
PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DOS PINOS INTRA-RADICULARES E SEUS RESPECTIVOS SISTEMAS DE CIMENTAÇÃO: REVISÃO DE LITERATURA**PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF INTRA-RADICULAR POSTS AND IT'S RESPECTIVE CEMENTING SYSTEMS: LITERATURE REVIEW**Luis Eduardo Moreira ALVES¹Fabio dos Passos GONÇALVES¹Allan Gustavo NAGATA²Gustavo Ross KINDER²Ana Paula Gebert de Oliveira FRANCO³

RESUMO

Introdução: Dentes tratados endodonticamente, com grande perda tecidual coronária, necessitam da fixação de pinos ou núcleos como meios de retenção do material de reconstrução da coroa dental. **Objetivo:** realizar uma revisão da literatura no que se refere aos tipos de pinos e cimentos disponíveis, suas propriedades e indicações. **Metodologia:** A busca de artigos científicos foi realizada na base de dados Pubmed com as seguintes palavras-chave: glass fiber posts, metallic posts, pre fabricated posts, cast cores, glass ionomer cements e resin cements. **Resultados:** Foram encontrados 12351 artigos, desses foram revisados 60 artigos e selecionados 53 artigos referentes ao tema do presente estudo. **Considerações finais:** Nos últimos dez anos foram desenvolvidos novos agentes de cimentação visando a fixação de pinos estéticos e a melhoria das propriedades de retenção e polimerização. Considerando-se a literatura pesquisada, pinos de fibra de vidro e quartzo são dispositivos de escolha devido às suas propriedades mecânicas, adesivas e comportamento biomecânico atuando na prevenção de fraturas irreversíveis dentais. Cimentos resinosos duais autoadesivos e ionoméricos modificados por resina são os mais recomendados para a cimentação desses pinos devido à simplicidade de técnica, boas propriedades adesivas e expansão higroscópica que favorece a sua retenção friccional.

PALAVRAS-CHAVE: pinos pré-fabricados, pinos metálicos, pinos de fibra de vidro, cimentos resinosos, cimentos de ionômero de vidro.

ABSTRACT

Introduction: Endodontically treated teeth with great coronary tissue loss require the fixation of cast cores or as means of retention of the dental crown reconstruction material. **Objective:** was to conduct a literature review regarding the types of pins and cements available, their properties and indications. **Method:** The search for scientific papers was performed in the Pubmed database with the following keywords: glass fiber posts, metallic posts, prefabricated posts, glass ionomer cements and resin cements. **Results:** A total of the 12351 papers were found, from which 60 papers were reviewed, and 53 papers referring to the subject of the presente study were selected. **Final considerations:** In the last ten years, new cementing agents have been developed to fix aesthetic posts, and improve retention, and polymerization properties. Regarding the researched literature, glass fiber posts and quartz posts are devices of choice due to their mechanical, adhesive and biomechanical properties acting in the prevention of irreversible dental fractures. Dual self-adhesive resin cements and resin-modified ionomeric cements are the most recommended for the cementation of these posts due to the simplicity of the technique, good adhesive properties and hygroscopic expansion that favors their frictional retention.

KEYWORDS: prefabricated posts, metallic posts, glass fiber posts, resin cements, glass ionomer cements

¹ Acadêmico do Curso de Odontologia da Faculdade Herrero – Curitiba – PR.

² Mestre em Odontologia, Professor do Curso de Odontologia da Faculdade Herrero – Curitiba – PR.

³ Doutora em Odontologia, Professora do Curso de Odontologia da Faculdade Herrero – Curitiba – PR.

E-mail: anapaula.gebert@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Dentes tratados endodonticamente que apresentam perda de mais de 50% da sua estrutura coronária devido a cáries e fraturas são candidatos à utilização de pinos intrarradiculares^{1, 2}. Nesses casos os pinos apresentam a função de reter o material de reconstrução coronária e são classificados de acordo com a forma de confecção em pré-fabricados ou fundidos, ou ainda de acordo com sua composição: metálicos, cerâmicos, pinos de fibra de vidro e quartzo.

Em relação às propriedades mecânicas, os núcleos metálicos fundidos, pinos pré-fabricados metálicos e pinos cerâmicos de zircônia apresentam valores de módulo de elasticidade muito elevados. Essa excessiva rigidez induz à concentração das forças mastigatórias em regiões mais apicais da raiz, podendo resultar em fraturas radiculares irreversíveis, havendo assim, a necessidade de exodontia do elemento dental^{3, 4}.

Já os pinos de fibra de vidro e quartzo apresentam valores de módulo de elasticidade semelhantes ao da dentina, o que faz com que haja um comportamento biomecânico semelhante ao do dente natural, isto é, as forças mastigatórias se concentram na região cervico-vestibular da coroa dental. A biomecânica destes é mais favorável, se comparada aos pinos anteriormente citados. No caso da ocorrência de fraturas, essas normalmente ocorrerão na região cervical da coroa dental, permitindo a remoção do pino e nova reabilitação do dente³.

