

## Retenção intracanal na reconstrução coronária de dentes tratados endodonticamente – uma revisão narrativa

### *Root intracanal posts on rehabilitation of endodontic treated teeth – a narrative review*

Valter Fernandes<sup>1</sup>, Sónia Ferreira<sup>1</sup>, António Melo-Ferraz<sup>1</sup>, Oscar Carvalho<sup>2</sup>, Filipe S. Silva<sup>2</sup>, Paulo Miller<sup>1</sup>, Júlio C. M. Souza<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciências Dentárias, Instituto Universitário de Ciências da Saúde (IUCS), CESPU, Rua Central de Gandra, 1317, 4584-116 Gandra PRD, Portugal;

<sup>2</sup>Center for MicroElectromechanical Systems (CMEMS-UMINHO), Universidade of Minho, Guimarães, Portugal.

\*✉ jsouza@dem.uminho.pt

#### Resumo

**Introdução:** Considerando o desempenho a longo prazo dos dentes tratados endodonticamente, são vários os fatores que podem conduzir ao insucesso, especialmente em estruturas dentárias com perda tecidual severa. **Objetivo:** O objetivo do presente trabalho foi realizar uma revisão narrativa da literatura relativa aos diferentes retentores intracanales para reconstrução coronária de dentes tratados endodonticamente. **Resultados:** Os resultados encontrados apontam para a importância da manutenção de estrutura dentária a nível coronário no sucesso clínico a longo prazo da reabilitação dentária. O tratamento endodôntico e a seleção de retentor intracanal são determinantes para o prognóstico clínico a longo prazo. **Conclusões:** Apesar da evolução dos materiais e técnicas adesivas nos últimos anos, há limitações mecânicas e geométricas dos materiais retentores intracanales para compensar a perda de estrutura dentária. Como consequência, falhas clínicas levam a situações de re-tratamento ou perda de elementos dentários com desconforto e maior custo aos pacientes.

**Palavras-chave:** retentores intracanales; retentores intra-radulares; adesão; pinos intra-radulares; restauração dentária.

#### Summary

**Introduction:** Considering the long-term performance of endodontically treated teeth, several factors can lead to mechanical failures, mainly in teeth involving excessive structural loss. **Objective:** The main purpose of this paper was to perform a narrative review on root intracanal posts on teeth with a lack of remnant tooth tissues. **Results:** Results from previous studies pointed out the importance of maintaining tooth structure at the coronary level for the long-term clinical success of endodontically treated teeth. Teeth root intracanal treatment and post type selection are dominant factors for further dental restoration. **Conclusions:** Even though the recent technological developments, mechanical and geometrical issues induce clinical failures and replacement of materials or loss of teeth tissues. Such issues cause considerable consequences for the patients such as discomfort and additional costs.

**Keywords:** Intracanal retention; intracanal post; adhesion; dental restoration.

#### 1. INTRODUÇÃO

O tratamento endodôntico tem como objetivo a prevenção e controlo da infeção dos tecidos pulpaes e periapicais permitindo a preservação dos dentes afetados (Ng *et al.*, 2011; Ordinola-Zapata *et al.*, 2020). Entretanto, a estrutura remanescente dos dentes submetidos ao tratamento endodôntico afeta as propriedades da dentina intra-radicular (Rippe *et al.*, 2014a). Sendo o principal fator de sucesso de uma restauração pós-endodôntica, a quantidade de estrutura dentária remanescente, acarreta um papel de enorme relevância no planeamento deste procedimento. Um dos fatores decisivos na reabilitação de dentes endodoncizados depende da utilização, ou não, de retentores intracanales (intra-radulares) como pinos (espigões) e núcleos (Eid *et al.*, 2019a; Pinto *et al.*, 2019). Em casos de perda estrutural severa, pinos intracanales servem apenas como meio de retenção para um núcleo restaurador que irá restabelecer a perda de

tecidos dentários permitindo também a dissipação de cargas oclusais (Bru *et al.*, 2013; Ibrahim *et al.*, 2016).

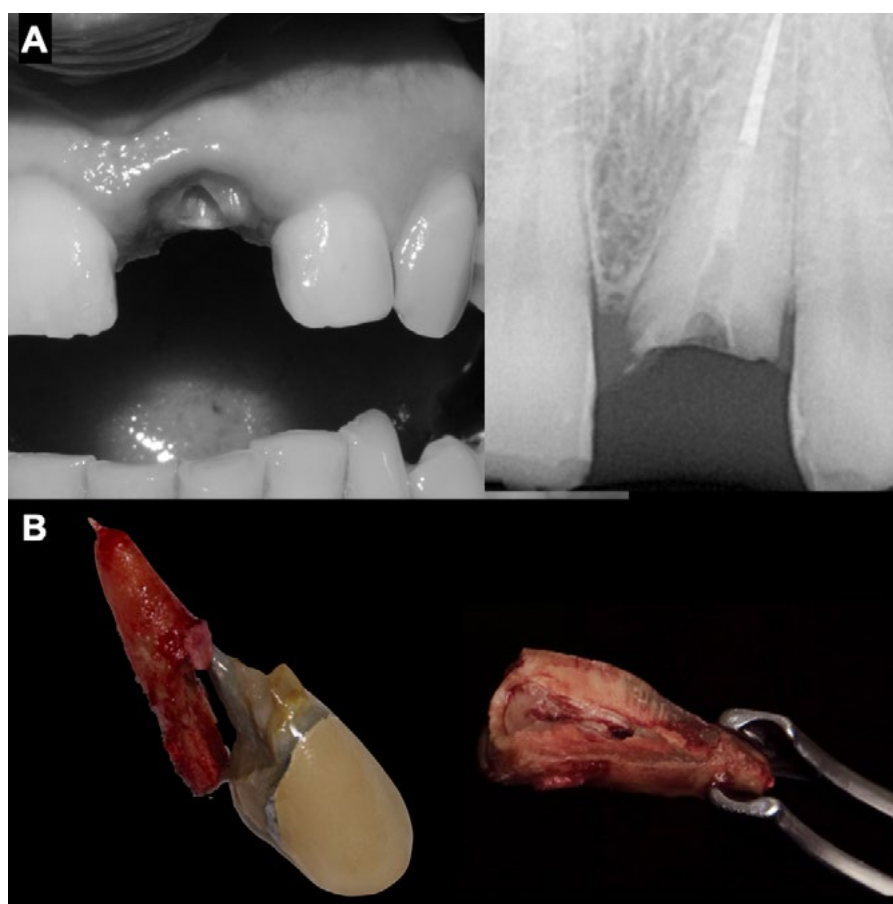
Os materiais atualmente utilizados para retenção intracanal apresentam algumas lacunas no que concerne ao seu desempenho clínico. Nos fracassos mais frequentes neste tipo de reabilitação incluem-se falhas de adesão e fraturas dos materiais e tecidos dentários remanescentes (Borzangy *et al.*, 2019). Retentores intracanales fundidos ou pré-fabricados feitos de materiais metálicos (AgPd, CoCr e Ti) foram utilizados durante muito tempo devido à sua elevada resistência mecânica. No entanto, a utilização deste tipo de retenção está associada a um mau prognóstico do dente reabilitado (Morgano & Milot, 1993; Rippe *et al.*, 2014b; Zhou & Wang, 2013) (Fig. 1). Além desta desvantagem, outros fatores relevantes impulsionaram a contínua evolução no fabrico dos retentores intracanales ao longo dos anos. Nestas contrariedades incluem-se: (i) a resistência à fratura; (ii) a biocompatibilidade; (iii) a retenção;

(iv) a distribuição de forças; (v) a resistência à corrosão; (vi) as questões estéticas, (vii) a capacidade de reforço; (viii) a radiopacidade; (ix) a segurança e conservação da estrutura dentária; e também a (x) facilidade de remoção em caso de re-tratamento (Dikbas & Tanalp, 2013; Smith *et al.*, 1998). Este processo evolutivo permitiu a introdução de novos materiais, com diversos modelos geométricos na produção de retentores intracanares, assim como a revisão de protocolos clínicos.

