

Comparação da resistência de molares inferiores artificiais com pino de fibra de vidro ou metálico fundido

Recebido em: jun/2023

Aprovado em: jun/2023

Manoel Eduardo de Lima Machado – Livre-docente e Professor Associado da Disciplina de Endodontia da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Katherine Herlinda Espinoza Herquinio – Mestranda em Endodontia pela Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Brigit Karolay Taboada Hazaña – Mestranda em Endodontia pela Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Soraya Leal Beyruth de Lima Machado – Mestre em Dentística Restauradora. Professora Coordenadora do curso de Especialização em Dentística Restauradora da APCD Central/FAOA

Cleber Keiti Nabeshima – Doutor em Endodontia pela Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Autor de correspondência:

Manoel Eduardo de Lima Machado
Rua Guarará, 350 – Jd. Paulista
São Paulo – SP
01425-000
professormachado@hotmail.com

Comparison of the resistance of artificial mandibular molars with fiber glass or cast metal posts

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi comparar a resistência à fratura de molares inferiores artificiais tratados endodonticamente reforçados com pino de fibra de vidro ou metálico fundido. A coroa de 20 molares inferiores artificiais foi removida e os canais preparados utilizando sistema WaveOne Gold. O canal distal foi obturado pela técnica do cone cortado acorde Machado, e os espécimes divididos em dois grupos para instalação do pino intrarradicular: grupo PFV com pino de fibra de vidro e munhão em resina composta, e grupo PMF com núcleo metálico fundido de cromo-cobalto. Todos os espécimes foram submetidos ao teste de compressão até a fratura radicular, e os grupos foram comparados utilizando o teste T-independente com nível de significância de 5%. As fraturas foram classificadas como reparáveis ou catastróficas de acordo com a sua localização. Os resultados mostraram que PMF apresentou resistência maior que PFV ($p < 0.05$). Em relação à localização de fratura, PMF apresentou apenas fraturas catastróficas, sendo 20% no terço médio e 80% no terço apical. Em contraste, no grupo PFV, foram observadas apenas fraturas favoráveis, distribuídas em 70% no terço cervical e 30% na interface pino/munhão. Com base na metodologia aplicada, pode-se concluir que o pino metálico fundido resulta em maior resistência à compressão do que o pino de fibra de vidro em molares inferiores artificiais, no entanto, as fraturas que ocorrem neste tipo de pino são do tipo catastrófico.

Descritores: técnica para retentor intrarradicular; pinos dentários; reabilitação bucal; materiais dentários; endodontia

ABSTRACT

The aim of the present study was to compare the fracture resistance of endodontically treated artificial mandibular molars reinforced with glass fiber or metal cast posts. The crown of 20 artificial mandibular molars was removed and the canals prepared using the WaveOne Gold system. The distal canal was obturated using the Machado's cut gutta-percha cone technique, and the roots were distributed into two groups for placing of the intraradicular post: PFV group with a glass fiber post with composite resin core, and the PMF group with a cast cobalt chrome post-and-core. All specimens were subjected to the compression test until root fracture, and the groups were compared using the T-independent test with a significance level of 5%. Fractures were classified as repairable or catastrophic according to their location. The results showed that PMF presented greater resistance than PFV ($p < 0.05$). Regarding the location and type of fracture, PMF presented only catastrophic fractures, 20% in the middle third and 80% in the apical third. In contrast, in the PFV group, only favorable fractures were observed, distributed in 70% in the coronal third and 30% in the post/core interface. Based on the methodology applied, it can be concluded that the metal cast post results in greater compressive strength than the glass fiber post in artificial lower molars, however, the fractures that occur in this type of post are catastrophic.

Descriptors: post and core technique; dental pins; mouth rehabilitation; dental materials; endodontics

RELEVÂNCIA CLÍNICA

Compreender a performance de pinos intrarradiculares compostos de diferentes tipos de materiais sobre a estrutura dentária é importante para que se possa delinear o prognóstico e longevidade de dentes tratados endodonticamente com grande destruição coronária.