A fixação dos retentores intrarradiculares é realizada por meio de cimentos odontológicos. Classicamente os núcleos metálicos fundidos são cimentados utilizando-se cimento fosfato de zinco, embora outros cimentos possam também ser utilizados, como os cimentos resinosos e cimentos de ionômero de vidro.

Para os pinos de fibra de vidro e quartzo, a literatura indica que sejam fixados por meio de cimentos resinosos odontológicos. A base destes cimentos é o sistema monomérico Bis-GMA (Bisfenol-A metacrilato de glicidila) em combinação com monômeros de baixa viscosidade, além de cargas inorgânicas (vidros com carga metálica, SiO₂) tratadas com silano. As partículas inorgânicas se apresentam nas formas angulares, esféricas ou arredondadas, com conteúdo em peso variando entre 36 a 77% e diâmetro médio variando entre 10 a 15µm¹.

De acordo com seu processo de polimerização esses cimentos podem ser autopolimerizáveis, fotopolimerizáveis ou duais. Os autopolimerizáveis tomam presa por meio da mistura das pastas base e catalisadora. O peróxido de benzoíla e a amina terciária são iniciadores químicos de polimerização nesses cimentos não dependendo, portanto, da fotoativação para tomarem presa. Os cimentos fotoativados são iniciados pela luz azul dos aparelhos de LED que apresentam um pico de emissão

de luz de 470nm, coincidindo com o pico de absorção máxima da canforoquinona^{5,6}. Pelo fato de sua presa ser exclusivamente dependente da luz, esses cimentos não são indicados para a fixação de pinos no interior dos canais radiculares. Nos cimentos resinosos duais, a reação de polimerização é iniciada pela emissão da luz visível e por reação química (peróxido de benzoíla), monômeros fotoiniciadores, como as cetonas aromáticas (canforoquinona) e aminas promotoras da reação de polimerização. Essa categoria serve para assegurar a completa polimerização do cimento em locais onde a luz não é capaz de alcançar^{1,2}.

Os cimentos resinosos autopolimerizáveis e duais convencionais são indicados para a fixação de pinos de fibra de vidro e quartzo nos canais radiculares. Entretanto, requerem inúmeros passos clínicos no que se refere ao tratamento da dentina intrarradicular e do pino, o que torna sua técnica sensível⁷. Assim, com o objetivo de simplificar a técnica e reduzir o tempo clínico, os cimentos resinosos duais autoadesivos foram desenvolvidos. Esses cimentos requerem apenas o tratamento do pino e não existe a necessidade de preparo da dentina intrarradicular.

Além dos cimentos resinosos, os ionoméricos convencionais e modificados por resina podem ser uma opção para pinos intrarradiculares, com a finalidade de aumento de retenção⁸.

Apesar de existirem inúmeros estudos referentes ao comportamento biomecânico, indicações, vantagens e desvantagens dos diferentes sistemas de pino e de cimentação, existe a carência de um artigo que realize a união dessas informações para que o cirurgião-dentista clínico possa realizar com mais segurança a tomada de decisão em relação a esses sistemas.

Assim sendo, o objetivo desse estudo foi realizar uma revisão de literatura identificando quais os melhores sistemas de pinos e cimentos de fixação.

2. METODOLOGIA

A busca da literatura foi realizada na plataforma *Pubmed* utilizando-se o cruzamento dos seguintes descritores: “Glass fiber posts”, “Glass ionomer cements”, “Resin cements”, “Metallic posts”, “Prefabricated posts”, “Cast cores”. A busca contemplou apenas artigos na língua inglesa e foi realizada no período de janeiro a dezembro de 2020.

Foram identificados 12351 resultados. Após a leitura do título e resumo, 60 artigos foram selecionados para leitura completa devido à sua relevância referente ao tema. Ao final foram incluídos na revisão 50 artigos (Figura 1).