Atualmente, destacam-se os retentores de resina epóxica reforçados com fibras de vidro sendo considerados a primeira escolha na reabilitação de dentes após o tratamento endodôntico. Estes tipos de materiais apresentam propriedades mecânicas similares à dentina. No entanto, o recurso a estes tipos de retentores pré-fabricados também apresenta algumas limitações, nomeadamente a adaptabilidade a canais amplos

assim como a dependência de procedimentos complexos de adesão intra-radicular (Cheleux & Sharrock, 2009; Rocha *et al.*, 2017a).

A reabilitação da estrutura dentária após o tratamento endodôntico exige uma adequada integração entre a dentina e o material restaurador com o propósito de garantir uma correta distribuição das forças oclusais a que os dentes estão submetidos (Gonzaga *et al.*, 2011; Sreedevi *et al.*, 2010). Este requisito torna-se ainda mais relevante em condições anatômicas mais complexas, ou em dentes extremamente destruídos, onde a limitada estrutura coronária e a baixa capacidade de adaptação dos atuais sistemas de retentores intracanares poderão comprometer o desempenho clínico a longo prazo (Pang *et al.*, 2019).



**Figura 1:** (A) Fratura de um retentor intracanal compósito. (B) Fratura catastrófica de um retentor intracanal metálico e da raiz dentária.

## 2. DIFERENTES TIPOS DE RETENTORES INTRACANALARES

Durante muitos anos, os retentores fundidos personalizados em materiais metálicos nobres foram considerados como a primeira escolha nas restaurações pós endodônticas pela rigidez que se pensava poderem conferir ao dente e respetiva eficácia clínica (Sorrentino *et al.* 2016). Entretanto, os estudos *in vitro* reportam uma maior incidência de fraturas catastróficas com a utilização deste tipo de retenção e, conseqüentemente, perda do elemento dentário (Morgano & Milot, 1993; Rippe

*et al.*, 2014b; Zhou & Wang, 2013). As complicações estéticas associadas ao material metálico e a necessidade de um protocolo mais aprimorado de confecção impulsionou o desenvolvimento de outros tipos de retentores intracanares (Heydecke *et al.* 2002; Sarkis-Onofre *et al.* 2014).

Os retentores intracanares pré-fabricados surgiram como alternativa aos retentores fundidos, tentando anular as suas desvantagens mecânicas, clínicas, e estéticas. Este tipo de retentor com padrão geométrico pode ser colocado e ajustado numa única sessão, sem a necessidade de etapas

laboratoriais, sendo, geralmente, mais práticos e económicos (Cheleux & Sharrock, 2009; Morgano & Milot, 1993). Os retentores intracanalares são aderidos com cimentos de resina e devem ser submetidos à construção do núcleo em resina composta, com propriedades similares, para reforço da estrutura dentária remanescente. No entanto, os retentores pré-fabricados possuem desvantagens como: (i) a remoção de estrutura dentária adicional necessária para a sua colocação; (ii) o estabelecimento de uma interface adicional entre o pilar e o núcleo feita de materiais diferentes; (iii) o padrão geométrico comercial; e (iv) a baixa resistência às forças de deslocamento (Cheleux & Sharrock, 2009; Sadan *et al.*, 1998).

Relativamente à geometria, os retentores intracanalares pré-fabricados são classificados como: cónicos; paralelos/cilíndricos; e tronco-cónicos. No que diz respeito à configuração da superfície, podem ser classificados como: rosqueados; estriados ou lisos/polidos (Cheung, 2005). Com base no modo de retenção ou ajuste do pino intracanal a paredes do canal, são classificados como: ativos (mecanicamente retidos na dentina) com melhor capacidade de retenção e distribuição de tensões; e os passivos (retidos apenas por cimento) (Fernandes, Shetty, e Coutinho 2003; Cheleux e Sharrock 2009; Schwartz e Robbins 2004). Os retentores tronco-cónicos pretendem otimizar as vantagens dos cilíndricos e dos cónicos apresentando a maioria do seu corpo paralelo ou com uma ligeira conicidade que promove uma maior área de contato as superfícies intracanalares. Apresentam também uma porção apical cônica que permite uma maior preservação da estrutura radicular proporcionando, simultaneamente, uma melhor distribuição de tensões de compressão, tração e cisalhamento (Fernandes *et al.*, 2003; Gonzaga *et al.*, 2011; Maroli *et al.*, 2017). Entretanto, este tipo de retenção intracanal apresenta um problema de adaptabilidade à geometria não-uniforme dos canais, que resulta em baixa resistência a forças rotacionais e maior volume de cimento entre pino intracanal e parede dentinária.

Nesse sentido, surgiram retentores pré-fabricados constituídos por um conjunto de finos filamentos de resina reforçados por fibra de vidro unidos por um *sleeve* plástico. Os filamentos são ajustados individualmente e distribuídos em todo o canal radicular após a remoção do *sleeve*, adaptando-se de maneira ideal a qualquer anatomia do canal radicular, sem a necessidade de desgaste excessivo. Este tipo de retentor pode ser usado em canais radiculares com curvaturas acentuadas ou em seções transversais de raízes ovais ou com conicidades pronunciadas, como no caso dos dentes anteriores superiores. O conceito destes retentores intracanalares tem o intuito de proporcionar um reforço homogêneo a toda a restauração dentária (Melo-Ferraz & Miller, 2019).

Uma das soluções encontradas para melhorar a retenção dos retentores pré-fabricados ao canal radicular é a personalização de acordo com anatomia do canal em questão pela adição de resina composta (Faria-e-Silva *et al.* 2009). Esta técnica permite logo de imediato a realização da construção do núcleo, o que reduz o número de consultas e obriga a um menor trabalho laboratorial pré-clínico. A utilização de retentores intracanalares inteiramente personalizados e produzidos por tecnologia CAD/CAM (*Computer-aided Design/Computer-aided Manufacturing*) permite aumentar o ajuste ao espaço intracanal e minimizar

a espessura do cimento (da Costa *et al.*, 2017; Borzangy, Saker, e Al-Zordk 2019a). Esta tecnologia permite um fluxo de trabalho digital completo e proporciona melhor retenção mecânica do pino ao canal radicular (Eid *et al.*, 2019b). A utilização deste método na produção do pino e núcleo num corpo único apresenta a vantagem de eliminar uma interface, diminuindo os riscos de fracasso (Liu *et al.*, 2010). O processo normal de fabrico por CAD/CAM envolve as seguintes etapas: (i) impressão convencional do espaço intracanal e dentes adjacentes; (ii) a confecção de modelo de gesso e enceramento do pino e núcleo; (iii) a digitalização e processamento pelo *software* CAD; (iv) o desenvolvimento de um modelo 3D do pino e núcleo e, por fim; (v) a fresagem do material escolhido pelo profissional clínico (Awad & Marghalani, 2007). Apesar da grande evolução ocorrida nos sistemas de leitura digital (*digital scanners*), estes ainda não permitem a leitura direta do canal radicular, pois a câmara só lê o que está na linha de visão clínica. Sendo assim, todos estes passos poderão induzir desajustes no trabalho final, bem como custos de produção mais elevados com interrupção no fluxo digital (Alghazzawi, 2016).