INTRODUÇÃO

O tratamento odontológico desempenha um papel fundamental na preservação dos dentes na cavidade oral, e a cárie é uma doença de progressão lenta, que se não tratada, resulta em danos significativos à estrutura coronária e, em casos avançados, atinge a câmara pulpar levando ao tratamento endodôntico para posterior reabilitação.¹ Neste particular, a estrutura dentinária é um fator crucial para o prognóstico e longevidade do dente tratado endodonticamente, uma vez que a quantidade de remanescente coronário afeta a sua resistência.^{2,3} A utilização de um pino intrarradicular tem demonstrado diminuir a fratura radicular em dentes com pouco remanescente coronário,^{2,3} além de melhorar a retenção da restauração coronária.⁴

A reabilitação de dentes tratados endodonticamente envolve uma análise minuciosa das condições do paciente e a seleção cuidadosa de materiais e técnicas para atingir não apenas a retenção da restauração, mas também o restabelecimento da função e estética, contribuindo para a preservação a longo prazo desses elementos na cavidade oral. É relevante destacar que a escolha do material no qual o pino intrarradicular é confeccionado pode influenciar diretamente no seu comportamento diante das paredes do canal, uma vez que as propriedades mecânicas dos materiais são diferentes.^{5,6} Com o avanço da tecnologia e o desenvolvimento de novas técnicas, surgem opções que vão além dos tradicionais pinos metálicos fundidos que trazem desvantagens tais como maior rigidez e falta de estética.⁷ Entre essas alternativas, os pinos de fibra de vidro têm ganhado destaque devido ao seu módulo de elasticidade próximo ao da dentina e à preferência por materiais livres de metal que proporcionem uma reabilitação estética e funcional.^{6,7} Além disso, a eliminação da fase laboratorial para sua confecção, é um ponto que favorece um tratamento mais simplificado e rápido.

Diversos estudos *in vitro* compararam a resistência à fratura de dentes reforçados com pino intrarradicular de fibra de vidro e metálico fundido,⁸⁻¹⁴ no entanto, os molares não tem sido um alvo comum nestes ensaios. A avaliação de diferentes dentes é requerida uma vez que eles possuem tolerância de força variada,¹⁵ e os molares são importantes nestes estudos porque, dentre os diferentes grupos dentais que constituem a arcada dentária, a região posterior é a que recebe maior força de mordida.¹⁶ Em relação à resistência destes dentes, um estudo demográfico realizado por Cohen *et al.*¹⁷ demonstrou que os molares, mais especificamente os inferiores, correspondem a 42,74% das fraturas verticais consideradas catastróficas. Assim, fica justificada a necessidade de comparar esses materiais utilizados na blindagem e reabilitação em molares inferiores.

A padronização dos espécimes é um ponto importante nos estudos laboratoriais. Embora os dentes naturais sejam valiosos para pesquisas desta natureza, os molares possuem uma grande variação devido à sua complexidade anatômica.¹ Desta maneira, alguns autores propuseram a utilização de dentes artificiais nestes tipos de ensaios.^{18,19} Com características mecânicas próximas à da dentina, eles podem substituir os dentes naturais, permitindo um ambiente experimental mais controlado, onde cargas e forças podem ser aplicadas de forma padronizada, facilitando a análise e compreensão das fraturas radiculares.

Assim, diante do exposto, o objetivo deste presente estudo foi comparar a resistência à fratura de molares inferiores artificiais tratados endodonticamente reforçados com pino de fibra de vidro ou metálico fundido de cromo-cobalto.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o presente estudo, o cálculo amostral foi realizado com o G*Power software 3.1 (Franz Faul, Unisersität Kiel, Germany) utilizando média e desvio padrão da força de compressão máxima adquiridos em estudo piloto. O tamanho do efeito foi de 1.75, com erro tipo alfa de 0.05 e poder beta de 0.8, o que determinaram um total de 5 amostras por grupo. Sendo assim, optou-se no número de 10 amostras por grupo para compensar possíveis falhas que não fossem de fratura radicular.

Vinte molares inferiores artificiais (IM do Brasil, São Paulo, SP, Brasil) tiveram suas coroas removidas utilizando um disco de aço diamantado em baixa rotação resultando num comprimento radicular padrão de 15 mm.