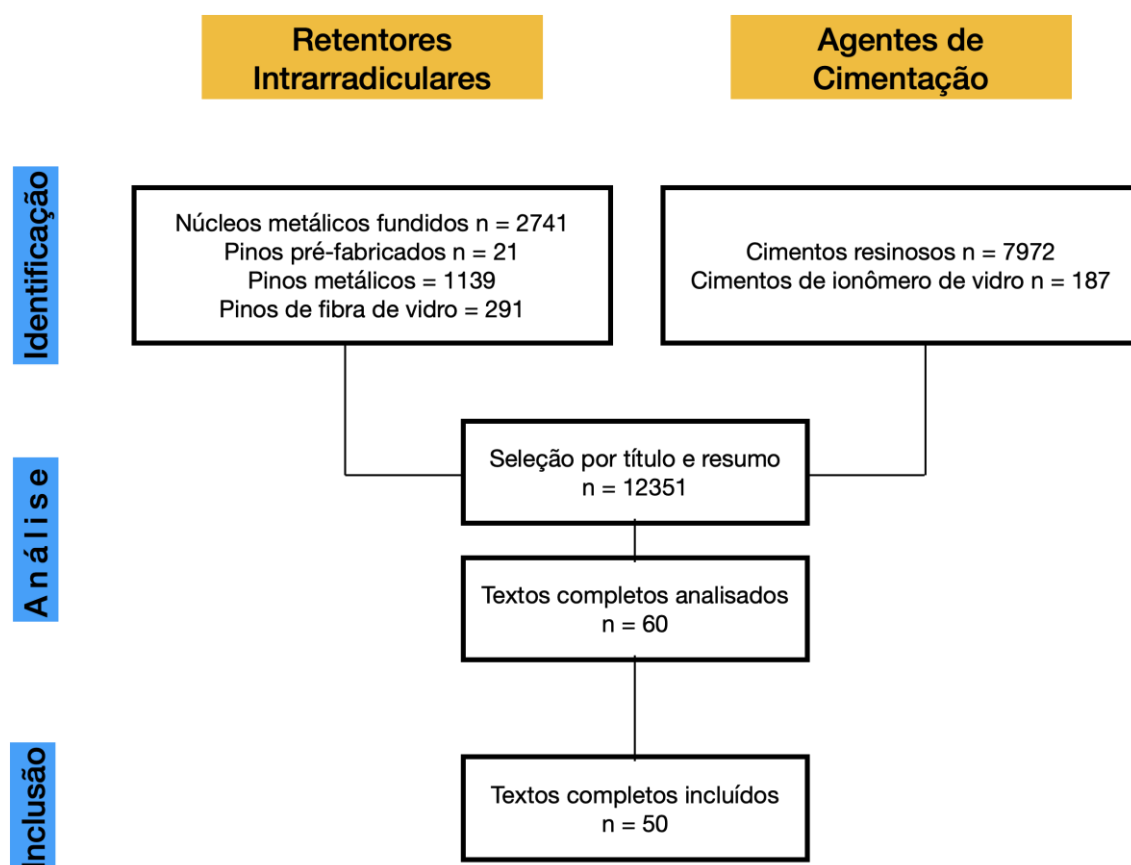


Figura 1. Diagrama de fluxo referente aos artigos selecionados para o presente estudo.

Os estudos incluídos nessa revisão de literatura fora: de investigação e comparação entre as propriedades físicas e mecânicas experimentais e computacionais; revisões de literatura; de investigação sobre a cinética de polimerização dos cimentos e sobre a capacidade de transmissão de luz dos pinos intrarradiculares; trabalhos publicados entre os anos de 1992-2021

Os critérios de exclusão foram: retentores intrarradiculares confeccionados manualmente por meio de fitas de polietileno; estudos em animais ou realizados “*in vitro*” com dentes de animais.

A seleção dos estudos foi realizada utilizando a plataforma digital Endnote (EndnoteX9, Thomson Reuters, Canada) inicialmente por meio da leitura dos títulos e dos resumos, sendo excluídos nessa fase estudos que se desviassem dos temas definidos. Após esta etapa, os artigos elegíveis foram analisados de forma integral seguindo os critérios de inclusão e exclusão pré-estabelecidos.

3. DISCUSSÃO

3.1 Retentores intrarradiculares

De acordo com a composição os pinos podem ser classificados em metálicos, cerâmicos e de fibra de vidro e quartzo. Entre os pinos metálicos temos os fundidos e os pré-fabricados. Os pinos metálicos em geral, apresentam boa adaptação às paredes do canal radicular, mas demonstram desvantagens estéticas por sua coloração acinzentada e corrosão a longo prazo⁹. Além disso, apresentam elevado módulo de elasticidade, o que confere grande rigidez e pode induzir a fraturas radiculares desfavoráveis e irreversíveis da raiz, com a possibilidade da perda do elemento dental¹⁰, outro ponto a ser observado é que os pinos metálicos pré-fabricados são inseridos na raiz por meio de rosqueamento, e se realizado de forma ativa, pode causar fissuras radiculares^{11, 12}.

Em contrapartida, os pinos cerâmicos de zircônia apresentam vantagens estéticas, porém assim como os metálicos, tem elevada rigidez estrutural, o que biomecanicamente não é desejado, pois podem levar a fraturas radiculares⁴. Além disso, necessitam de agentes de cimentação e/ou sistemas adesivos específicos que contenham monômeros à base de 10-MDP e 4-META na sua composição para proporcionar uma boa adesão aos cimentos resinosos¹³.

