

LUÍS GUSTAVO NUNES DIAS DE PINHO

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FRATURA E DO MODO DE FALHA DE
REMANESCENTES RADICULARES COM PAREDES FRAGILIZADAS
RESTAURADOS COM DIFERENTES TIPOS DE RETENTORES
INTRARRADICULARES**

CAMPO GRANDE
2018

LUÍS GUSTAVO NUNES DIAS DE PINHO

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FRATURA E DO MODO DE FALHA DE
REMANESCENTES RADICULARES COM PAREDES FRAGILIZADAS
RESTAURADOS COM DIFERENTES TIPOS DE RETENTORES
INTRARRADICULARES**

Tese apresentada ao Centro de Pós-Graduação da FAMED/UFMS, para obtenção do grau de Doutor em Saúde e Desenvolvimento da Região Centro-Oeste.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Iandara Schettert Silva.

CAMPO GRANDE
2018

Dedico aos meus três amores, minha esposa Cíbele e meus filhos Breno e Laís, pois eles são a razão, o motivo para eu continuar em frente mesmo quando me deparo com momentos de desânimo e dificuldades, e aos meus pais Wilson e Eliza, que são os responsáveis pelo alicerce sólido em que sempre pautei minha vida. Estiveram me dando suporte em todos os momentos, oferecendo amor e ajuda em todas as etapas de minha caminhada. Amo vocês.

AGRADECIMENTOS

À DEUS por sempre me abençoar em minha jornada.

A professora Dr^a Landara Schettert Silva pela paciência e empenho em me orientar, mesmo quando me ausentei por um período maior.

Aos professores do programa de pós- graduação (PPGSD/UFMS), sempre empenhados em transmitir conhecimento, auxiliando em nosso processo de aprendizado.

Aos demais funcionários da FAMED/UFMS, que sempre quando solicitados me atenderam da melhor maneira possível.

Aos funcionários e professores da FAODO/UFMS, em especial a equipe de Prótese Dental, que disponibilizaram o laboratório da faculdade para que pudesse realizar os testes experimentais, me dando total suporte.

Aos colegas de turma, fundamentais durante essa árdua jornada, sempre preparados para prestar auxílio , contribuindo para o crescimento mútuo.

A todos vocês, meu muito obrigado de coração.

*Pouco conhecimento faz com
que as pessoas se sintam
orgulhosas. Muito
conhecimento, que se sintam
humildes. É assim que as
espigas sem grãos erguem
desdenhosamente a cabeça
para o Céu, enquanto que as
cheias as baixam para a terra,
sua mãe. (Leonardo da Vinci)*

RESUMO

A proposta desse trabalho foi avaliar a resistência à fratura e modo de falha de raízes de incisivos bovinos, com o canal radicular propositadamente ampliado, reforçados com diferentes materiais restauradores, e comparadas com raízes íntegras restauradas com núcleo metálico fundido. Foram selecionados 75 incisivos centrais inferiores bovinos, sendo seccionados transversalmente, deixando 14 mm de raiz. Uma sequência de desgastes padronizados foi utilizada para fragilizá-la, deixando as paredes remanescentes com 0,5 a 0,7 mm de espessura no terço cervical. O grupo controle (RI) apresentava as paredes remanescentes com 2,0 a 2,5 mm de espessura na borda cervical e foram restaurados com núcleo metálico fundido. Todas as amostras receberam uma coroa total metálica. Nos quatro grupos experimentais (n=15), um não sofreu preenchimento interno da raiz (SR) e nos outros três foram testados reforços de resina composta (RC) ou cimento de ionômero de vidro (CIV) associados a núcleo metálico fundido ou resina composta em associação com pino de fibra de vidro (PFV). Os testes foram aplicados em uma máquina de ensaio universal (Instron) com carregamento tangencial de compressão, incidindo na face palatina da coroa, formando um ângulo de 135° com o longo eixo da raiz, à velocidade de 1 mm/min. As médias em força obtidas foram de 330,45 N, 218,58 N, 186,54 N, 275,44 N e 295,10 N para os grupos Grupo RC, Grupo PFV, Grupo CIV, Grupo SR e Grupo RI respectivamente. Entre RC, SR e RI não houve diferença estatística para as forças médias obtidas. Os grupos PFV e CIV se diferem estatisticamente da força média obtida em relação aos grupos RC, SR e RI ($P < 0,05$) porém não diferem entre si, isto é, PFV e CIV são estatisticamente similares. Nos grupos PFV e CIV, houve maior incidência de falhas favoráveis, enquanto nos demais grupos com NMF prevaleceu falhas catastróficas.