Os três canais de cada dente foram explorados com uma lima manual tipo K #10 e #15 (Dentsply Sirona, Ballaigues, VD, Switzerland), e então, preparados com o sistema WaveOne GOLD (Dentsply Sirona) utilizando motor elétrico X-Smart Plus (Dentsply Maillefer, Ballaigues, VD, Switzerland) na programação recíprocante "WaveOne GOLD" no comprimento de trabalho estabelecido em 14 mm. Primeiramente, a lima Primary (25/.07) foi inserida no canal por terços utilizando movimentos de bicada até atingir o comprimento de trabalho, seguida da lima Medium (35/.06), finalizando com a lima Large (45/.05) todas na mesma cinemática. A irrigação durante o preparo foi realizada com hipoclorito de sódio 2,5% (Fórmula e Ação, São Paulo, SP, Brasil) em seringa com agulha de saída lateral (Ultradent, Salt Lake City, UT, USA) em movimentos de vai-e-vem a 2 mm do comprimento total do dente. Assim, um cone de guta-percha WaveOne Gold Large (Dentsply Sirona) foi testado no canal para checar seu comprimento e travamento, e na sequência, mantido em uma gaze umedecida com hipoclorito de sódio 2,5% até o momento da obturação.

Após o preparo dos canais e prova dos cones de guta-percha, a irrigação final foi feita utilizando 5 ml de EDTA 17% (Fórmula e Ação), seguido de 5 ml de hipoclorito de sódio 2,5%, e finalmente, 5 ml de água destilada. Posteriormente, os canais foram secos utilizando cânulas de aspiração Capillary Tip (Ultradent) e cones de papel estéreis WaveOne Gold Large (Dentsply Sirona).

Para a obtenção dos canais mesiais se utilizou a técnica de cone único, onde o cone selecionado foi envolto pelo cimento obturador AHPlus (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, BW, Germany) e introduzido nos canais com movimentos de pincelamento contra as paredes até o comprimento de trabalho. Em seguida, o cone foi cortado na entrada do canal utilizando uma ponta ultrassônica (E6, NSK, Kanuma, Japão) em aparelho ultrassônico (Varios 370, NSK, Kanuma, Japão) na potência máxima sem refrigeração, e condensado com um calcador tipo paiva frio (Golgran, São Caetano do Sul, SP, Brasil).

A obturação do canal distal foi feita de acordo com a técnica do cone cortado proposta por Machado *et al.*²⁰, onde, primeiramente o cimento obturador AHPlus foi levado ao terço apical do canal com auxílio de um cone de papel. Então, o cone WaveOne Gold Large previamente selecionado foi cortado nos 4mm finais com auxílio de uma lâmina de bisturi (Shann Morton, Sheffield, England) e introduzido ao canal radicular com auxílio de uma pinça tipo perry pediátrica com canaleta (Golgran) e levado ao terço apical utilizando um calcador mais calibroso, sendo então, condensado com um calcador tipo schilder (Timon, São Paulo, SP, Brasil) de adaptação justa nos 5mm aquém do comprimento de trabalho. Logo, foi realizada a limpeza final com algodão umedecido de álcool.

As amostras foram distribuídas em dois grupos (n=10) de acordo com o tipo de retentor intrarradicular a ser instalado no canal distal:

Grupo PFV - utilizou-se de um pino fibra de vidro pré-fabricado 0,5 (Angelus Indústria de Produtos Odontológicos, Londrina, PR, Brasil). A superfície dos pinos foi inicialmente limpa com álcool 70% (Needs, São Paulo, SP, Brasil), e após um período de 30 segundos para sua evaporação, o agente silano (Dentsply Sirona) foi aplicado 60 segundos, seguido do adesivo (Prime & Bond Universal, Dentsply Sirona) que foi polimerizado por 20 segundos (VALO, Ultradent, Salt Lake City, UT, USA).

Grupo PNM - utilizou-se de um núcleo metálico fundido de cromo-cobalto confeccionado em laboratório profissional a partir da moldagem direta do conduto utilizando silicone fluido (Oranwash, Zhermack, Badia Polesine, RO, Itália). Os pinos foram testados dentro do canal para checar a adaptação, e em seguida, foram desinfetados com álcool 70% durante 2 minutos.

As paredes dos canais distais foram limpas com álcool a 70% utilizando um micro aplicador extra-fino longo, e após sua evaporação, o ácido fosfórico 37% foi aplicado por 15 segundos. Então, as paredes foram lavadas com água destilada e secadas com cones de papel WaveOne Gold Large, finalizando com a aplicação de adesivo (Prime & Bond Universal, Dentsply Sirona) fotopolimerizado durante 20 segundos.