Já os pinos de fibra de vidro e quartzo têm sido muito bem indicados, pelo fato de apresentarem propriedades mecânicas semelhantes às da dentina, serem compatíveis com os procedimentos de reabilitação dental estéticos e demonstrarem boas propriedades adesivas. Seu comportamento biomecânico é mais favorável, promovendo uma maior distribuição das forças mastigatórias na estrutura radicular, reduzindo o risco de fraturas verticais¹⁴. Apesar disso, quando esses pinos são indicados para dentes que recebem cargas oblíquas em região cervical, requerem a presença de uma férula (remanescente coronário) de pelo menos 1mm de espessura¹³ e de 1,5 a 2mm de altura e abertura endodôntica de 1/3 do diâmetro total da raiz¹⁵.

3.2 Características e condições dentárias

O prognóstico de um dente tratado endodonticamente depende de vários fatores como adequada reconstrução coronária¹⁶, posição do dente no arco, material da restauração final, comprimento e espessura do pino e a presença ou ausência de férula¹⁷.

A quantidade de estrutura dental removida influencia diretamente na distribuição das tensões e resistência à fratura de um dente tratado endodonticamente¹⁸. A férula é composta de paredes remanescentes de dentina paralelas, que são envolvidas 360° pela margem da coroa se estendendo em direção coronária à porção fraturada do dente¹⁹. Para dentes que não a apresentam e recebem cargas oblíquas, ainda é recomendada a utilização de núcleos metálicos fundidos¹³, pois pinos de fibra de

vidro e quartzo não suportam elevadas forças de flexão e cisalhamento²⁰. As repetidas incidências de forças mastigatórias oblíquas promovem falha por fadiga do material, gerando fratura da resina epóxi e desfiamento das fibras de vidro.

A presença de férula em dentes submetidos a forças oblíquas é muito importante para uma melhor previsibilidade do tratamento com pinos, pois segundo o estudo de Bacchi *et al.*²⁰ (2019), a férula aumenta a resistência à fratura, independente, do tipo de pino utilizado. Os autores afirmam que a mesma apresenta um efeito protetor reduzindo estresses intrarradiculares e na estrutura do pino, proporcionando uma melhor distribuição das tensões ao longo do tecido dental remanescente, consequentemente, diminuindo a incidência de fraturas^{11, 19, 21, 22}. Porém, Fontana *et al.*¹³ (2019) afirmam que a altura ideal da férula deve ser de 2mm e sua espessura mínima deve ser de 1mm. Em seu estudo, houve uma elevada incidência de fraturas radiculares irreversíveis para remanescentes de 0,5mm de espessura, tanto para o núcleo metálico fundido como para o pino de fibra de vidro. Xie *et al.*²³ (2020) confirmam que a espessura ideal é maior ou igual a 1,5mm, com a finalidade de obter uma maior resistência à fratura, a cargas de fadiga e um melhor prognóstico a longo prazo. O estudo de Lazari *et al.*²⁴ (2018) enfatiza que a ausência de férula é prejudicial no caso de pinos de fibra de vidro submetidos a cargas oblíquas cíclicas de fadiga, podendo apresentar falha na face lingual, na interface entre o núcleo de preenchimento e a coroa de cerâmica.

Há relato na literatura de investigação da resistência à fratura de acordo com o número e localização das paredes de remanescente coronário, em dentes com férula parcial²⁵, observando uma correlação positiva entre o número de paredes de dentina remanescente e a resistência à fratura²⁶.

Nos casos de cargas verticais, o comportamento biomecânico é diferente. Santana *et al.*²⁷ (2011) encontraram falhas catastróficas com a presença de férula em molares, independente do material do pino (núcleo metálico fundido e pino de fibra de vidro), enquanto que em dentes sem férula, houve falhas catastróficas para os núcleos metálicos fundidos e falhas restauráveis para os pinos de fibra de vidro.

Caso a intenção seja não utilizar núcleos metálicos fundidos e houver a possibilidade de um tratamento multidisciplinar, baseado no tracionamento ortodôntico da raiz ou no aumento de coroa clínica, para obtenção de um remanescente coronário que funcione como férula, pode-se nesses casos optar pela utilização de pinos de fibra de vidro ou quartzo. Um fator determinante para a realização desses tratamentos multidisciplinares é o comprimento radicular e o suporte ósseo periodontal do elemento dental²⁸.