### 3. MATERIAIS PARA FABRICO DE RETENTORES INTRACANALARES

Os retentores intracanalares podem ser produzidos pelos seguintes materiais metálicos: AuPd, PdAg, PdAu, aço inoxidável, latão, titânio comercialmente puro (cp Ti), ligas de titânio e ligas à base de cobalto-crómio (ex. CoCrWMo) (Dewangan & Shrivastava, 2012; Habibzadeh *et al.*, 2017). O titânio e as suas ligas possuem uma alta resistência à corrosão e biocompatibilidade associados a uma alta resistência mecânica (Bueno *et al.*, 2012; Moyin *et al.*, 2019). Materiais com propriedades mecânicas deficientes aumentam o risco de falhas em regiões com acentuada carga oclusal, como as encontradas em pacientes com hábitos parafuncionais (ex. bruxismo). Por outro lado, ligas de metais básicos, como CoCrWMo, têm a vantagem de terem resistência à corrosão e propriedades mecânicas clinicamente satisfatórias e ainda a vantagem adicional de ter um reduzido custo (Dewangan & Shrivastava, 2012; Habibzadeh *et al.*, 2017). Estes materiais de retenção, apesar de terem sido usados durante muitas décadas com taxas de sucesso elevadas apresentam um elevado módulo de elasticidade, o qual resulta em uma maior concentração de tensões na zona radicular. A concentração de tensões promove uma maior incidência de fraturas radiculares (Maroli *et al.*, 2017; Zhou & Wang, 2013). Os imperativos estéticos, o elevado tempo de consulta e a necessidade de confecção de um provisório enquanto o retentor intracanal é produzido em laboratório são também desvantagens (Cerny *et al.*, 2019; Sarkis-Onofre *et al.*, 2014). O aparecimento de retentores intracanalares pré-fabricados metálicos, de aço inoxidável, alumínio, cobalto-crómio apresentam características como: um fácil manuseamento, um reduzido tempo de consulta e um menor custo. Porém, este tipo de retentores apresenta um maior índice de falhas mecânicas, especialmente em dentes com pouca estrutura remanescente (Heydecke *et al.* 2002; Martino *et al.*, 2019).

Os retentores intracanalares de zircónia foram introduzidos no mercado com o objetivo de resolverem os problemas estéticos e de corrosão apresentados pelos metálicos. No

entanto, este tipo de retentor não elimina os problemas estruturais devido à alta rigidez (alto módulo de elasticidade). Dentro das suas vantagens, apresentam uma alta estabilidade química, uma alta resistência à flexão (900-1200 MPa) e um módulo de elasticidade próximo ao das ligas de CoCr (240-280 MPa) (Guazzato *et al.*, 2004; Ozkurt *et al.*, 2010; Ree & Schwartz, 2010; Vadavadagi *et al.*, 2017). As principais desvantagens dos retentores intracanales de zircônia são: (i) a sua fragilidade, que os torna suscetíveis a fraturas; (ii) o seu custo; (iii) a sensibilidade da técnica de fabrico; (iv) a limitação de tratamento de superfície; e (v) os dispendiosos procedimentos de remoção (Koutayas & Kern, 1999; Thakur & Ramarao, 2019). Fraturas radiculares são comumente reportadas devido à diferença de propriedades (Baba *et al.*, 2009; Cheung, 2005; Maroli *et al.*, 2017; Ree & Schwartz, 2010; Trushkowsky, 2011). Para além disso, o tratamento de superfície apresenta limitações quanto a topografia de superfície e aumento da rugosidade para a retenção mecânica do cimento resinoso (Ree & Schwartz, 2010; Ruttonji *et al.*, 2019; Carlos José Soares *et al.*, 2012; Trushkowsky, 2011).

Os retentores intracanales de matriz resinosa reforçada com fibras consistem em estruturas compósitas em que as fibras pré-silanizadas são mantidas em direção e posicionamento pela matriz polimérica, nomeadamente de resina epóxica ou de metacrilato. As fibras podem ser produzidas a partir de polietileno, de vidro, de carbono ou de quartzo (Bell-Rönnlöf *et al.*, 2019; Ellakwa *et al.*, 2002). As fibras apresentam 7 a 10 micrometros de diâmetro e estão dispostas em diferentes configurações: entrelaçadas, em rede, ou longitudinalmente orientadas (Cheung, 2005; Fráter *et al.*, 2019; Trushkowsky, 2011). O desempenho mecânico do material retentor resultante é atribuído às dimensões e propriedades das fibras e à matriz resinosa. Uma maior densidade de fibras produz um retentor intracanal com maior resistência à fratura. (Fráter *et al.*, 2019; Grandini *et al.*, 2005). Entre as suas vantagens destaca-se o fato da resistência à tração e à flexão serem semelhantes à da estrutura radicular. Para além disso, o material é anisotrópico pois apresenta propriedades físicas diversas quando submetido a cargas oclusais advindas de diferentes direções (Ferrari *et al.*, 2001). Estes tipos de retentores exibem também uma excelente biocompatibilidade e são relativamente fáceis de remover em caso de falhas (Bateman *et al.*, 2003; Cerny *et al.*, 2019; Grandini *et al.*, 2005). As suas principais desvantagens prendem-se com a resistência mecânica reduzida, com a ausência de radiopacidade de alguns materiais e com o baixo módulo de elasticidade, o qual poderá conduzir à ocorrência de fraturas (Cheung, 2005; de Andrade *et al.*, 2019; Dietschi *et al.*, 2008; Naumann *et al.*, 2007; Carlos José Soares *et al.*, 2012). Embora os retentores à base de fibra de vidro tenham um módulo de elasticidade menor (45,7 a 53,8 GPa) do que os retentores de ligas metálicas (110 GPa para cp Ti), ainda assim os valores são maiores quando comparados ao módulo de elasticidade da dentina (15-30 GPa) (Lee *et al.*, 2017).

O poliéter-éter cetona (PEEK) é um polímero termoplástico policíclico, aromático e semi-cristalino que possui atrativas propriedades mecânicas e alta resistência à hidrólise e à temperatura (Tekin & Cang, 2018). A resistência à flexão do PEEK encontra-se em torno de 100 GPa enquanto o seu módulo de elasticidade é de aproximadamente 4 GPa (Çulhaoğlu *et al.*,

2017; Xin *et al.*, 2013). No entanto, o PEEK pode ser modificado industrialmente pela incorporação de outros materiais, como fibras de carbono ou de vidro, permitindo assim aumentar o módulo de elasticidade do compósito resultante até aproximadamente 18 GPa, ou seja, próximo aquele da dentina (Lu *et al.*, 2019; Xin *et al.*, 2013). Sendo assim, o compósito de PEEK reforçado com fibras é considerado um material muito promissor em alternativa aos metais e às cerâmicas pois a sua resistência mecânica é ajustável pela proporção e composição das fibras (Bathala *et al.*, 2019). O PEEK reforçado pode ser produzido por CAD-CAM ou impressão tridimensional, pelo que se torna um excelente material para retentores intracanales (Lee *et al.*, 2017).

Outro material comercial compósito ou híbrido é o *Polymer Infiltrated Ceramic Network* (PICN), que consiste numa rede ou matriz de cerâmica à base de leucita reforçada com uma fase cristalina de zircônia, preenchida com polímeros (Bona *et al.*, 2014). A proporção entre as duas fases regula suas propriedades mecânicas como a resistência à flexão (131,1-159,9 MPa) e o módulo de elasticidade (16,4-28,1 GPa). Este material apresenta uma certa ductilidade e uma resistência próxima a dos compósitos com fibras. A confecção da estrutura pode ser obtida por CAD/CAM (Li & Sun, 2018; Fazenda *et al.*, 2018). Entretanto, alguns estudos revelam que a adesão da superfície destes compósitos pode ser inferior quando comparada as superfícies de resina reforçada com fibra (FRC), levando a um maior número de falhas entre o cimento e o retentor intracanal (Eid *et al.*, 2019b).