Ambos os grupos foram cimentados com o cimento Panavia V5 paste (Kuraray America, Houston, TX, USA). O cimento foi misturado por meio da ponta misturadora do produto sendo injetada diretamente no canal e sobre a superfície do pino. O pino foi inserido no canal, o excesso de cimento foi removido com uma sonda exploradora n° 5 (Hu-Friedy, Chicago, IL, USA), finalizando com a polimerização em cada face dentinária durante 20

segundos.

Sobre os pinos de fibra de vidro foi construído um munhão em resina composta nanohíbrida (Z350, 3M ESPE, St. Paul, MN, EUA) com altura de 1,5 mm.

Após a instalação dos pinos, as raízes foram envoltas com papel alumínio (Wyda Com. Imp. Ltda, Sorocaba, São Paulo, Brasil) e assim incluídas no cilindro de PVC com dimensões de 25 mm de diâmetro e 30 mm de altura, preenchidos com resina acrílica autopolimerizável (Jet, Clássico, São Paulo, SP, Brasil) na fase plástica de polimerização de modo que ficasse 2 mm de remanescente dentinário exposto da resina. As raízes envoltas com papel alumínio foram removidas da resina acrílica polimerizada e o papel de alumínio retirado para aplicação de silicone fluido (Oranwash, Zhermack, Badia Polesine, RO, Itália) sobre a raiz, sendo novamente incluída no nicho criado em resina acrílica para a simulação do ligamento periodontal. O excesso de silicone foi removido com a sonda exploradora n° 5.

Os corpos de prova foram levados individualmente a uma máquina de ensaio universal (Instron Universal Test 2519-107, Instron, Norwood, MA, EUA) no departamento de Engenharia civil da Universidade de São Paulo. As amostras foram fixadas na máquina por meio de um suporte de aço inoxidável inclinado em ângulo de 45° em relação ao plano horizontal com uma cavidade cilíndrica no centro. Assim, a carga de compressão foi aplicada sobre a superfície do munhão numa carga de 0,5 mm/min até que a máquina detectasse alguma quebra na amostra. O valor da carga máxima foi registrado em newtons para comparação estatística entre os grupos.

Após o teste mecânico, as amostras foram retiradas do tubo de PVC e submetida a uma inspeção visual com auxílio de uma lupa de aumento de 3,5 vezes (Super Scope, Kikutani, Japão), identificando as falhas e as classificando como reparáveis ou catastróficas, com base na extensão do dano causado a estrutura radicular. As fraturas radiculares foram consideradas reparáveis quando a linha de fratura se encontrava acima do nível da resina acrílica que simulava a crista óssea, e irreparáveis quando a linha de fratura se encontra abaixo do nível da resina acrílica.

Valores do teste mecânico de compressão referente a amostras em que a fratura não tenha ocorrido na estrutura dentinária foram excluídos, e os demais dados foram submetidos ao teste de shapiro-wilk para verificar a curva de normalidade, o que levou ao teste de T-independente para comparação dos grupos, ambos com nível de significância de 5%.

RESULTADOS

A comparação entre os grupos demonstrou que as raízes com pino de metálico fundido suportaram maior força mecânica que as raízes com fibra de vidro ($p < 0.05$), apresentando média de 1194N e 650N, respectivamente. Todavia, maior parte das fraturas no grupo de pino metálico ocorreu no terço apical das raízes enquanto no grupo do pino de fibra de fibra foi na região cervical (Figura 1). Três amostras do grupo com fibra de vidro tiveram quebra do munhão antes de fraturar o dente, e por isso foram excluídas da estatística. Todas as fraturas ocorridas no grupo de

