

EVOLUÇÃO DOS INSTRUMENTOS ENDODÔNTICOS NA RESISTÊNCIA À FRATURA

EVOLUTION OF ENDODONTIC INSTRUMENTS IN FRACTURE RESISTANCE

Maria Luisa Miranda Sampaio¹
Ingrid Jatobá Magalhães²
Keith Vitória Gomes Almeida³
Lys Aparecida Dias Leal⁴
Margarete Viana dos Santos⁵
Danielle Cardoso Albuquerque Maia Freire⁶

RESUMO: A resistência à fratura dos instrumentos endodônticos é um fator crítico para o sucesso dos tratamentos endodônticos, visto que fraturas durante o preparo podem comprometer a limpeza do canal radicular, dificultar a obturação e, consequentemente, prejudicar o prognóstico clínico. Com o avanço tecnológico, novos materiais e tratamentos térmicos têm sido desenvolvidos com o intuito de melhorar a resistência e flexibilidade desses instrumentos. O objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão de literatura sobre a evolução dos instrumentos endodônticos na resistência à fratura, com ênfase em suas propriedades físico-mecânicas e contribuições para a prática clínica. A metodologia baseou-se na análise de artigos científicos selecionados nas bases de dados PubMed, Scielo, Bireme e Google Acadêmico, entre os anos de 2011 e 2025, priorizando publicações em português e inglês que abordassem a evolução, propriedades e resistência dos instrumentos endodônticos. Após a análise, observou-se que os instrumentos confeccionados em ligas de níquel-titânio com tratamento térmico apresentaram melhor desempenho clínico, devido à maior resistência à fadiga cíclica, memória controlada e flexibilidade. Além disso, sistemas mecanizados de instrumentação têm promovido maior padronização e segurança durante o preparo dos canais radiculares. Conclui-se que os avanços nos materiais e tecnologias de fabricação dos instrumentos endodônticos têm proporcionado melhorias significativas na prática endodôntica, reduzindo os riscos de fraturas e contribuindo para tratamentos mais eficazes e previsíveis.

1946

Palavras-chave: Endodontia. Metalurgia. Preparo do canal radicular.

¹ Discente da Faculdade de Ilhéus, Bahia (CESUPI).

² Discente da Faculdade de Ilhéus, Bahia (CESUPI).

³ Discente da Faculdade de Ilhéus, Bahia (CESUPI).

⁴ Discente da Faculdade de Ilhéus, Bahia (CESUPI).

⁵ Discente da Faculdade de Ilhéus, Bahia (CESUPI).

⁶ Orientadora / Dentista formada em 2004, Especialista em Endodontia, Mestre em Endodontia, Professora do curso de Odontologia da Faculdade de Ilhéus (CESUPI), Professora dos cursos de atualização e especialização do Instituto Excellence e Doutoranda em Biologia e Biotecnologia de Microrganismos (UESC). Atendimento em consultório Maia Odontologia Especializada, Atendimento odontológico domiciliar (Home Care Odonto Bahia).

ABSTRACT: Fracture resistance of endodontic instruments is a critical factor for the success of endodontic treatments, as fractures during canal preparation may compromise root canal cleaning, hinder obturation, and consequently impair the clinical prognosis. With technological advances, new materials and thermal treatments have been developed to improve the resistance and flexibility of these instruments. The objective of this study was to conduct a literature review on the evolution of endodontic instruments in relation to fracture resistance, with emphasis on their physical-mechanical properties and contributions to clinical practice. The methodology was based on the analysis of scientific articles selected from the PubMed, Scielo, Bireme, and Google Scholar databases, covering the period from 2011 to 2025. Priority was given to publications in Portuguese and English that addressed the evolution, properties, and resistance of endodontic instruments. After the analysis, it was observed that instruments made of nickel-titanium alloys with thermal treatment demonstrated better clinical performance due to greater resistance to cyclic fatigue, controlled memory, and flexibility. Furthermore, mechanized instrumentation systems have promoted greater standardization and safety during root canal preparation. It is concluded that advances in the materials and manufacturing technologies of endodontic instruments have led to significant improvements in endodontic practice, reducing the risk of fractures and contributing to more effective and predictable treatments.