#### 4. COMPORTAMENTO MECÂNICO

É fundamental que a reabilitação pós-endodôntica consiga restabelecer as propriedades mecânicas semelhantes à de um dente vital tendo em consideração as diferentes forças de tração, de compressão e cisalhamento a que o dente está sujeito (Pinto *et al.*, 2019). A localização, a microestrutura e a quantidade do tecido dentário remanescente são os principais fatores que determinam o sucesso e o prognóstico do tratamento (Ferrari *et al.*, 2007; Rodrigues *et al.*, 2017; Suzuki *et al.*, 2015). Quando a estrutura dentinária remanescente é suficiente, seja qual for o tipo de dente a reabilitar, a literatura é consensual em que a colocação de um meio de retenção intracanal é desnecessária ou até prejudicial (Gonzaga, Campos, e Baratto-Filho 2011; Schwartz e Robbins 2004; Borzangy, Saker, e Al-Zordk 2019b). A maioria dos estudos apresentados conclui que, quando estamos perante a dentes extremamente destruídos ou com anatomia canal debilitada, são muitos os fatores que podem afetar negativamente a resistência mecânica da estrutura restaurada (Ausiello *et al.*, 2017; Bru *et al.*, 2013; Gutmann, 1992; Valdivia *et al.*, 2018). O *design* e os materiais de fabrico do retentor intracanal são de extrema importância no comportamento mecânico do dente com perda severa de estrutura remanescente (Pinto *et al.*, 2019).

Na reabilitação de dentes que perderam uma elevada quantidade de estrutura dentinária, existem outros fatores que devem ser levados em consideração na avaliação da resistência e longevidade das restaurações com retentores intracanales: os fatores relacionados com o dente (posição e tipo de dente); suporte periodontal, hábitos para-funcionais, número de contatos proximais, e tipo de reabilitação (unitária ou múltipla).

Sabemos que os dentes anteriores e posteriores estão sujeitos a forças de oclusão em diversas direções. Neste contexto, a necessidade de retenção intracanal irá depender da estrutura remanescente e dimensões coronárias e radiculares a serem reabilitadas (Schwartz e Robbins 2004; Cheleux e Sharrock 2009; Fernandes, Shetty, e Coutinho 2003). Por último, temos os fatores relacionados ao retentor intracanal: a forma e o comprimento, o material, superfície, e a sua adaptabilidade ao canal radicular (Ausiello *et al.*, 2017; Bru *et al.*, 2013; Maceri *et al.*, 2007). Relativamente ao desgaste radicular provocado pelo tratamento endodôntico, vários estudos demonstram que uma abordagem menos conservadora nas diferentes etapas do tratamento (cavidade de acesso, instrumentação químico-mecânica, obturação e preparação canal) colocam em causa a integridade do dente reabilitado a longo prazo (Corrêa *et al.*, 2018; Carlos José Soares *et al.*, 2010).

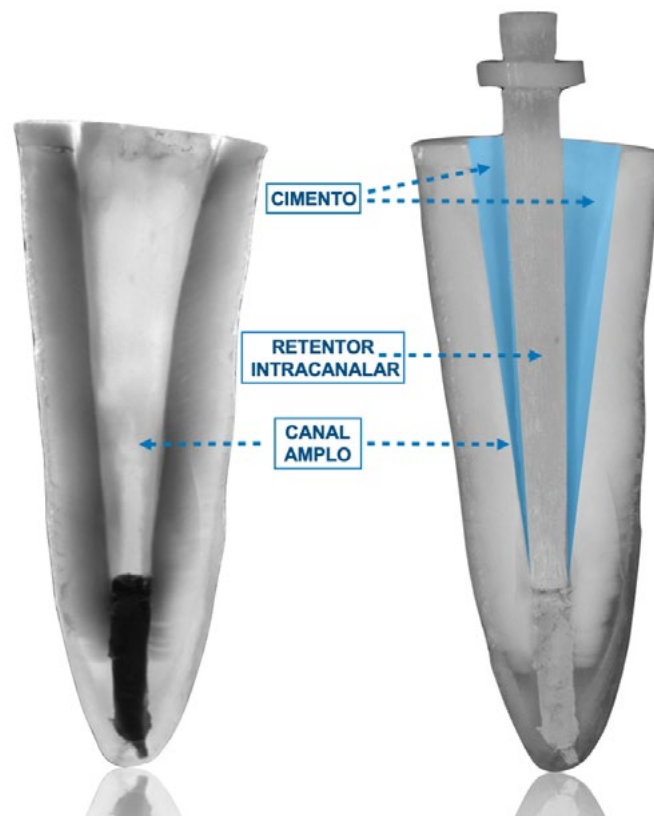
Em canais amplos ou divergentes, a utilização de retentores pré-fabricados compromete o ajuste entre as paredes do canal. Este fato leva à deposição de maior volume de cimento na zona coronal o que resulta numa concentração de tensões nesta região do cimento e interface (Fig. 2). A utilização de retentores personalizados proporciona uma maior adaptabilidade ao canal e distribuição uniforme de tensões. No entanto, o material selecionado deve ter um módulo de elasticidade próximo ou ligeiramente maior quando comparado à dentina (Pang *et al.*, 2019; Solomon & Osman, 2011; Valdivia *et al.*, 2018). Os retentores fundidos e metálicos, com elevado módulo de elasticidade, apresentam uma rigidez e maior resistência à fratura, porém estão relacionados com um maior número de fraturas radiculares catastróficas. Quando existe estrutura dentinária remanescente suficiente na zona cervical (1,5-2mm),

a distribuição de tensões é gradual ao redor do canal radicular e dissipada ao longo da superfície externa da raiz, denominado de efeito férula (Fernandes *et al.*, 2003). Por outro lado, uma distribuição abrupta de forças, com concentração de tensões ao longo do canal ocorre quando o efeito férula é inexistente e poderá conduzir a falhas como: fraturas radiculares, descolamento do retentor intracanal ou fraturas ao nível do núcleo (Corrêa *et al.*, 2018).

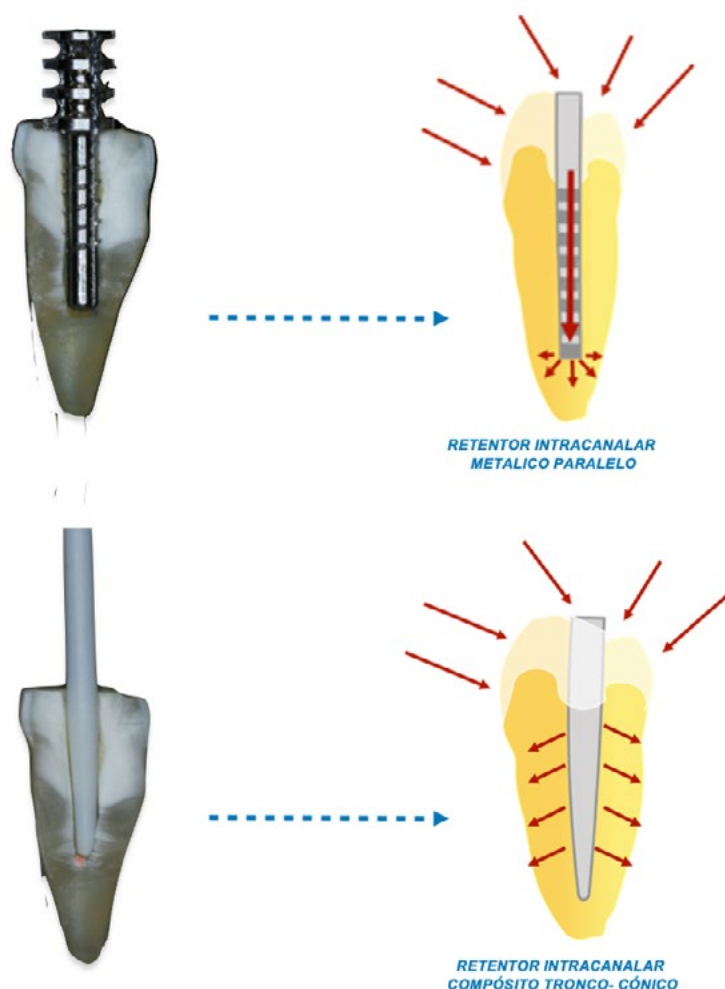
O comprimento e a forma da raiz são também fatores determinantes na escolha do retentor intracanal. O retentor intracanal deverá ter aproximadamente 3/4 do comprimento radicular, mantendo um mínimo de 3 a 5 mm de selamento apical (Schwartz e Robbins 2004). Perante raízes muito curtas ou com curvaturas coronais, o clínico tem de tomar a decisão de respeitar estes parâmetros ou arranjar estratégias alternativas sem comprometer a mecânica da restauração (Kubo *et al.*, 2018; Carlos Jose Soares *et al.*, 2008). O tamanho e a forma do retentor são também determinantes, pois terão influência no modo como o retentor resiste às forças de fricção e de rotação. Retentores intracanales paralelos promovem uma maior concentração de tensões em nível apical pelo desgaste provocado na dentina. Enquanto os retentores cônicos tem um efeito de cunha e aumentam as tensões ao nível coronal comprometendo a retenção. Os retentores tronco-cônicos permitem uma melhor distribuição de forças em nível apical com melhor adaptabilidade e fricção às paredes em nível coronal (Fig. 3) (Pang *et al.*, 2019).