3.3 Transmissão da luz do aparelho fotoativador por meio de pinos de fibra de vidro e de quartzo

Um limitado grau de conversão pode afetar nas propriedades como dureza e resistência à fratura²⁹. Além disso, Caughman *et al.*³⁰ (2001); Braga *et al.*³¹ (2002) e Kumbuloglu *et al.*³² (2004) relataram em seus estudos que cimentos de presa dual não apresentam graus adequados de conversão na ausência da luz. Por esse motivo, pinos de quartzo têm sido sugeridos para melhorar a presa nos diferentes níveis intrarradiculares^{33,34}. No entanto, os trabalhos de Goracci *et al.*²⁸ (2008) Roberts *et al.*²⁹ (2004) e Morgan *et al.*³⁵ (2008) revelaram que na maioria dos pinos investigados a luz do fotoativador não consegue atingir regiões apicais da raiz.

Para Morgan *et al.*³⁵ (2008), o ideal é medir a transmissão da luz em função da área de seção transversal do pino no local de medição. Os autores afirmam que é necessário 1600J/cm² de energia para polimerizar um cimento resinoso de 2mm de espessura. Considerando-se uma fonte de luz que gera 400mW/cm² e uma camada de 50µm de espessura, seria necessário um tempo de fotoativação de 570s no terço apical, 200s para o terço médio e 90s para o terço cervical, o que corrobora com Lui³⁹ (2000) que revelou que a quantidade de luz é diretamente relacionada ao diâmetro do pino.

Goracci *et al.*²⁸ (2008) e Morgan *et al.*³⁵ (2008) afirmam que a composição dos pinos (tipo de monômero, tipo de partícula de carga e sua distribuição) e sua geometria na absorção e espalhamento da luz afetam a quantidade de luz transmitida às porções mais profundas do canal radicular.

3.4 Cimentos indicados

Os cimentos mais comumente indicados para pinos metálicos, sejam eles fundidos ou pré-fabricados são os à base de fosfato de zinco, uma vez que apresentam elevado índice de sucesso clínico na cimentação de peças metálicas odontológicas há mais de 100 anos e possuem custo-benefício favorável³⁷.

Outros cimentos também indicados são o ionômero de vidro convencional e o modificado por resina; esses interagem quimicamente com a estrutura dental através de uma ligação iônica de múltiplos grupos carboxílicos de ácido polialcenóico com o cálcio abundantemente disponível nos tecidos duros do dente³⁷, além de apresentarem elevada liberação de flúor, o que contribui para o processo de remineralização dentária³⁸.

No que se refere aos cimentos resinosos utilizados para a cimentação de pinos de fibra de vidro e quartzo, estão indicados os duais convencionais, duais autoadesivos e os ionoméricos modificados por resina³⁸.

Nos cimentos resinosos duais convencionais a reação de polimerização é iniciada pela emissão da luz visível e por reação química (peróxido de benzoíla), monômeros fotoiniciadores, como as cetonas aromáticas (canforoquinona) e aminas terciárias promotoras da reação de polimerização, assegurando assim a completa polimerização do cimento em locais onde a luz não é capaz de alcançar^{1, 2}.

Os cimentos resinosos duais autoadesivos diferem dos acima citados pelo fato de não necessitarem da realização prévia de preparo químico e micromecânico dos tecidos dentais (dentina) por meio do ácido fosfórico 37% por 15 segundos e aplicação de sistema adesivo¹⁸.

Os cimentos ionoméricos modificados por resina dual apresentam reação de presa ácido-base, reação de fotopolimerização do monômero solúvel na água (hidroxietilmetacrilato - HEMA) e iniciadores químicos que polimerizam os componentes metacrilatos presentes no material; essa característica permite que ocorra a polimerização na ausência da luz. Além disso, os cimentos ionoméricos apresentam propriedades viscoelásticas ideais para manter a integridade adesiva durante a contração de polimerização que ocorre nas fases iniciais da presa e que futuramente é compensada pela expansão higroscópica, ou seja, a absorção de parte da água presente na dentina intrarradicular pelo cimento³⁹. A expansão higroscópica tardia³⁸ favorece a resistência friccional dos pinos fixados no interior do canal radicular^{18, 39}.

Pulido *et al.*⁴⁰ (2021), ⁴¹ (2016) avaliaram a tensão de contração de polimerização dos cimentos resinosos dual e autoadesivo utilizados na fixação de pinos de fibra de vidro translúcidos e os resultados revelaram que as tensões de contração foram maiores para o terço cervical que para o apical. O cimento resinoso dual Relyx ARC[®] mostrou maiores valores de contração que o cimento autoadesivo Relyx U200[®] no terço cervical.