Keywords: Endodontics. Metallurgy. Root canal preparation.

1 INTRODUÇÃO

1947

O tratamento endodôntico tem como objetivo a remoção da polpa inflamada e/ou necrosada do sistema de canais radiculares, promovendo uma limpeza eficiente para posterior obturação e devolução do dente à função. Para limpeza desses canais radiculares, são necessários instrumentos endodônticos e soluções irrigantes para auxiliar na instrumentação. Os instrumentos endodônticos necessitam ter uma boa previsibilidade para serem utilizados no interior dos canais radiculares, uma vez que se trata de áreas delicadas e com diferentes curvaturas, por isso as limas endodônticas precisam ser de uma liga metálica que forneça a flexibilidade adequada para esses instrumentos (Bhuva e Ikram, 2020). Anteriormente, as limas endodônticas eram confeccionadas em aço inoxidável, no entanto, esse material não oferecia a flexibilidade necessária aos instrumentos, o que ocasionava problemas como fraturas das mesmas no interior dos canais, formação de degraus e desvios devido à rigidez e pouca flexibilidade, não acompanhando a curvatura dos canais (Azad e Chokshi, 2023).

A evolução dos instrumentos endodônticos foi essencial para melhorar os resultados na instrumentação dos canais radiculares. Desde a antiguidade, diversos instrumentos foram

desenvolvidos com o objetivo de respeitar a anatomia e curvatura original dos canais, levando à realização de tratamentos menos invasivos e mais conservadores (Nordmeyer et al., 2011).

Os instrumentos endodônticos avançaram para sanar esses principais problemas da instrumentação e preparo dos canais, destacando-se a modificação da liga metálica, anteriormente de aço inoxidável para a liga de Níquel titânio (NiTi) (Azad e Chokshi, 2023). A liga de NiTi é uma liga metálica que possui excelentes propriedades como a super elasticidade e efeito de memória de forma, superando as ligas de aço inoxidável. Com isso, os instrumentos confeccionados com NiTi possuem uma maior flexibilidade e melhor adaptação na instrumentação e limpeza dos canais, trazendo uma melhor previsibilidade ao tratamento endodôntico (Azad e Chokshi, 2023; Srivastava, 2024).

Diante disso, esta pesquisa se justifica pela necessidade de analisar como a evolução desses instrumentos impede falhas na instrumentação, considerando fatores como anatomia dos canais, design das limas, e tratamento térmico, melhorando a segurança e o sucesso dos tratamentos endodônticos.

Portanto o objetivo desse trabalho foi discorrer sobre a evolução dos instrumentos endodônticos citando a substituição do aço inoxidável pela liga de NiTi e a adição do tratamento térmico, como cada instrumento e tipo de material se comporta no interior do canal radicular, abordando de uma forma ampla como as melhorias do desenvolvimento dos materiais foram benéficas para a Endodontia, resultando em uma maior taxa de sucesso na realização dos tratamentos endodônticos.

1948

2 METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido por meio de uma revisão de literatura, com o objetivo de analisar estudos científicos sobre a evolução dos instrumentos endodônticos e sua relação com a resistência à fratura. A seleção dos artigos foi realizada nas bases de dados PubMed, Scielo, Bireme e Google Acadêmico, abrangendo publicações em português e inglês, compreendidas no período de 2011 a 2025. Foram utilizados os seguintes termos de busca: Endodontia; Metalurgia; Preparo do canal radicular. Os artigos incluídos foram selecionados com base em sua relevância para o tema, priorizando estudos com embasamento científico sólido e atualizados dentro do espaço proposto.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Histórico evolução dos instrumentos endodônticos

A evolução tecnológica dos instrumentos endodônticos é de suma importância para o tratamento endodôntico, visto que para a obtenção do resultado esperado é indispensável que seja feita uma eficiente instrumentação e limpeza adequada dos canais, por isso, se faz necessário a utilização de instrumentos endodônticos que sejam capazes de tratar corretamente cada canal radicular, independente do seu formato ou diferentes curvaturas, para que evite acidentes e falhas na instrumentação (Bergenholtz, 2016).