Palavras-chave: Remanescentes radiculares. Resistência à fratura. Modo de falha. Núcleo metálico fundido. Pino de fibra de vidro. Cimento resinoso. Ionômero de vidro.

ABSTRACT

The objective of this manuscript was to evaluate the fracture resistance and failure mode of roots of bovine incisors with the root canal purposely enlarged, reinforced with different restorative materials and compared with intact roots restored with cast post and core. In this manuscript 75 bovine inferior central incisors were selected, being sectioned transversally and leaving only 14 mm of root. A standardized wear sequence was used to make them fragile, leaving the remaining walls with 0.5 to 0.7 mm thick in the cervical edge. In the control group (RI) the remaining walls had 2.0 to 2.5 mm thickness at the cervical edge and were restored with cast post and core. All samples received a total metallic crown. From the four experimental groups (n = 15), one group did not received internal root filling (SR) and the other three were tested for composite resin (RC) or glass ionomer cement (CIV) reinforcements associated with cast post and core or composite resin in association with fiberglass post (PFV). The tests were applied in a universal test machine (Instron) with tangential compression loading, focusing on the palatal side of the crown, forming an angle of 135° with the long axis of the root, at a speed of 1 mm / min. The force average values obtained were 330.45 N; 218.58 N; 186.54 N; 275.44 N and 295.10 N for the groups RC Group, PFV Group, Group IV, SR Group and RI Group. Among the RC, SR and RI groups there was no statistical difference for the obtained average forces. The PFV and CIV groups differ statistically from the mean force obtained in relation to the RC, SR and RI groups ($P < 0.05$). However PFV and CIV are statistically similar. In the PFV and IV groups, there was a higher incidence of favorable fractures, while in the other groups non-favorable fractures prevailed.

Keywords: Remaining roots, fracture strength, failure mode, cast post and core, fiberglass post, resin cement, Glass ionomer.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

JCE	JUNÇÃO CIMENTO/ESMALTE
NMF	NÚCLEO METÁLICO FUNDIDO
CIV	NÚCLEO METÁLICO FUNDIDO ASSOCIADO A IONÔMERO DE VIDRO
RC	NÚCLEO METÁLICO FUNDIDO ASSOCIADO A RESINA COMPOSTA
RI	NÚCLEO METÁLICO FUNDIDO COM RAÍZES ÍNTEGRAS
PFV	PINO DE FIBRA DE VIDRO COM RESINA COMPOSTA
SR	NÚCLEO METÁLICO FUNDIDO SEM PREENCHIMENTO RADICULAR

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DA LITERATURA	12
3 OBJETIVOS.....	43
4 METODOLOGIA	44
4.1 Abreviaturas utilizadas	44
4.2 Utilização de raízes selecionadas	44
4.3 <i>Preparo intrarradicular para simular raízes debilitadas.....</i>	<i>47</i>
4.4 <i>GrupoRI- com raízes íntegras</i>	<i>48</i>
4.5 <i>Grupos com raízes fragilizadas</i>	<i>49</i>
4.5.1 <i>GRUPO SR</i>	<i>49</i>
4.5.2 <i>GRUPO RC.....</i>	<i>50</i>
4.5.3 <i>GRUPO CIV</i>	<i>51</i>
4.5.4 <i>GRUPO RC.....</i>	<i>52</i>
4.6 <i>Montagem dos corpos de prova</i>	<i>54</i>
4.7 <i>Ensaio de resistência á fratura</i>	<i>56</i>
5 RESULTADOS.....	59
5.1 Resistência à fratura	59
5.2 Modo de falha	60