Baena *et al.*⁴² (2012) estudaram a microdureza Vickers de diferentes cimentos resinosos autopolimerizáveis (Multilink[®]) e autoadesivos (Maxcem Elite[®], RelyX Unicem[®], G-Cem[®] e Smartcem 2[®]). Relyx Unicem[®] e G-Cem[®] apresentaram os maiores valores de microdureza e maior quantidade de partículas de carga, enquanto o Multilink[®] mostrou os menores valores de microdureza e partículas de carga na sua composição e um sistema adesivo simplificado que é incompatível com o cimento. Considerando o valor de microdureza após a cimentação, observou-se que os cimentos G-Cem[®] e Multilink[®] não apresentaram redução do valor nas primeiras 24 horas e o cimento Smartcem 2[®] em 7 dias, demonstrando que a microdureza depende da reação química, da sensibilidade do cimento resinoso à irradiação luminosa e do tempo de reação de presa pós-irradiação.

Calixto *et al.*⁴³ (2012) observaram que os valores de resistência adesiva foram menores para o terço apical se comparado ao cervical, que fatores como controle de umidade, presença de gutapercha residual e incompleta hibridização da dentina podem resultar em deficiente adesão entre o cimento e a dentina no terço apical e que os sistemas adesivos convencionais de 3 passos e os autocondicionantes, quando combinados com cimentos resinosos, são uma boa opção para a fixação de pinos de fibra de vidro. Esse resultado corrobora com o encontrado por Migliau *et al.*⁴⁴ (2017) que verificaram um maior valor de resistência utilizando os sistemas adesivos convencionais de 3 passos e cimento resinoso dual, e um menor valor nos cimentos autoadesivos, diferentemente do estudo de Oslek *et al.*⁴⁵ (2019) que demonstrou um maior valor de resistência no cimento Maxcem Elite® (autoadesivo), justificando esse fato ao condicionamento ácido fosfórico 37% e sistema adesivo causarem excessiva rugosidade dentinária e infiltração incompleta e enfraquecimento da união. Soares *et al.*⁴⁶ (2012) também verificaram um maior valor de resistência adesiva no cimento autoadesivo Relyx U100® em comparação com o cimento resinoso dual convencional Relyx ARC®.

Franco *et al.*⁴⁷ (2018) analisaram a presença de fendas entre o cimento resinoso e a dentina intrarradicular utilizando um cimento resinoso dual convencional (Relyx ARC®) e um autoadesivo (Relyx U200®). Os resultados revelaram maior continuidade adesiva para o cimento resinoso dual autoadesivo, ainda encontraram menores valores de fendas para o terço cervical, mesmo resultado observado no estudo de Silva *et al.*⁷ (2011) que observou maiores valores no cimento resinoso dual autoadesivo Relyx U100® em comparação aos cimentos AllCem®, Relyx ARC® e Maxcem Elite®.

No quadro 1 estão dispostos os diferentes tipos de cimentos e suas respectivas indicações no que se refere aos pinos de diferentes composições (Quadro 1).

Quadro 1. Indicações dos cimentos odontológicos de diferentes composições.

Tipo de cimento	Indicação
Fosfato de zinco	Pinos metálicos fundidos Pinos pré-fabricado metálicos
Ionômero de vidro	Pinos metálicos fundidos Pinos pré-fabricados metálicos
Resinoso dual convencional	Pinos de fibra de vidro Pinos cerâmicos Pinos pré-fabricados fibra de vidro, quartzo e carbono

Resinoso dual autoadesivo	Pinos de fibra de vidro Pinos cerâmicos Pinos pré-fabricados fibra de vidro, quartzo e carbono
---------------------------	--

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os pinos de fibra de vidro e de quartzo são os dispositivos de escolha para casos de perda de grande quantidade de tecido remanescente coronário, devido às suas propriedades mecânicas, adesivas e seu comportamento biomecânico favorável, atuando na prevenção de fraturas irreversíveis dos elementos dentais. No que se refere aos materiais de cimentação para pinos de fibra de vidro e quartzo, os cimentos resinosos duais autoadesivos e os cimentos ionoméricos modificados por resina são preferidos, o primeiro pela simplicidade de técnica, boas propriedades adesivas e redução do tempo clínico; o segundo pela expansão higroscópica que favorece a retenção friccional dos pinos intrarradiculares.

