mar;44(3):489-95.
12. Metzger Z, Zary R, Cohen R, Tperovich E, Paqué F. The quality of root canal preparation and root canal obturation in canals treated with rotary versus self-adjusting files: a three-dimensional micro-computed tomographic study. *J Endod.* 2010 Sep;36(9):1569-73.
13. Moura-Netto C, Palo RM, Pinto LF, Mello-Moura AC, Daltoe , Wilhelmsen NS. CT study of the performance of reciprocating and oscillatory motions in flattened root canal areas. *Braz Oral Res.* 2015;29:1-6.
14. 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 Apr;34(3):221-30.
15. Peters OA, Laib A, Rügsegger P, Barbakow F. Three-dimensional analysis of root canal geometry by high-resolution computed tomography. *J Dent Res.* 2000 Jun;79(6):1405-9.
16. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *J Clin Epidemiol.* 2009 Oct;62(10):1006-12.
17. Shamseer L, Moher D, Clarke M, et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015: elaboration and explanation. *BMJ.* 2015 Jan 2;350:g7647.
18. Yuan G, Yang G. Comparative evaluation of the shaping ability of single-file system versus multi-file system in severely curved root canals. *J Dent Sci.* 2018 Mar;13(1):37-42.
19. Guimarães LS, Gomes CC, Marceliano-Alves MF, Cunha RS, Provenzano JC, Siqueira JF. Preparation of oval-shaped canals with TRUShape and Reciproc systems: a micro-computed tomography study using contralateral premolars. *J Endod.* 2017 Jun;43(6):1018-22.
20. Busquim S, Cunha RS, Freire L, Gavini G, Machado ME, Santos M. A micro-computed tomography evaluation of long-oval canal preparation using reciprocating or rotary systems. *Int Endod J.* 2015 Oct;48(10):1001-6.
21. Zuolo ML, Zaia AA, Belladonna FG, et al. Micro-CT assessment of the shaping ability of four root canal instrumentation systems in oval-shaped canals. *Int Endod J.* 2018 May;51(5):564-71.
22. Espir CG, Nascimento-Mendes CA, Guerreiro-Tanomaru JM, Cavenago BC, Hungaro Duarte MA, Tanomaru-Filho M. Shaping ability of rotary or reciprocating systems for oval root canal preparation: a micro-computed tomography study. *Clin Oral Investig.* 2018 Dec;22(9):3189-94.
23. Versiani MA, Leoni GB, Steier L, et al. Micro-computed tomography study of oval-shaped canals prepared with the Self-adjusting File, Reciproc, WaveOne, and ProTaper Universal systems. *J Endod.* 2013 Aug;39(8):1060-6.
24. De-Deus G, Belladonna FG, Silva EJ, et al. Micro-CT evaluation of non-instrumented canal areas with different enlargements performed by NiTi systems. *Braz Dent J.* Nov-Dec 2015;26(6):624-9
25. Zhao D, Shen Y, Peng B, Haapasalo M. Root canal preparation of mandibular molars with 3 nickel-titanium rotary instruments: a micro-computed tomographic study. *J Endod.* 2014 Nov;40(11):1860-4.
26. Paqué F, Zehnder M, De-Deus G. Microtomography-based comparison of reciprocating single-file F2 ProTaper technique versus rotary full sequence. *J Endod.* 2011 Oct;37(10):1394-7.
27. Poly A, Marques F, Moura Sassone L, Karabucak B. The shaping ability of WaveOne Gold, TRUShape and XP-endo Shaper systems in oval-shaped distal canals of mandibular molars: A microcomputed tomographic analysis. *Int Endod J.* 2021 Dec;54(12):2300-6.
28. da Silva EJNL, de Moura SG, de Lima CO, et al. Shaping ability and apical debris extrusion after root canal preparation with rotary or reciprocating instruments: a micro-CT study. *Restor Dent Endod.* 2021 Feb 25;46(2):e16.
29. Medeiros TC, Lima CO, Barbosa AFA, et al. Shaping ability of reciprocating and rotary systems in oval-shaped root canals: a microcomputed tomography study. *Acta Odontol Latinoam.* 2021 Dec 31;34(3):282-288.
30. Paqué F, Musch U, Hülsmann M. Comparison of root canal preparation using RaCe and ProTaper rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J.* 2005 Jan;38(1):8-16.