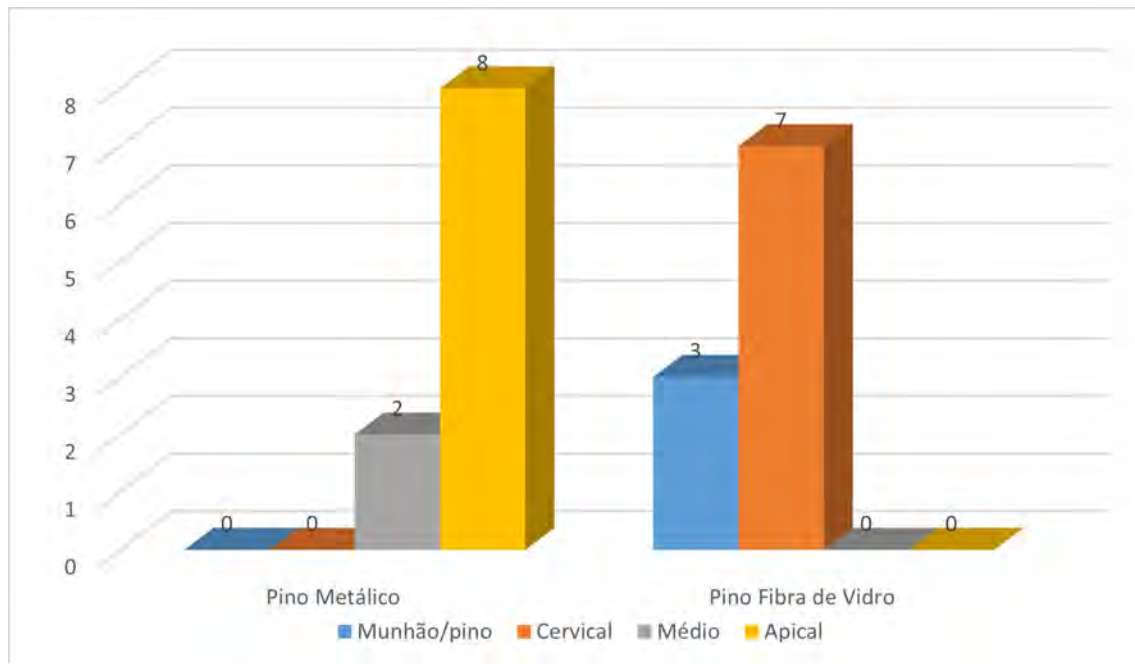


FIGURA 1

Localização da fratura após força aplicada sobre molares inferiores com pino metálico ou de fibra de vidro

TABELA 1

Tabela de frequência (%) da localização da fratura para cada grupo experimental após ensaio mecânico sobre os molares inferiores

Grupo	Fratura munhao/pino	Fratura radicular		
		Cervical	Médio	Apical
PFV	30%	70%	0%	0%
PNM	0%	0%	20%	80%

fibra de vidro foram do tipo favorável, enquanto no grupo metálico fundido foram desfavoráveis. A frequência em porcentagem das fraturas de acordo com sua localização em cada grupo estudado pode ser observada na tabela 1.

DISCUSSÃO

Diversas técnicas têm sido descritas para reabilitar dentes posteriores com tratamento endodôntico, mas na maioria dos casos, a restauração de molares tratados não requer o uso de pinos, uma vez que sua grande câmara pulpar fornece retenção adequada para a reconstrução coronária.²¹ No entanto, quando a

perda de estrutura dentária coronária é extensa, o uso de um retentor intrarradicular é indicado para maior retenção e reforçar toda a estrutura dentinária contra fraturas.²⁻⁴ Os materiais que compõem estes retentores levam a um comportamento variado quando submetidos a uma força,⁵ o que nos levou a questionar a diferença entre o núcleo metálico fundido e o pino de fibra de vidro associado a um munhão em resina composta para reforçar a estrutura de molares tratados endodonticamente.

Para a comparação entre os grupos, a coroa foi removida seguindo estudos in vitro que avaliaram a resistência radicular à força de compressão,^{8,11,14,15,22-24} além disso, a remoção da coroa

permite simular um dente em condição de perda grave de estrutura coronária. O uso de uma coroa protética sobre o munhão tem sido utilizado por alguns autores antes da aplicação do teste *in vitro*,^{8,11,14,15} todavia, no presente estudo, a força de compressão foi aplicada diretamente sobre o munhão da amostra como também tem sido descrita na literatura por outros autores.²²⁻²⁴ Este é um fator importante uma vez que o objetivo do estudo foi avaliar se os dois tipos retentores intrarradiculares tinham influência sobre a resistência da estrutura dentinária radicular diante de uma força aplicada; e a utilização de uma coroa protética durante o teste poderia influenciar nos resultados.⁵