## 5. CIMENTAÇÃO INTRACANALAR

Os cimentos resinosos são amplamente utilizados



**Figura 2:** Baixa adaptabilidade dos retentores intracanales pré fabricados aos canais amplos. Excesso cimento na zona coronal.



**Figura 3:** Distribuição de forças oclusais num dente com retentor intracanal metálico versus espigão cônico em fibra de vidro.

como materiais de cimentação de retentores, graças às suas propriedades físico-químicas (Naumann *et al.*, 2008). A adesão entre o cimento resinoso, a dentina, e o material retentor intracanal é estabelecida pelo escoamento do cimento resinoso em fase fluída e a sua polimerização nas irregularidades das superfícies do retentor e da dentina canal. O retentor é mantido no canal radicular por retenção mecânica e por imbricamento ou acoplamento do cimento resinoso resultando em um mecanismo de retenção mecânica em escala micro- e nano-métrica (Bonfante *et al.*, 2007; Maroulakos *et al.*, 2018; Nova *et al.*, 2013). A execução de um protocolo de adesão num espaço limitado, com controlo de humidade relativo, com campo de visão limitado e com geometria canal variável torna o procedimento pouco previsível e muito sensível à técnica utilizada. Frequentemente observam-se falhas de retenção em restaurações suportadas por retentores intracanales cimentados com cimentos resinosos devido a fatores relacionados com a seleção do retentor intracanal, superfícies de adesão, do tipo de cimento, e do preparo da dentina (Chieruzzi *et al.*, 2017; Maroulakos *et al.*, 2018).

A adesão à dentina coronária é relativamente estável, no entanto a adesão à dentina radicular pode ser influenciada por diversos fatores, nomeadamente: (i) a densidade e orientação

dos túbulos dentinários (decrece de coronal para apical); (ii) a mineralização e a obliteração de túbulos (esclerose) da dentina; (iii) alterações na proporção da fase orgânica e da fase mineral; (iv) variações volumétricas do espaço radicular; e (iv) alterações proporcionais da dentina primária, secundária e terciária (Oliveira *et al.*, 2018; Shafiei, Mohammadparast, *et al.*, 2018). Estas variações estruturais são responsáveis por respostas distintas ao processo de adesão nas diferentes porções do canal radicular (Maroulakos *et al.*, 2018; Nothdurft & Pospiech, 2006). Os irrigantes usados durante a preparação químico-mecânica podem também afetar a adesão intracanal, sendo o uso de irrigantes com base de peróxidos, de glicóis, ou mesmo o NaOCl e o EDTA nefastos para adesão; enquanto a clorhexidina como solução irrigante não afeta o processo de adesão. O uso de cimentos endodônticos à base de eugenol, os detritos de gutta-percha resultantes da preparação canal, bem como o desgaste canal excessivo pelo uso de instrumentos rotatórios, revelaram também influenciar negativamente a adesão intracanal (Bonfante *et al.*, 2007; Schmage *et al.*, 2009; Shafiei, Mohammadparast, *et al.*, 2018).

A adesão entre o cimento e o retentor intracanal é significativamente inferior à adesão entre o cimento e a dentina (Bonfante *et al.*, 2007; Ferrari *et al.*, 2000; Shafiei,

Saadat, *et al.*, 2018). Alguns estudos reportaram baixos valores de resistência à união entre cimento e retentor devido à contração de polimerização do cimento resinoso (fator de configuração) e a possíveis falhas mecânicas da interface (Nova *et al.*, 2013). Apesar dos cimentos de ionômero de vidro possuírem capacidade de adesão química à dentina, os valores de resistência na união entre o retentor e o cimento de ionômero de vidro são inferiores aos cimentos resinosos. Assim, é importante a adaptação do retentor ao canal radicular para promover uma retenção adicional macro-mecânica ao canal por forças tangenciais que aumentem a resistência à fricção do retentor intracanal quando submetido a forças de tração e cisalhamento (Nova *et al.*, 2013; Pinto *et al.*, 2019).

As falhas de adesão que ocorrem na interface resina-retentor podem também ser minimizadas por tratamentos na superfície dos materiais, tais como a silanização, a aplicação de adesivos contendo a molécula 10-MDP, o jateamento com partículas abrasivas (alumina ou sílica), ou mesmo o condicionamento com diferentes substâncias ácidas (Maroulakos *et al.*, 2018; Naumann *et al.*, 2008; Shafiei, Mohammadparast, *et al.*, 2018). Nos retentores compósitos de matriz resinosa, a adesão na interface cimento-retentor apenas é melhorada quando o retentor é reforçado com fibras que estejam orientadas de forma favorável à retenção do cimento resinoso. Uma disposição de fibras transversal favorece uma melhor adesão ao cimento, enquanto uma disposição vertical aporta melhor resistência mecânica às forças oclusais. Relativamente aos retentores intracanales com superfícies metálicas, o processo de tratamento da superfície tem sido aprimorado com jateamento de partículas abrasivas seguido por condicionamento ácido específico para cada tipo de material metálico (CoCr, aço inoxidável ou titânio) (Maroulakos *et al.*, 2018; Shafiei, Mohammadparast, *et al.*, 2018).

Assim, a resistência ao deslocamento estará mais dependente da fricção sendo que o valor mínimo estimado para o sucesso clínico será de aproximadamente 200N. A literatura reúne algum consenso, na inexistência de um cimento que reúna as propriedades ideais para a adesão intracanal. Porém, os cimentos e adesivos auto-condicionantes (*self-etch*) são os que apresentam melhores características para garantir maiores valores de resistência à tração e ao cisalhamento assim como um maior grau de polimerização na cimentação de retentores intra-radulares (Bonfante *et al.*, 2007; Maroulakos *et al.*, 2018; Nova *et al.*, 2013). A combinação entre a adaptação do retentor, o tratamento da superfície e o uso do cimento ideal para cada situação, podem aumentar significativamente a retenção atingindo valores de resistência à união até três vezes maiores do que os valores preconizados para o sucesso clínico (Nova *et al.*, 2013; Pinto *et al.*, 2019).