6 DISCUSSÃO	63
7 CONCLUSÃO	66
REFERÊNCIAS.....	67
ANEXO 01 (artigo publicado).....	73
ANEXO 02 (aceite da revista).....	87

1 INTRODUÇÃO

Uma das principais características da Odontologia moderna é a busca por materiais e técnicas novas que permitam a manutenção dental mesmo em situações mais críticas, o tratamento endodôntico acaba levando muitas vezes à perda de tecido saudável, que associado à perda estrutural causada por lesões cáries extensas, geralmente nos obriga a lançar mão de pinos intrarradiculares. Tradicionalmente um pino metálico fundido tem sido usado para esse propósito. O clínico muitas vezes se confronta com um dilema, o quanto de estrutura dentária sacrificar em nome do ganho em retenção e, somado a isso, há também uma falta de consenso sobre duas questões fundamentais a respeito das diferentes técnicas pra retentores intrarradiculares: se fornecem uma eficiente reabilitação dentária e se aumentam a preservação e proteção da estrutura dental remanescente (Coelho et al., 2009).

Devido à evidente melhoria nas propriedades mecânicas das resinas compostas e resistência de união dos adesivos resinosos, tais materiais têm sido usados para núcleo de preenchimento com pinos de aço inoxidável, pinos de fibra de quartzo, pinos de fibra de carbono, ou pinos de fibra de vidro ao invés de um núcleo metálico fundido. Porém o emprego desses pinos é, muitas vezes, dificultado ou até mesmo inviabilizado quando a porção radicular apresenta-se enfraquecida por cáries extensas, reabsorções internas, restaurações anteriores, iatrogenias, entre outras, uma vez que a resistência à fratura radicular pode ser influenciada pela quantidade de dentina remanescente, sendo assim, a dentina ao redor do conduto deve ser preservada o quanto possível durante a preparação do canal radicular para receber o pino. Se o canal é excessivamente enfraquecido a restauração se torna

mais complicada, pois o estresse tende a se concentrar em áreas específicas, o que pode aumentar o risco de fratura.

A reconstrução desses dentes é um dos desafios da odontologia restauradora. Nesse sentido, Ayad et al. (2010) afirmaram que decisões referentes à seleção de materiais e técnicas para restaurar canais radiculares com estrutura de parede enfraquecidas se tornam difíceis pelo número de opções que têm sido propostas. Para Delfino & Nagle (2003) nos casos em que o diâmetro cervical do conduto radicular for demasiadamente amplo, a possibilidade de fratura aumenta. Nesses casos, deve se restaurar as paredes radiculares e devolver o diâmetro interno do canal o mais próximo do normal antes da cimentação de um pino intracanal. Sendo assim, como não há um consenso sobre como lidar com raízes fragilizadas, novos estudos devem ser realizados.

Este trabalho se propõe a mensurar a resistência à fratura dos remanescentes radiculares, restaurados por meio de diferentes técnicas: pinos de fibra de vidro associados com resinas compostas fotopolimerizáveis, núcleos metálicos fundidos associados ou não ao uso de reforço radicular (resina fotopolimerizável ou ionômero de vidro), além de analisar o modo de falha dos corpos de prova, avaliando a propagação das trincas e fraturas através de incidências radiográficas, classificando em falhas favoráveis/não-catastróficas e desfavoráveis/catastróficas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Meister et al. (1980) afirmaram que fraturas verticais são usualmente associadas a tratamento endodôntico, podendo ser causadas por força excessiva durante a condensação lateral da guta-percha ou preparo muito amplo do conduto.