As primeiras limas endodônticas eram confeccionadas em aço inoxidável, uma liga metálica rígida e de baixa resistência à fadiga cíclica, que conseqüentemente apresentavam maior risco de separação ou fratura no momento da instrumentação e modelagem dos canais radiculares. Por isso, se fez necessário a introdução de novos tipos de ligas metálicas e instrumentos para minimizar o insucesso do tratamento endodôntico e possivelmente a extração do elemento dentário (Tabassum et al., 2019).

Com o passar dos anos e as inovações acontecendo houve a necessidade de melhorias nas propriedades mecânicas das limas endodônticas. Eis que surge a liga metálica de Níquel-Titânio, uma liga metálica com propriedades mecânicas superiores a de aço inoxidável, com boas características de memória de forma e super elasticidade, fazendo com tornasse a instrumentação mais segura e eficiente. Embora tenham feito melhorias significativas na liga de NiTi ainda existe um risco em relação a separação e fratura dos instrumentos no interior do canal radicular, devido a fadiga cíclica, que ocorre por conta da compressão dos movimentos repetitivos, causando uma tensão e ocasionando a fratura da lima endodôntica intracanal (Shen et al., 2013; Tabassum et al., 2019).

1949

3.2 Metalurgia dos instrumentos

A liga de NiTi possui aproximadamente 55% de níquel e 45% de titânio e pode se apresentar de três fases microestruturais diferentes: austenita, martensita e fase R, ambas são estruturas cristalinas da liga de NiTi e que podem ser alteradas de acordo com a temperatura e estresse (Liang e Yue, 2022). A composição e os tratamentos metalúrgicos dos instrumentos têm um grande impacto na transição de temperatura dessas três fases, a austenita, martensita e a fase R, são essas fases que determinam as propriedades mecânicas do NiTi. A fase

austenita, é a fase de alta temperatura, também conhecida como fase-mãe, na sua forma austenita ela é forte e rígida, é a fase inicial para a transformação da temperatura, essa transformação da fase austenita para martensita tem um grande impacto nas propriedades mecânicas e comportamento do NiTi. Já a fase R, atua como a intermediária entre a fase austenita e a martensita e vice-versa (Shen et al., 2013; Liang e Yue, 2022).

A fase martensita, também conhecida como fase-filha, considerada de baixa temperatura, é flexível, macia e pode ser facilmente deformada, por este motivo ela possui resistência à fratura. A martensita de NiTi quando aquecida inicia a transformação para a fase austenita, chamada de temperatura de início da transformação da austenita, quando concluída é chamada de temperatura de acabamento da austenita. Já a austenita NiTi quando resfriada ocorre a transformação para a fase martensita, chamada de temperatura de início da transformação martensita, quando concluída é chamada de temperatura de acabamento da

transformação da martensita, quando atingida essas temperaturas, concluindo a transformação e exibindo as características dos materiais (Shen et al., 2013).

O tratamento térmico é o processamento mais utilizado atualmente, tendo como objetivo aquecer e resfriar o material repetidamente para obter as propriedades específicas de um determinado metal, influenciando e alterando as propriedades dos instrumentos endodônticos de NiTi, aumentando a sua flexibilidade e consequentemente aumentando também a resistência à fratura dos instrumentos (Shen et al., 2013; Liang e Yue, 2022).