Para a obturação do canal radicular que recebeu o pino, a técnica do cone cortado proposta por Machado *et al.*²⁰ foi utilizada, no qual a obturação é segmentada. Nesta técnica, é utilizado um fragmento apical de um cone de guta-percha bem adaptado ao preparo no qual irá obturar somente do terço apical do canal. Desta maneira, os terços cervical e médio serão apenas limpados e secados sem a necessidade de uma desobturação, proporcionando assim, túbulos dentinários desobstruídos para receber o cimento do pino. Esta técnica torna-se bem interessante uma vez que a literatura tem demonstrado que uma das principais falhas da longevidade clínica do pino de fibra de vidro cimentando após a desobturação convencional é o seu descolamento do canal radicular provavelmente causado pela baixa adesividade às paredes.²⁵

Com a aplicação da metodologia descrita, foi observado que a maior resistência à fratura ocorreu nos molares reforçados com pino metálico fundido (1194N) em comparação ao pino de fibra de vidro (650N). A literatura focando outros grupos dentários tem mostrado resultados conflitantes na comparação entre pino metálico fundido e fibra de vidro, uma vez que alguns estudos apresentaram similaridade entre eles,^{8,11,14,15,26} outros apresentaram maior resistência radicular a favor do pino metálico fundido,^{10,13} e outros a favor do pino de fibra de vidro.⁹ No entanto, estes resultados não podem ser confrontados ao presente estudo porque estes autores utilizaram uma coroa protética para assim aplicar a força sobre o espécime. Os molares foram avaliados por Castro *et al.*¹⁵, que encontraram similaridade entre o pino metálico fundido e fibra de vidro, mas estes autores também utilizaram de uma coroa protética sobre o munhão.

Quando a fratura radicular do dente com pino de fibra de vidro ocorreu, ela aconteceu na região de borda cervical dos espécimes. De acordo com Pegoretti *et al.*²⁷ (2002), embora este material seja mais flexível e menos rígido que o metal, ele possui uma concentração de força nesta região, justificando estas fraturas caracterizadas como do tipo favorável. Além disso, diferente do metal, o compósito de fibra de vidro apresenta os menores picos de tensão dentro da raiz porque sua rigidez é muito semelhante à da dentina.²⁷ Estes resultados estão de acordo com diversos outros autores que encontraram fraturas mais favoráveis quando o pino de fibra de vidro foi utilizado,^{10,15,26} e que também foi confirmado por Zhou e Wang¹² por meio de uma revisão sistemática de estudos *in vitro*. As fraturas catastróficas predominantes no grupo do núcleo metálico fundido podem ser

explicadas pela maior concentração de estresse na interface retentor/parede do canal.²⁷

Além da fratura radicular próxima à crista óssea simulada, a quebra do munhão ocorreu em alguns espécimes do grupo reforçado com pino de fibra de vidro. A tensão localizada na parte superior envolvendo a região de união entre os componentes pino de fibra e munhão poderia ser uma possível explicação para estes achados.²⁷ Além disso, deve-se levar em consideração que o núcleo metálico fundido é uma peça inteira que inclui o munhão coronário sobre o pino durante o processo de fundição. Segundo estudo de Aggarwal *et al.*⁹ a quantidade de força máxima suportada em dentes com pino metálico fundido não é interferida pelo munhão inteiro ou não, mas a unidade inteira, como no presente estudo, leva a uma maior quantidade de falhas do tipo catastrófica. A quebra do munhão de resina em pinos de fibra de vidro caracterizada como favorável também foi uma falha comum observada por Papadopoulos *et al.*²⁸

É importante destacar que os estudos *in vitro* são importantes para entender o comportamento de uma determinada técnica ou material num ambiente padronizado e são a base para a evolução do conhecimento. No entanto, é fundamental exercer um alto grau de cuidado ao aplicar esses resultados em situações clínicas reais, devido às distinções significativas entre os ambientes de laboratório e as práticas clínicas. A carga de força recebida pelos dentes numa determinada situação clínica *in vivo* é influenciada por diversos fatores tais como número de dentes adjacentes, contato oclusal e posição dos dentes na arcada dentária.^{29,30} Além disso, embora o método de carga de compressão estática seja o método mais utilizado nas avaliações de resistência à fratura, deve-se considerar que a carga mastigatória no qual os dentes são submetidos acontece de forma dinâmica.¹² Assim, futuros estudos adicionais focando essas variações devem ser realizados para complementar e confirmar os achados do presente estudo.