## 6. CONCLUSÕES

A reabilitação de dentes endodenciados com perda estrutural severa é influenciada por vários fatores, sendo a quantidade de remanescente dentário crucial para o sucesso clínico. Além disso, adaptabilidade, a geometria, e o material do retentor intracanal devem ser otimizados para aumentar o desempenho da restauração a longo prazo. Os cimentos auto-condicionantes são os que oferecem maior adesão à dentina intra-radicular, porém a interface entre cimento e retentor

está dependente do material e do tratamento da superfície do retentor intracanal. Apesar da enorme evolução nos sistemas adesivos e nos materiais retentores, almeja-se, disponível, um sistema que consiga colmatar plenamente a falta de estrutura dentinária em nível coronário, mimetizando o comportamento mecânico de um dente vital.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alghazzawi, T. F. (2016). Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation. *J Prosthodont Res*, **60**(2), 72–84.
- Ausiello, P., Ciaramella, S., Martorelli, M., Lanzotti, A., Zarone, F., Watts, D. C., & Gloria, A. (2017). Mechanical behavior of endodontically restored canine teeth: Effects of ferrule, post material and shape. *Dent Mater*, **33**(12), 1466–1472.
- Awad, M. A., & Marghalani, T. Y. (2007). Fabrication of a custom-made ceramic post and core using CAD-CAM technology. *J Prosthet Dent*, **98**(2), 161–162.
- Baba, N. Z., Golden, G., & Goodacre, C. J. (2009). Nonmetallic prefabricated dowels: A review of compositions, properties, laboratory, and clinical test results. *J Prosthodont*, **18**(6), 527–536.
- Bateman, G., Ricketts, D. N. J., & Saunders, W. P. (2003). Fibre-based post systems: A review. *Brit Dent J*, **195**(1), 43–48.
- Bathala, L., Majeti, V., Rachuri, N., Singh, N., & Gedela, S. (2019). The Role of Polyether Ether Ketone (PeeK) in Dentistry – A Review. *J Med Life*, **12**(1), 5–9.
- Bell-Rönnlöf, A.-M. L., Jaatinen, J., Lassila, L., Närhi, T., & Vallittu, P. (2019). Transmission of light through fiber-reinforced composite posts. *Dent Mater J*, **38**(6), 928–933.
- Bona, A. D., Corazza, P. H., & Zhang, Y. (2014). Characterization of a polymer-infiltrated ceramic-network material. *Dent Mater*, **30**(5), 564–569.
- Bonfante, G., Kaizer, O. B., Pegoraro, L. F., & do Valle, A. L. (2007). Tensile bond strength of glass fiber posts luted with different cements. *Braz Oral Res*, **21**(2), 159–164.
- Borzangy, S. S., Saker, S. M., & Al-Zordk, W. A. (2019). Effect of restoration technique on resistance to fracture of endodontically treated anterior teeth with flared root canals. *J Biomed Res*, **33**(2), 131–138.
- Bru, E., Forner, L., Llana, C., & Almenar, A. (2013). Fibre post behaviour prediction factors. A review of the literature. *J Clin Exp Dent*, **5**(3), e150–3.
- Bueno, L., Piza, E., de, M. R., Barbosa, M., Paschoal, A., & Mary, R. (2012). Sistema de retenção intracanal considerações teóricas e comportamento biomecânico. *Rev Odontol Arac*, **33**(1), 9–17.
- Cerny, D., Eckert, S., & Mounajjed, R. (2019). Retrospective 9-Year Clinical Outcome Report on Adhesive Post-endodontic Treatment of Anterior Teeth Using Prefabricated Fiber Posts. *Int J Prosthodont*, **32**(1), 14–16.
- Cheleux, N., & Sharrock, P. J. (2009). Mechanical properties of glass fiber-reinforced endodontic posts. *Acta Biomater*, **5**(8), 3224–3230.
- Cheung, W. (2005). A review of the management of endodontically treated teeth. Post, core and the final restoration. *J Am Dent Assoc*, (1939), **136**(5), 611–619.
- Chieruzzi, M., Pagano, S., Cianetti, S., Lombardo, G., Kenny, J. M., & Torre, L. (2017). Effect of fibre posts, bone losses and fibre content on the biomechanical behaviour of endodontically treated teeth: 3D-finite element analysis. *Mat Sci Eng C-Mater*, **74**, 334–346.
- Coldea, A., Swain, M. V., & Thiel, N. (2013). Mechanical properties of polymer-infiltrated-ceramic-network materials. *Dental Mater*, **29**(4), 419–426.
- Corrêa, G., Brondani, L. P., Wandscher, V. F., Pereira, G. K. R., Valandro, L. F., & Bergoli, C. D. (2018). Influence of remaining coronal thickness and height on biomechanical behavior of endodontically treated teeth: Survival rates, load to fracture and finite element analysis. *J Appl Oral Sci*, **26**.