REFERÊNCIAS

1. Cagidiaco MC, Goracci C, Garcia-Godoy F, Ferrari M. Clinical studies of fiber posts: a literature review. *Int J Prosthodont.* 2008;21(4):328-336.
2. Torbjörner A, Fransson B. A literature review on the prosthetic treatment of structurally compromised teeth. *Int J Prosthodont.* 2004;17(3):369-376.
3. Chuang SF, Yaman P, Herrero A, Dennison JB, Chang CH. Influence of post material and length on endodontically treated incisors: An in vitro and finite element study. *J Prosthet Dent.* 2010;104(6):379-88.
4. Hayashi M, Takahashi Y, Imazato S, Ebisu S. Fracture resistance of pulpless teeth restored with post-cores and crowns. *Dent Mater.* 2006;22(5):477-485.
5. Mills RW, Jandt KD, Ashworth SH. Dental composite depth of cure with halogen and blue light emitting diode technology. *Br Dent J.* 1999;186(8): 388-391.
6. Whitters CJ, Girkin JM, Carey J. Curing of dental composites by use of InGaN light-emitting diodes. *Opt Lett.* 1999;24(1):67-68.
7. Silva RAT, Coutinho M, Cardozo PI, Silva LA, Zorzatto JR. Conventional dual-cure versus self-adhesive resin cements in dentin bond integrity. *J Appl Oral Sci.* 2011;19(4):355-362.
8. Cury AH, Goracci C, Navarro MFL, Carvalho RM, Sadek FT, Tay FR, *et al.* Effect of the hygroscopic expansion on the push-out resistance of glass ionomer-based cements used for the luting of glass fiber posts. *J Endod.* 2006;32(6):537-540.
9. Salameh Z, Sorrentino R, Ounsi HF, Sadig W, Atiyeh F, Ferrari M. The effect of different full-coverage crown systems on fracture resistance and failure pattern of endodontically treated maxillary incisors restored with and without glass fiber posts. *J Endod.* 2008;34(7):842-846.
10. Santos-Filho PCS, Veríssimo C, Soares PV, Saltarello RC, Soares JC, Martins LRM. Influence of ferrule, post system, and length on biomechanical behavior of endodontically treated anterior teeth. *J Endod.* 2014;40(1):119-123.

11. Barcellos RR, Correia DPD, Farina AP, Mesquita MF, Ferraz CCR, 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): 2572-2577.
12. Coelho CSDM, Bif JCG, da Silva GR, Abrahão A, Campos RE, Soares CJ. Finite element analysis of weakened roots restored with composite resin and posts. *Dent Mater.* 2009;28(6): 671-678.
13. Fontana PE, Bohrer TC, Wandscher VF, Valandro LF, Limberger IF, Kaizer OB. Effect of ferrule thickness on fracture resistance of teeth restored with a glass fiber post or cast post. *Oper Dent.* 2019;44(6):E299-E308.
14. Watanabe MU, Ancheita RB, Rocha EP, Kina S, Almeida EO De, Freitas AC *et al.* Influence of crown ferrule heights and dowel material selection on the mechanical behavior of root filled teeth: a finite element analysis. *J Prosthodont.* 2012;21(4):304-311.
15. Uy JN, Neo JCL, Chan SH. The effect of tooth and foundation restoration heights on the load fatigue performance of cast crowns. *J Prosthet Dent.* 2010;104(5):318-324.
16. Ayad MF, Bahannan SA, Rosenstiel SF. Influence of irrigant, dowel type, and root-reinforcing material on fracture resistance of thin-walled endodontically treated teeth. *J Prosthodont.* 2011;20(3):180-189.
17. Stankiewicz NR, Wilson PR. The ferrule effect: a literature review. *Int Endod J.* 2002;35(7):575-581.
18. Torres-Sánchez C, Montoya-Salazar V, Córdoba P, Vélez C, Guzmán-Duran A, Gutierrez-Pérez JL, *et al.* Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with glass fiber reinforced posts and cast gold post and cores cemented with three cements. *J Prosthet Dent.* 2013;110(2):127-133.
19. Juloski J, Radovic I, Goracci C, Vulicevic ZR, Ferrari M. Ferrule effect: a literature review. *Journal of Endodontics.* 2012;38(1) 11-19.
20. Bacchi A, Caldas RA, Schmidt D, Detoni M, Souza MA, Cecchin D, *et al.* Fracture strength and stress distribution in premolars restored with cast post-and-cores or glass-fiber posts considering the influence of ferrule. *Biomed Res Int.* 2019; 3(1):31-38.
21. Pinto CL, Bhering CL, de Oliveira GR. The influence of post system design and material on the biomechanical behavior of teeth with little remaining coronal structure. *J Prosthodont.* 2019;28(1):e350-e356.
22. Juloski J, Apicella D, Ferrari M. The effect of ferrule height on stress distribution within a tooth restored with fibre posts and ceramic crown: a finite element analysis. *Dent Mater.* 2014;30(12):1304-1315.
23. Xie W, Yang S, Hai Q, Wang J. Effect of ferrule thickness on fracture resistance of endodontically treated incisors restored with fiber post and metal crown. *Int J Prosthodont.* 2020;33(3):321-327.
24. Lazari PC, Carvalho MA, Cury AADB, Magne P. Survival of extensively damaged endodontic treated incisors restored with different types of post-and-core foundation restoration material. *J Prosthet Dent.* 2018;119(5):769-776.
25. Mangold JT, Kern M. Influence of glass-fibre posts on the fracture resistance and failure pattern on endodontically treated premolars with varying substance loss: An in vitro study. *J Prosthet Dent.* 2011;105(6):387-393.
26. Ibrahim AM, Richards LC, Berakally TL. Effect of remaining tooth structure on the fracture resistance of endodontically-treated maxillary premolars: An in vitro study. *J Prosthet Dent.* 2016;115(3):290-295.
27. Santana FR, Castro CG, Simamoto-Junior PC, Soares PV, Quagliatto OS, Estrela C, *et al.* Influence of post-system and remaining coronal tooth tissue on biomechanical behavior of root filled molar teeth. *Int Endodon J.* 2011;44(5):386-394.
28. Goracci C, Corciolani G, Vichi A, Ferrari M. Light-transmitting ability of marketed fiber posts. *J Dent Res.* 2008;87(12):1122-1126.
29. Roberts HW, Leonard DL, Vandewalle KS, Cohen ME, Charlton DG. The effect of a translucent post on resin composite depth of cure. *Dent Mater.* 2004;20(7):617-622.
30. Caughman WF, Chan DC, Rueggeberg FA. Curing potential of dual polymerizable resin cements in simulated clinical situations. *J Prosthet Dent.* 2001;85(5):479-484.
31. Braga RR, César PF, Gonzaga CC. Mechanical properties of resin cements with different activation modes. *J Oral Rehabil.* 2002;29(3):257-266.