CONCLUSÃO

Com base na metodologia aplicada, pode-se concluir que o pino metálico fundido de cromo-cobalto resultou em maior resistência à compressão que o pino de fibra de vidro em molares inferiores artificiais, porém fratura que ocorre neste tipo de pino é do tipo catastrófico.

APLICAÇÃO CLÍNICA

Embora os estudos *in vitro* não possam ser extrapolados para a clínica, ele é necessário para avaliar, de forma isolada, cada variável que compõe uma determinada situação. É a partir de um conjunto de avaliações isoladas que se busca entender o comportamento clínico complexo e multifatorial. Neste particular, pode-se observar no presente estudo que a capacidade de reforço de um dente tratado endodonticamente e com grande perda de estrutura coronária pode não estar a favor de possíveis falhas favoráveis que um pino intrarradicular pode proporcionar, a exemplo dos pinos metálicos fundidos que apesar de levar a uma maior a resistência radicular, eles promovem fraturas catas-

tróficas. O tipo de falha deve ser levado em consideração porque é a partir dele que será possível analisar o prognóstico clínico provável relacionado à longevidade do dente uma vez que um determinado material pode resultar num aumento de força, mas se ele leva a uma fratura do tipo catastrófica, o dente é perdido. Em contrapartida, se um material tem maior probabilidade de fratura e esta é do tipo reparável, o dente pode ser novamente restaurado e mantido em função na cavidade oral.