- Çulhaoğlu, A. K., Özkar, S. E., Şahin, V., Yılmaz, B., & Kılıçarslan, M. A. (2017). Effect of Various Treatment Modalities on Surface Characteristics and Shear Bond Strengths of Polyetheretherketone-Based Core Materials. *J Prosthodont*.
- da Costa, R. G., Freire, A., Caregnatto de Morais, E. C., Machado de Souza, E., Correr, G. M., & Rached, R. N. (2017). Effect of CAD/CAM glass fiber post-core on cement micromorphology and fracture resistance of endodontically treated roots. *Am J Dent*, **30**(1), 3–8.
- de Andrade, G.-S., Tribst, J.-P.-M., Dal Piva, A.-M. O., Bottino, M.-A., Borges, A.-L.-S., Valandro, L.-F., & Özcan, M. (2019). A study on stress distribution to cement layer and root dentin for post and cores made of CAD/CAM materials with different elasticity modulus in the absence of ferrule. *J Clin Exp Dent*, **11**(1), e1–e8.
- Dean, J. P., Jeansonne, B. G., & Sarkar, N. (1998). In vitro evaluation of a carbon fiber post. *J Endodont*, **24**(12), 807–810.
- Dewangan, & Shrivastava. (2012). *Post Materials-An overview of materials used in endodontically treated tooth*. Indian J Dent Res, Apr-2012, 26-28.
- Dietschi, D., Duc, O., Krejci, I., & Sadan, A. (2008). Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: A systematic review of the literature, Part II (Evaluation of fatigue behavior, interfaces, and in vivo studies). *Quintessence Intl (Berlin, Germany: 1985)*, **39**(2), 117–129.
- Dikbas, I., & Tanalp, J. (2013). An overview of clinical studies on fiber post systems. *TheScientificWorldJournal*, 2013, 171380.
- Eid, R. Y., Koken, S., Baba, N. Z., Ounsi, H., Ferrari, M., & Salameh, Z. (2019a). Effect of Fabrication Technique and Thermal Cycling on the Bond Strength of CAD/CAM Milled Custom Fit Anatomical Post and Cores: An In Vitro Study. *J Prosthodont*, **28**(8), 898–905.
- Eid, R. Y., Koken, S., Baba, N. Z., Ounsi, H., Ferrari, M., & Salameh, Z. (2019b). Effect of Fabrication Technique and Thermal Cycling on the Bond Strength of CAD/CAM Milled Custom Fit Anatomical Post and Cores: An In Vitro Study. *J Prosthodont*, **28**(8), 898–905.
- Ellakwa, A. E., Shortall, A. C., & Marquis, P. M. (2002). Influence of fiber type and wetting agent on the flexural properties of an indirect fiber reinforced composite. *The J Prosthet Dent*, **88**(5), 485–490.
- Facenda, J. C., Borba, M., & Corazza, P. H. (2018). A literature review on the new polymer-infiltrated ceramic-network material (PICN). *J Esthet Restor Dent* **30**(4), 281–286.
- Fernandes, A. S., Shetty, S., & Coutinho, I. (2003). Factors determining post selection: A literature review. *The J Prosthet Dent*, **90**(6), 556–562.
- Ferrari, M., Cagidiaco, M. C., Grandini, S., De Sanctis, M., & Goracci, C. (2007). Post placement affects survival of endodontically treated premolars. *J Dent Res*, **86**(8), 729–734.
- Ferrari, M., Vichi, A., Grandini, S., & Goracci, C. (2001). Efficacy of a self-curing adhesive-resin cement system on luting glass-fiber posts into root canals: An SEM investigation. *Int J Prosthodont*, **14**(6), 543–549.
- Ferrari, M., Vichi, A., Mannocci, F., & Mason, P. N. (2000). Retrospective study of the clinical performance of fiber posts. *Am J Dent*, **13**(Spec No), 9B-13B.
- Fráter, M., Lassila, L., Braunitzer, G., Vallittu, P. K., & Garoushi, S. (2019). Fracture resistance and marginal gap formation of post-core restorations: Influence of different fiber-reinforced composites. *Clin Oral Invest*.
- Gonzaga, C., Campos, E., & Baratto-Filho, F. (2011). Restoration of endodontically treated teeth. *RSBO*, **8**, 33–46.
- Grandini, S., Goracci, C., Monticelli, F., Tay, F. R., & Ferrari, M. (2005). Fatigue resistance and structural characteristics of fiber posts: Three-point bending test and SEM evaluation. *Dent Mater*, **21**(2), 75–82.
- Guazzato, M., Albakry, M., Ringer, S. P., & Swain, M. V. (2004). Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of all-ceramic materials. Part II. Zirconia-based dental ceramics. *Dent Mater*, **20**(5), 449–456.
- Gutmann, J. L. (1992). The dentin-root complex: Anatomic and biologic considerations in restoring endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent*, **67**(4), 458–467.
- Habibzadeh, S., Rajati, H. R., Hajmiragha, H., Esmailzadeh, S., & Kharazifard, M. (2017). Fracture resistances of zirconia, cast Ni-Cr, and fiber-glass composite posts under all-ceramic crowns in endodontically treated premolars. *J Adv Prosthodont*, **9**(3), 170–175.
- Ibrahim, A. M. B. R., Richards, L. C., & Berekally, T. L. (2016). Effect of remaining tooth structure on the fracture resistance of endodontically-treated maxillary premolars: An in vitro study. *J Prosthet Dent*, **115**(3), 290–295.
- Koutayas, S. O., & Kern, M. (1999). All-ceramic posts and cores: The state of the art. *Quintessence Int (Berlin, Germany: 1985)*, **30**(6), 383–392.
- Kubo, M., Komada, W., Otake, S., Inagaki, T., Omori, S., & Miura, H. (2018). The effect of glass fiber posts and ribbons on the fracture strength of teeth with flared root canals restored using composite resin post and cores. *J Prosthodont Res*, **62**(1), 97–103.
- Lee, K.-S., Shin, J.-H., Kim, J.-E., Kim, J.-H., Lee, W.-C., Shin, S.-W., & Lee, J.-Y. (2017). Biomechanical Evaluation of a Tooth Restored with High Performance Polymer PEKK Post-Core System: A 3D Finite Element Analysis. *BioMed Res Int*, 2017, 1–9.
- Li, W., & Sun, J. (2018). Effects of Ceramic Density and Sintering Temperature on the Mechanical Properties of a Novel Polymer-Infiltrated Ceramic-Network Zirconia Dental Restorative (Filling) Material. *Medical Sci Mon*, **24**, 3068–3076.
- Liu, P., Deng, X.-L., & Wang, X.-Z. (2010). Use of a CAD/CAM-fabricated glass fiber post and core to restore fractured anterior teeth: A clinical report. *J Prosthet Dentistry*, **103**(6), 330–333.
- Lu, C., Wang, J., Lu, X., Zheng, T., Liu, Y., Wang, X., Zhang, D., & Seveno, D. (2019). Wettability and Interfacial Properties of Carbon Fiber and Poly (ether ether ketone) Fiber Hybrid Composite. *ACS Applied Materials & Interfaces*, **11**(34), 31520–31531.
- Maceri, F., Martignoni, M., & Vairo, G. (2007). Mechanical behaviour of endodontic restorations with multiple prefabricated posts: A finite-element approach. *n: J Dent Biomech*, **40**(11), 2386–2398.
- Maroli, A., Hoelcher, K. A. L., Reginato, V. F., Spazzin, A. O., Caldas, R. A., & Bacchi, A. (2017). Biomechanical behavior of teeth without remaining coronal structure restored with different post designs and materials. *Materials Science & Engineering. C, J Mater Sci Mater Med*, **76**, 839–844.
- Maroulakos, G., He, J., & Nagy, W. W. (2018). The Post–endodontic Adhesive Interface: Theoretical Perspectives and Potential Flaws. *J Endo*, **44**(3), 363–371.
- Martino, N., Truong, C., Clark, A. E., O’Neill, E., Hsu, S.-M., Neal, D., & Esquivel-Upshaw, J. F. (2019). Retrospective analysis of survival rates of post-and-cores in a dental school setting. *J of Prosthetic Dent*.
- Melo-Ferraz, A., & Miller, P. (2019). Tratamento Conservador de Incisivo Central Superior com Fratura Corono-Radicular Complexa. *Revista da Ordem dos Médicos Dentistas*, **42**, 25–33.
- Miller, A. W. (1982). Post and core systems: Which one is best? *J Prosthet Dent*, **48**(1), 27–38.
- Morgano, S. M., & Milot, P. (1993). Clinical success of cast metal posts and cores. *J Prosthet Dent*, **70**(1), 11–16.
- Moyin, S., Chaturvedi, S., Alqahtani, N. M., Shariff, M., Abdelmonem, A. M., & Alfarsi, M. A. (2019). An In Vitro Evaluation of Fracture Resistance Strength of Different Post Systems in Endodontically Treated Teeth. *J Pharm Bioallied Sci*, **11**(Suppl 2), S236–S239.
- Naumann, M., Preuss, A., & Frankenberger, R. (2007). Reinforcement effect of adhesively luted fiber reinforced composite versus titanium posts. *Dent Mater*, **23**(2), 138–144.
- Naumann, M., Reich, S., Nothdurft, F. P., Beuer, F., Schirrmeister, J. F., & Dietrich, T. (2008). Survival of glass fiber post restorations over 5 years. *Am J Dent*, **21**(4), 267–272.
- Ng, Y.-L., Mann, V., & Gulabivala, K. (2011). A prospective study of the factors affecting outcomes of nonsurgical root canal treatment:

- Part 1: periapical health. *Int Endod J*, **44**(7), 583–609.
- Nothdurft, F. P., & Pospiech, P. R. (2006). Clinical evaluation of pulpless teeth restored with conventionally cemented zirconia posts: A pilot study. *J Prosthet Dent*, **95**(4), 311–314.
- Nova, V., Karygianni, L., Altenburger, M. J., Wolkewitz, M., Kielbassa, A. M., & Wrbas, K. T. (2013). Pull-out bond strength of a fibre-reinforced composite post system luted with self-adhesive resin cements. *J Dent*, **41**(11), 1020–1026.
- Oliveira, L. V., Maia, T. S., Zancoppe, K., Menezes, M. de S., Soares, C. J., & Moura, C. C. G. (2018). Can intra-radicular cleaning protocols increase the retention of fiberglass posts? A systematic review. *Braz Oral Res*, **32**, e16.
- Ordinola-Zapata, R., Peters, O. A., Nagendrababu, V., Azevedo, B., Dummer, P. M. H., & Neelakantan, P. (2020). What is of interest in Endodontology? A bibliometric review of research published in the *International Endodontic Journal* and the *Journal of Endodontics* from 1980 to 2019. *Int Endod J*, **53**(1), 36–52.
- Ozkurt, Z., Işeri, U., & Kazazoğlu, E. (2010). Zirconia ceramic post systems: A literature review and a case report. *Dent Mater J*, **29**(3), 233–245.
- Pang, J., Feng, C., Zhu, X., Liu, B., Deng, T., Gao, Y., Li, Y., & Ke, J. (2019). Fracture behaviors of maxillary central incisors with flared root canals restored with CAD/CAM integrated glass fiber post-and-core. *Dent Mater J*, **38**(1), 114–119.
- Pinto, C. L., Bhering, C. L. B., de Oliveira, G. R., Maroli, A., Reginato, V. F., Caldas, R. A., & Bacchi, A. (2019). The Influence of Post System Design and Material on the Biomechanical Behavior of Teeth with Little Remaining Coronal Structure. *J Prosthodont*, **28**(1).
- Ree, M., & Schwartz, R. S. (2010). The endo-restorative interface: Current concepts. *Dent Clin North Am*, **54**(2), 345–374.
- Rippe, M. P., Santini, M. F., Bier, C. A. S., Baldissara, P., & Valandro, L. F. (2014a). Effect of root canal preparation, type of endodontic post and mechanical cycling on root fracture strength. *J Appl Oral Sci*, **22**(3), 165–173.
- Rocha, A. T., Gonçalves, L. M., Vasconcelos, A. J. de C., Matos Maia Filho, E., Nunes Carvalho, C., & De Jesus Tavares, R. R. (2017a). Effect of Anatomical Customization of the Fiber Post on the Bond Strength of a Self-Adhesive Resin Cement. *Int Dent J*, **2017**, 1–6.
- Rodrigues, M. de P., Soares, P. B. F., Valdivia, A. D. C. M., Pessoa, R. S., Veríssimo, C., Versluis, A., & Soares, C. J. (2017). Patient-specific Finite Element Analysis of Fiber Post and Ferrule Design. *J Endodont*, **43**(9), 1539–1544.
- Ruttonji, Z. R., Kusugal, P. B., Nayak, A., Mahajan, D., Sushma, K. M., & Patil, V. N. (2019). Comparative evaluation of the effect of surface treatment of fiber-reinforced posts and prefabricated metal posts on adhesion of a resin-based luting cement: An in vitro study. *J Conserv Dent*, **22**(3), 245–248.
- Sadan, A., Elliot, R., & Raigrodski, A. J. (1998). Treatment planning extensively broken-down mandibular molars for post-and-core fabrication. *Quintessence Int (Berlin, Germany: 1985)*, **29**(6), 351–355.
- Sarkis-Onofre, R., Jacinto, R. de C., Boscatto, N., Cenci, M. S., & Pereira-Cenci, T. (2014). Cast metal vs. glass fibre posts: A randomized controlled trial with up to 3 years of follow up. *J Dent*, **42**(5), 582–587.
- Schmage, P., Pfeiffer, P., Pinto, E., Platzer, U., & Nergiz, I. (2009). Influence of Oversized Dowel Space Preparation on the Bond Strengths of FRC Posts. *Oper Dent*, **34**(1), 93–101.
- Shafiei, F., Mohammadparast, P., & Jowkar, Z. (2018). Adhesion performance of a universal adhesive in the root canal: Effect of etch-and-rinse vs. Self-etch mode. *PLoS One*, **13**(4), e0195367.
- Shafiei, F., Saadat, M., & Jowkar, Z. (2018). Effect of laser heat treatment on Pull-out bond strength of fiber posts treated with different silanes. *J Clin Exp Dent*, **10**(5), e413–e418.
- Smith, C. T., Schuman, N. J., & Wasson, W. (1998). Biomechanical criteria for evaluating prefabricated post-and-core systems: A guide for the restorative dentist. *Quintessence Int (Berlin, Germany: 1985)*, **29**(5), 305–312.
- Soares, Carlos José, Raposo, L. H. A., Soares, P. V., Santos-Filho, P. C. F., Menezes, M. S., Soares, P. B. F., & Magalhães, D. (2010). Effect of different cements on the biomechanical behavior of teeth restored with cast dowel-and-cores-in vitro and FEA analysis. *J Prosthodont*, **19**(2), 130–137.
- Soares, Carlos Jose, Soares, P.V., de Freitas Santos-Filho, P. C., Castro, C. G., Magalhaes, D., & Versluis, A. (2008). The influence of cavity design and glass fiber posts on biomechanical behavior of endodontically treated premolars. *J Endod*, **34**(8), 1015–1019.
- Soares, Carlos José, Valdivia, A. D. C. M., da Silva, G. R., Santana, F. R., & Menezes, M. de S. (2012). Longitudinal clinical evaluation of post systems: A literature review. *Braz Dent J*, **23**(2), 135–140.
- Solomon, C. S., & Osman, Y. I. (2011). In vitro comparison of endodontic posts in structurally compromised roots of maxillary incisors. *SADJ: SADJ*, **66**(5), 220–223.
- Sreedevi, S., Sanjeev, R., Raghavan, R., Abraham, A., Rajamani, T., Govind, G. K., Samran, A., Al-Afandi, M., Kadour, J.-A., Kern, M., Porciani, P. F., Vano, M., Radovic, I., Goracci, C., Grandini, S., Garcia-Godoy, F., Ferrari, M., Chieruzzi, M., Pagano, S., Song, S. (2010). Rationale for low-modulus endodontic posts. *J Endod*, **29**(2), 909–928.
- Suzuki, T. Y. U., Gomes-Filho, J. E., Gallego, J., Pavan, S., Dos Santos, P. H., & Fraga Briso, A. L. (2015). Mechanical properties of components of the bonding interface in different regions of radicular dentin surfaces. *J Prosthet Dent*, **113**(1), 54–61.
- Tekin, S., & Cang, S. (2018). PEEK material in dentistry. *Int Dent Res*, **8**(2), 10.
- Thakur, A., & Ramarao, S. (2019). A comparative evaluation of fracture resistance of endodontically treated premolar teeth reinforced with different prefabricated and custom-made fiber-reinforced post system with two different post lengths: An in vitro study. *J Conserv Dent*, **22**(4), 376–380.
- Trushkowsky, R. D. (2011). Esthetic and functional consideration in restoring endodontically treated teeth. *Dent. Clin. North Am*, **55**(2), 403–410, x.
- Tsintsadze, N., Juloski, J., Carrabba, M., Tricarico, M., Goracci, C., Vichi, A., Ferrari, M., & Grandini, S. (2017). Performance of CAD/CAM fabricated fiber posts in oval-shaped root canals: An in vitro study. *Am J Dent*, **30**(5), 248–254.
- Vadavadagi, S. V., Dhananjaya, K. M., Yadahalli, R. P., Lahari, M., Shetty, S. R., & Bhavana, B. L. (2017). Comparison of Different Post Systems for Fracture Resistance: An in vitro Study. *J Contemp Dent Pract*, **18**(3), 205–208.
- Valdivia, A. D. C. M., Rodrigues, M. de P., Bicalho, A. A., Van Meerbeek, B., Sloten, J. V., Pessoa, R. S. E., & Soares, C. J. (2018). Biomechanical Effect of Ferrule on Incisors Restored with a Fiberglass Post and Lithium-Disilicate Ceramic Crown after Thermal Cycling and Fatigue Loading. *J Adhes Dent*, **20**(2), 133–142.
- Xin, H., Shepherd, D. E. T., & Dearn, K. D. (2013). Strength of poly-ether-ether-ketone: Effects of sterilisation and thermal ageing. *Polym Test*, **32**(6), 1001–1005.
- Zhou, L., & Wang, Q. (2013). Comparison of fracture resistance between cast posts and fiber posts: A meta-analysis of literature. *J Endod*, **39**(1), 11–15.