32. Kumbuloglu O, Lassila LV, User A, Vallittu PK. A study of the physical and chemical properties of four resin composites luting cements. *Int J Prosthodont*. 2004;17(3):357-363.
33. Yap AU. Effectiveness of polymerization in composite restoratives claiming bulk placement: impact of cavity depth and exposure time. *Oper Dent*. 2000;25(2):113-120.
34. Sigemori RM, Reis AF, Giannini M, Paulillo LA. Curing depth of a resin-modified glass-ionomer and two resin-based luting agents. *Oper Dent*. 2005;30(2):185-189.
35. Morgan LFSA, Peixoto RTRC, Albuquerque RC, Poletto LTA. Light transmission through a translucent fiber post. *J Endod*. 2008;34(3):299-302.
36. Lui JL. Depth of composite polymerization within simulated root canals using light transmitting posts. *Oper Dent*. 1994;19(5):165-168.
37. Lin A, McIntyre NS, Davidson RD. Studies on the adhesion of glass-ionomer cements to dentin. *J Dent Res*. 1992;71(11):1836- 1841.
38. Pereira JR, Rosa RA, Só MVR, Afonso D, Kuga MC, Honório HM, *et al*. Push-out bond strength of fiber posts to root dentin using glass ionomer and resin modified glass ionomer cements. *J Appl Oral Sci*. 2014;22(5):390-396.
39. Dauvillier BS, Feilzer A, De Gee AJ, Davidson CL. Visco-elastic parameters of dental restorative materials during setting. *J Dent Res*. 2000;79(3):818-823.
40. Pulido CA, Arrais CAG, Gomes GM, Franco APGO, Kalinowski HJ, Dávila-Sánchez A, *et al*. Kinetics of polymerization shrinkage of self-adhesive and conventional dual-polymerized resin luting agents inside the root canal. *J Prosthet Dent*. 2021;5(3):535-542.
41. Pulido CA, Franco APGO, Gomes GM, Bittencourt BF, Kalinowski HJ, Gomes JC, *et al*. An in situ of the polymerization shrinkage, degree of conversion, and bond strength of resin cements used for luting fiber posts. *J Prosthet Dent*. 2016;116(4):570-576.
42. Baena E, Fuentes MV, Garrido MA, Rodríguez J, Ceballos L. Influence of Post-cure Time on the Microhardness of Self-Adhesive Resin Cements Inside the Root Canal. *Oper Dent*. 2012;37(5):548-556.
43. Calixto LR, Bandéca MC, Clavijo V, Andrade MF, Geral Vaz L, Campos EA. Effect of resin cement system and root region on the push-out bond strength of a translucent fiber post. *Oper Dent*. 2012;37(1):80-86.
44. Migliau G, Piccoli L, Di Carlo S, Pompa G, Besharat LK, Dolci M. Comparison between three glass fiber post cementation techniques. *Ann Stomatol*. 2017;8(1):29-33.
45. Ozlek E, Neelakantan P, Matinlinna JP, Belli S, Ugur M, Kvut I. Adhesion of two new glass fiber post systems cemented with self-adhesive resin cements. *Dent J*. 2019;7(3):80.
46. Soares CJ, Pereira JC, Valdivia ADCM, Novais VR, Meneses MS. Influence of resin cement and post configuration on bond strength to root dentine. *Int Endod J*. 2012;45(2):136-145.
47. Franco APGO, Gomes OMM, Vieira S, Mazur RF. Evaluation of the adhesive interface of resin cements using electron microscope, *Int J Oral Dent Health*. 2018;4(1):1-7.