McDonald et al. (1990) já haviam relatado, em suas pesquisas, que um pino poderia servir não só para reter a coroa artificial, mas também para "reforçar" a estrutura dental remanescente. Por essa razão, os pinos poderiam ser inseridos em dentes com raiz tratada, mesmo quando a coroa permanecesse relativamente intacta. Sugeriram, por meio de seu estudo, não haver diferença na vantagem mecânica – no que diz respeito à resistência à fratura – em se usar um pino metálico ou de fibra de carbono em raízes intactas com tratamento endodôntico.

Sornkul & Stannard (1992), segundo seus achados, apontaram que raízes íntegras possuem maior resistência à fratura em comparação a dentes endodonticamente tratados e restaurados com diferentes técnicas. O preparo inicial do dente promove enfraquecimento significativo da raiz e existem três fatores importantes para redução da fratura do dente: quantidade de estrutura dentária remanescente, resistência do pino e núcleo de preenchimento e interface de cimentação entre pino e dente.

Saupe et al. (1996) asseveraram que retentores intrarradiculares são normalmente indicados para retenção e reforço da restauração final. A situação clínica se torna mais desafiadora se a raiz exibe desenvolvimento incompleto ou extensa perda de estrutura dentária, seja por processo carioso, instrumentação excessiva ou pino intrarradicular muito volumoso já instalado. Essa parede radicular

residual fina pode comprometer a longevidade do tratamento. Quando testaram raízes de incisivos centrais humanos, simulando um amplo desgaste interno, deixando-as com paredes finas entre 0,5 a 0,75mm de espessura na borda radicular, demonstraram que raízes reforçadas com resina composta para estreitar a luz do conduto radicular antes da confecção de núcleo metálico fundido possuíam uma resistência à fratura variando de 41% a 52,4% maior do que as raízes que tiveram núcleos metálicos fundidos preparados sem reforço radicular.

Gonçalves et al. (1997) compartilham a ideia de que paredes radiculares de pouca espessura ocasionam o enfraquecimento do remanescente dental o que pode, devido a forças de cisalhamento causadas pelo retentor intracanal, levar à fratura e perda do elemento. Apoiado em novas técnicas e materiais, o clínico deve buscar uma solução terapêutica que não seja a exodontia.

Mori et al. (1997) entenderam que a restauração de dentes com tratamento endodôntico visa à reposição de estruturas dentais removidas durante a abertura e o acesso ao endodonto, a instrumentação do canal radicular e a remoção de restaurações antigas e de tecido cariado. O retentor intrarradicular fundido deverá substituir parte da estrutura dental perdida ou removida e suportar o esforço da mastigação sem sofrer deformação e deslocamento, dissipando as cargas e protegendo o remanescente radicular.

Martinez – Insua et al. (1998) demonstraram em seu trabalho, ao testar resistência à fratura de raízes de pré-molares humanos restauradas com pino de fibra de carbono associado a núcleo de preenchimento de resina composta ou núcleo metálico fundido de liga áurica, ambos cimentados com cimento resinoso e cobertos por coroa total metálica de Ni-Cr, cimentadas com cimento de ionômero de vidro, que as amostras que receberam o núcleo metálico tiveram resistência à

fratura significativamente maior. No entanto, no grupo com pino de fibra de carbono a falha normalmente ocorreu no pino ou núcleo de preenchimento enquanto que, no grupo com pino metálico, mais de 90% das amostras sofreram fraturas radiculares.

Cormier et al. (2001) observaram que falhas envolvendo restaurações com pinos abrangem de 3% a 10% de todas as falhas envolvendo dentes restaurados. O aumento do comprimento do pino gera um aumento da resistência à fratura radicular, porém o aumento do diâmetro do pino leva a diminuição da resistência. Quando se usam pinos metálicos fundidos cônicos, obtém-se um maior número de falhas não restauráveis (falhas catastróficas). Com a integração das técnicas adesivas ao uso dos pinos de fibra, é possível fazer uma restauração tipo monobloco, abrangendo raiz, pino, núcleo de preenchimento e coroa em vez da associação de materiais heterogêneos. Isso se torna interessante para o clínico devido às propriedades estéticas desses materiais, especialmente devido ao uso cada vez maior de restaurações de cerâmica pura, possibilitando prevenir o escurecimento gengival causado por estruturas metálicas.