1950

3.3 Impactos da falha ou fratura dos instrumentos durante o tratamento endodôntico

Alguns fatores como fadiga cíclica e sobrecarga torcional podem influenciar diretamente na fratura dos instrumentos rotativos de NiTi, principalmente por levar os instrumentos a uma tensão e compressão excessiva. A fadiga cíclica é justamente essa tensão excessiva que ocorre no interior do canal radicular, causando a separação ou fratura do instrumento. Já a fratura torcional ocorre quando a ponta ou alguma parte do instrumento fica presa e a parte superior continua girando, fazendo com que ocorra o “efeito parafuso”. Esses riscos motivaram melhorias para aumentar a segurança do tratamento endodôntico (Liang e Yue, 2022).

3.4 Importância da escolha correta dos instrumentos dos instrumentos para modelagem e limpeza dos canais radiculares

Os instrumentos endodônticos precisam ter flexibilidade e resistência a fadiga cíclica suficientes para suportar a instrumentação e facilitar a limpeza e modelagem de canais radiculares severos, por este motivo se faz necessário instrumentos que tragam uma maior previsibilidade ao tratamento endodôntico, diminuindo os insucessos e trazendo um maior conforto e confiança tanto para o profissional, quanto ao paciente (Shen et al., 2013).

Os vários designers, diâmetros, métodos de fabricação e tratamentos térmicos são fatores relevantes na hora da escolha dos instrumentos endodônticos, até porque são fatores que irão influenciar na falha ou fratura dos instrumentos no momento do tratamento endodôntico. A fabricação de instrumentos que tenham uma maior flexibilidade e resistência à fratura melhoram as propriedades mecânicas dos mesmos (Shen et al., 2013; Zupanc et al., 2018).

4 DISCUSSÃO

A evolução dos instrumentos endodônticos foi fundamental para a melhoria dos resultados na instrumentação e limpeza dos canais radiculares. Desde a introdução das primeiras limas confeccionadas em aço inoxidável, observou-se que a rigidez e a baixa resistência à fadiga cíclica representavam um grande desafio para os cirurgiões-dentistas, aumentando o risco de fratura dos instrumentos durante o tratamento endodôntico. Por conta dessas limitações, surgiram os instrumentos confeccionados com a liga de NiTi, que apresentaram propriedades superiores, como a super elasticidade e a memória de forma, favorecendo uma instrumentação mais segura e eficiente (Shen et al., 2013; Tabassum et al., 2019).

Essa evolução também vem sendo marcada por avanços significativos nas propriedades mecânicas da liga de níquel titânio. A composição e o tratamento térmico da liga de NiTi foram determinantes para o avanço na resistência à fratura dos instrumentos, uma vez que modificações microestruturais nas fases austenita, martensita e fase R influenciam diretamente a flexibilidade e a capacidade de suportar tensões e compressões excessivas no interior dos canais radiculares. A flexibilidade obtida pela predominância da fase martensita e a resistência proporcionada pela contribuição da fase austenita garantem uma melhor adaptação dos instrumentos às curvaturas dos canais, principalmente em canais com

anatomias complexas, reduzindo a incidência de fraturas por fadiga cíclica e sobrecarga torcional (Tabassum et al., 2019).

Tabassum et al., 2019 demonstraram que instrumentos fabricados com ligas tratadas termicamente apresentaram resistência á fadiga cíclica superior do que as ligas de NiTi convencionais, essa melhoria se deu por conta das modificações microestruturais da fase martensítica, que proporciona uma alta flexibilidade e consequentemente maior resistência á fadiga cíclica, porém, ainda assim possuem risco de fratura.

Além disso, a escolha correta dos instrumentos para a modelagem e limpeza dos canais radiculares torna-se essencial para a previsibilidade e o sucesso do tratamento endodôntico. As melhorias no design, diâmetro, método de fabricação e aplicação de tratamentos térmicos nos instrumentos visam justamente minimizar os riscos de falhas, proporcionando maior conforto e segurança tanto para o profissional quanto para o paciente. Zupanc et al., 2018 ressaltam que o diâmetro, conicidade e o tipo de movimento utilizado (rotatório ou reciprocante) podem interferir diretamente na durabilidade e segurança do instrumento, em relação a conicidade Zupanc et al., 2018 relatam que os instrumentos de pequeno diâmetro e com pouca conicidade tem maior resistência a fadiga cíclica do que os instrumentos maior diâmetro e com maior conicidade e que o sistema reciprocante possui maior resistência a fadiga cíclica em 1952
comparação ao sistema rotatório (Zupanc et al., 2018).