REFERÊNCIAS

- Machado MEL. Endodontia: ciência e tecnologia. 3ª. ed. São Paulo: Quintessence editora; 2016.
- Mangold JT, Kern M. Influence of glass-fiber posts on the fracture resistance and failure pattern of endodontically treated premolars with varying substance loss: an in vitro study. *J Prosthet Dent* 2011;105(6):387-93.
- Zhu Z, Dong XY, He S, Pan X, Tang L. Effect of post placement on the restoration of endodontically treated teeth: A systematic review. *Int J Prosthodont* 2015;28(5):475-83.
- von Stein-Lausnitz M, Bruhnke M, Rosentritt M, Sterzenbach G, Bitter K, Frankenberger R, et al. Direct restoration of endodontically treated maxillary central incisors: post or no post at all? *Clin Oral Investig* 2019;23(1):381-9.
- Cormier CJ, Burns DR, Moon P. In vitro comparison of the fracture resistance and failure mode of fiber, ceramic, and conventional post systems at various stages of restoration. *J Prosthodont* 2001;10(1):26-36.
- Madfa AA, Kadir MR, Kashani J, et al. Stress distributions in maxillary central incisors restored with various types of post materials and designs. *Med Eng Phys* 2014;36(7):962-7.
- Plotino G, Grande NM, Bedini R, Pameijer CH, Somma F. Flexural properties of endodontic posts and human root dentin. *Dent Mater* 2007;23(9):1129-35.
- Abduljabbar T, Sherfudhin H, AlSaleh SA, Al-Helal AA, Al-Orini SS, Al-Aql NA. Fracture resistance of three post and core systems in endodontically treated teeth restored with all-ceramic crowns. *King Saud Univ J Dent Sci* 2012;3(1):33-8.
- Aggarwal R, Gupta S, Tandan A, Gupta NK, Dwivedi R, Aggarwal R. Comparative evaluation of fracture resistance of various post systems using different luting agents under tangential loading. *J Oral Biol Craniofac Res* 2013;3(2):63-7.
- Bacchi A, dos Santos MB, Pimentel MJ, Caetano CR, Sinhoreti MA, Consani RL. Influence of post-thickness and material on the fracture strength of teeth with reduced coronal structure. *J Conserv Dent* 2013;16(2):139-43.
- Jindal S, Jindal R, Gupta K, Mahajan S, Garg S. Comparative evaluation of the reinforcing effect of different post systems in the restoration of endodontically treated human anterior teeth at two different lengths of post space preparation- an in vitro study. *J Dent (Tehran)* 2013;10(2):124-33.
- Zhou L, Wang Q. Comparison of fracture resistance between cast posts and fiber posts: a meta-analysis of literature. *J Endod* 2013;39(1):11-5.
- Pereira JR, do Valle AL, Shiratori FK, Ghizoni JS, Bonfante EA. The effect of post material on the characteristic strength of fatigued endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 2014;112(5):1225-30.
- Habibzadeh S, Rajati HR, Hajmiragha H, Esmailzadeh S, Kharazifard M. Fracture resistances of zirconia, cast Ni-Cr, and fiber-glass composite posts under all-ceramic crowns in endodontically treated premolars. *J Adv Prosthodont* 2017;9(3):170-5.
- Castro CG, Santana FR, Roscoe MG, Simamoto PC Jr, Santos-Filho PC, Soares CJ. Fracture resistance and mode of failure of various types of root filled teeth. *Int Endod J* 2012;45(9):840-7.
- Bueno PM, Kiemle Trindade PA, Medeiros LH, Silva MM, Scamparin L, Garcia-Usó M, Trindade-Suedam IK. Bite force assessment before and after orthognathic surgery in individuals with repaired cleft lip and palate. *J Oral Biol Craniofac Res* 2021;11(2):138-142.
- Cohen S, Berman LH, Blanco L, Bakland L, Kim JS. A demographic analysis of vertical root fractures. *J Endod* 2006;32(12):1160-3.
- Ottl P, Hahn L, Lauer HCh, Fay M. Fracture characteristics of carbon fibre, ceramic and non-palladium endodontic post systems at monotonously increasing loads. *J Oral Rehabil* 2002;29(2):175-83.
- Wang HW, Chang YH, Lin CL. Mechanical resistance evaluation of a novel anatomical short glass fiber reinforced post in artificial endodontically treated premolar under rotational/lateral fracture fatigue testing. *Dent Mater J* 2016;35(2):233-40.
- Machado MEL, Machado SBL, Nabeshima CK, Caballero-Flores H, Valdivia-Cardenas JE, Santos RA. Tecnologia e técnica: protocolo clínico de endodontia e blindagem coronorradicular dentro de perspectivas atuais. In: Machado MEL, Duarte D. *Tecnologias e técnicas endodônticas: em busca da desinfecção ideal: blindagem*. 1ª. ed. Nova Odessa: Napoleão, 2020:16-33.
- Johnson JK, Schwartz NL, Blackwell RT. Evaluation and restoration of endodontically treated posterior teeth. *J Am Dent Assoc* 1976;93(3):597-605.
- Kivanc BH, Açam T, Ulusoy OI, Genç O, Görgül G. Fracture resistance of thin-walled roots restored with different post systems. *Int Endod J* 2009;42(11):997-1003.
- Stewardson DA, Shortall AC, Marquis PM. The effect of the elastic modulus of endodontic posts on static load failure. *Int Endod J* 2011;44(5):458-68.
- Podili S, Puthenkandathil R, Kulkarni MM, Alobaid MA, Valluri BP, Shaik ZA. Fracture resistance of different post-core systems: an in vitro study. *J Pharm Bioallied Sci* 2023;15(Suppl 1):S239-43.
- Marchionatti AME, Wandscher VF, Rippe MP, Kaizer OB, Valandro LF. Clinical performance and failure modes of pulpless teeth restored with posts: a systematic review. *Braz Oral Res* 2017;31:e64.
- Barcellos RR, Correia DP, Farina AP, Mesquita MF, Ferraz CC, Cecchin D. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with intra-radicular post: the effects of post system and dentine thickness. *J Biomech* 2013;46(15):2572-7.
- Pegoretti A, Fambri L, Zappini G, Bianchetti M. Finite element analysis of a glass fibre reinforced composite endodontic post. *Biomaterials* 2002;23(13):2667-82.
- Papadopoulos T, Papadogiannis D, Mouzakis DE, Giannadakis K, Papanicolaou G. Experimental and numerical determination of the mechanical response of teeth with reinforced posts. *Biomed Mater* 2010;5(3):35009.
- Kelly JR. Clinically relevant approach to failure testing of all-ceramic restorations. *J Prosthet Dent* 1999;81:652-61.
- Raedel M, Fiedler C, Jacoby S, Boening KW. Survival of teeth treated with cast post and cores: A retrospective analysis over an observation period of up to 19.5 years. *J Prosthet Dent* 2015;114(1):40-5.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Departamento de Engenharia civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo pela estrutura laboratorial. Trabalho baseado em uma Dissertação submetida à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Odontologia, área de concentração em Endodontia.