Ferrari et al. (2000) alertaram para o fato de dentes com tratamento endodôntico e defeitos na coroa geralmente precisarem ser restaurados com pinos intrarradiculares para servir de ancoragem para a restauração final. Pinos metálicos fundidos têm sido largamente utilizados devido a suas propriedades físicas e biocompatibilidade. Infelizmente, várias desvantagens ocorrem com uso desses pinos tais como perda de retenção da coroa ou do pino, potencial para fratura radicular e risco de corrosão, quando metais diferentes são envolvidos na restauração final.

O pino metálico é o componente mais rígido do sistema, resistindo às forças sem distorção, porém transmitindo tensões para a dentina radicular, podendo

levar à falha do sistema, incluindo fratura dental. A diferença do módulo de elasticidade da dentina e do material do pino é um agravante para a concentração de stress nas estruturas da raiz. Em um estudo retrospectivo, acompanharam durante quatro anos o comportamento clínico de dentes tratados com núcleos metálicos fundidos (NMF) e pinos resinosos reforçados com fibra (PRF). Foram selecionados 200 pacientes, sendo que 100 receberam NMF cimentados com fosfato de zinco e 100 receberam PRF com cimentação adesiva. Retornos com seis meses, um, dois e quatro anos foram feitos para que avaliações pudessem ser realizadas.

No grupo com PRF 95% de sucesso foi alcançado, 3% foram excluídos por não comparecimento e 2% apresentaram falhas endodônticas. Com NMF a taxa de sucesso ficou em 84%, 2% foram excluídos por não comparecimento, 9% apresentaram fratura radicular, 2% apresentaram descimentação da coroa e 3% falhas endodônticas. A avaliação estatística mostrou diferença significativa entre os grupos, permitindo aos autores concluir que sistemas com PRF foram superiores aos NMF convencionais após quatro anos de acompanhamento clínico.

Dias et al. (2001) relataram que dentes endodonticamente tratados muitas vezes requerem a realização de procedimentos especiais para restaurar as estruturas dentárias perdidas e proteger o remanescente dental, principalmente. Esses procedimentos, muitas vezes passam por preparos intrarradiculares seguidos da instalação de pinos ou núcleos que sirvam como base de apoio e retenção para uma prótese parcial fixa. No entanto, eles podem predispor o dente a um fracasso, em especial se o profissional tiver falta de conhecimento da anatomia radicular, instalar pinos curtos e realizar preparos excessivamente amplos do canal. O diâmetro e o comprimento do pino no interior do conduto devem proporcionar um

reforço à parte coronária do dente, sem comprometer a resistência das paredes do remanescente radicular.

Akayan & Gülmez (2002), ao testar resistência à fratura e modo de falha de dentes caninos superiores humanos – que tiveram a coroa removida na junção cimento/esmalte e terapia endodôntica realizada e, na sequência, restaurados com quatro diferentes sistemas de retentores intrarradiculares, sendo eles, pino de titânio, pino de fibra de vidro, pino de fibra de quartzo e pino de zircônio – demonstraram que os maiores valores no que se refere à resistência à fratura foram das raízes associadas a pinos de quartzo (91,2 kgf) seguidos por pinos de zircônio, fibra de vidro e de titânio, com 78,91kgf, 75,9 kgf e 66.95 kgf, respectivamente. As fraturas que ocorreram com pinos de quartzo e fibra de vidro foram consideradas fraturas favoráveis (possíveis de serem restauradas novamente), porém com pinos de titânio e zircônio essas fraturas foram catastróficas, tornando a raiz condenada.