Dessa maneira, observa-se que a evolução dos instrumentos endodônticos, aliada ao conhecimento sobre os fatores de risco para fraturas, impactou significativamente a prática clínica, oferecendo soluções mais eficazes e seguras para o tratamento endodôntico.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A evolução dos instrumentos endodônticos, especialmente com a introdução da liga de Níquel-Titânio (NiTi) e a aplicação de tratamentos térmicos, representou um avanço significativo para a prática endodôntica, aumentando a segurança e a eficácia dos tratamentos. A substituição dos instrumentos de aço inoxidável, que apresentavam baixa flexibilidade e maior risco de fratura, por instrumentos de NiTi, trouxe melhorias consideráveis na capacidade de instrumentação de canais radiculares com diferentes curvaturas. Fatores como a anatomia dos canais radiculares, a velocidade rotacional, a fadiga cíclica e a temperatura também influenciam diretamente na durabilidade dos instrumentos durante o tratamento endodôntico. Portanto, compreender a evolução histórica, a metalurgia e os fatores de risco

associados à falha dos instrumentos endodônticos são essenciais para que os cirurgiões-dentistas façam escolhas adequadas, aumentando as chances de sucesso dos tratamentos. O desenvolvimento contínuo de novos materiais e tecnologias evidencia a constante busca por instrumentos mais seguros e eficazes, contribuindo para a preservação da estrutura dental e a melhora dos resultados clínicos em Endodontia.

REFERÊNCIAS

AZAD, Akash; CHOKSHI, Shraddha. A história, evolução e metalurgia: inovações em sistema de limas rotativas endodônticas NiTi. *Revista Internacional de Ciência e Pesquisa (IJSR)*, v. 12, n. 3, mar. 2023.

BERGENHOLTZ, G. Avaliação da falha do tratamento na terapia endodôntica. *Journal of Oral Rehabilitation*, v. 43, n. 10, p. 753-758, out. 2016.

BHUVIA, B.; IKRAM, O. Complicações em Endodontia. *Primary Dental Journal*, v.9, n. 4, p. 52-58, dez. 2020.

LIANG, Y.; YUE, L. Evolução e desenvolvimento: instrumentos rotativos endodônticos de níquel-titânio acionados. *International Journal of Oral Science*, v. 14, n. 1, p. 12, 18 fev. 2022.

NORDMEYER, S.; SCHNELL, V.; HÜLSMANN, M. Comparison of root canal preparation using Flex Master Ni-Ti and Endo-Eze AET stainless steel instruments. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, Endodontics*, v. 111, n. 2, p. 251-259, fev. 2011.

1953

SHEN, Ya; HUANG, Xiangya; WANG, Zhejun; WEI, Xi; HAAPASALO, Markus. Baixa temperatura ambiente influencia a resistência à fadiga de limas de níquel- titânio. *Journal of Endodontics*, v. 43, n. 1, p. 1, 2017.

SRIVASTAVA, S. Instrumentação de canal radicular: tendências atuais e perspectivas futuras. *Cureus*, v. 16, n. 4, p. e58045, 11 abr. 2024.

TABASSUM, S.; ZAFAR, K.; UMER, F. NiTi Rotary Systems: o que há de novo? *European Endodontic Journal*, v. 3, p. 111-117, 2019.

ZUPANC, J.; VAHDAT-PAJOUH, N.; SCHÄFER, E. Novas ligas de NiTi tratadas termomecanicamente: uma revisão. *International Endodontic Journal*, v. 51, p. 1088-1093, 2018.