Delfino & Nagle (2003) descrevem que pinos estéticos foram idealizados como uma alternativa aos pinos metálicos. Devido as suas propriedades óticas, eles não interferem nas propriedades estéticas das restaurações, uma vez que a translucência e a cor desses pinos são similares à dentina. O indesejável aspecto escurecido dos pinos metálicos não ocorre, assim como não há o acúmulo dos produtos da corrosão do metal no remanescente radicular ou no tecido gengival adjacente. Dentre os pinos estéticos, destacaram os pinos de fibra de vidro que, de forma geral, são compostos de fibras dispostas paralelamente (cerca de 40% em peso) envolvidas em matriz de BIS-GMA (30% em peso) e de partículas inorgânicas (29% em peso). Além da estética, apresentam características físicas e mecânicas semelhantes à estrutura dental, bem como são, em sua maioria, fototransmissores, o

que é desejável quando se trabalha com cimentação adesiva e reforço radicular com resina composta.

Grandini et al. (2003) afirmaram que a introdução no mercado dos pinos pré-fabricados de fibra no início dos anos 90 causou um grande impacto na comunidade odontológica no que se refere aos procedimentos para restauração de dentes com tratamento de canal. Várias pesquisas continuaram sendo realizadas, levando à modificação das fibras (do carbono para o quartzo e para o vidro) e da forma desses pinos. Dessa maneira, novas técnicas foram desenvolvidas e, entre elas destaca-se a do pino anatômico, em que o pino de fibra de vidro é envolto por resina composta modelada no interior do conduto, confeccionando assim um pino individualizado, com adaptação precisa ao canal radicular, o que permite uma fina camada de cimento na interface pino/raiz, melhorando a retenção e propriedades mecânicas. Essa técnica é bastante recomendada em situações em que se tem condutos excessivamente amplos, seja por cáries, instrumentação excessiva ou imaturidade radicular. Nessas situações, devido à espessura bastante fina do remanescente radicular, não se recomenda instrumentação do canal para regularização das paredes internas, o que levaria a uma maior fragilidade. Tem-se, assim, um pino adaptado ao conduto e não o contrário.

Marchi et al. (2003) pesquisaram a resistência à fratura de incisivos mandibulares bovinos que tiveram seu canal radicular ampliado internamente (com exceção do grupo controle em que as raízes foram mantidas íntegras), simulando uma raiz fragilizada e, na sequência, restaurados, usando quatro diferentes técnicas. Todos os quatro grupos tiveram um pino metálico pré-fabricado instalado (Radix-Anker nº 3): no grupo 1 apenas foi usado o pino associado ao cimento resinoso dual; no grupo 2 foi usado o pino associado a um cimento de ionômero de vidro

modificado por resina, com o intuito de tanto reter o pino como preencher internamente a raiz; já no grupo 3 foi usado o pino cimentado com cimento resinoso dual num conduto artificial formado pelo compômero utilizado para preenchimento radicular e, no grupo 4, foi usado o pino cimentado com cimento resinoso dual num conduto artificial preparado em resina composta utilizada para preenchimento radicular.

Após as amostras serem carregadas até a fratura em uma máquina de Ensaio Universal, sob um ângulo de 135° em relação ao longo eixo dental, os autores demonstraram que os maiores valores foram obtidos pelo grupo composto por raízes íntegras (52,38 kgf). Nas raízes fragilizadas, o maior valor foi obtido quando se usou o ionômero modificado por resina (42,68 kgf), seguido pelo compômero (39,33 kgf), resina composta (39,29 kgf) e, por último, o grupo em que se usou apenas o cimento resinoso dual (31,75 kgf).

Guimarães et al. (2004), após realizarem revisão da literatura sobre temas relacionados com pinos, concluíram que fratura dental é um problema frequentemente relacionado com dentes tratados endodonticamente. Entre as principais causas desse problema, a diminuição da quantidade de estrutura dentária parece ser a mais significativa, e a utilização de pinos intrarradiculares deve ser feita com cautela, apenas quando realmente necessária, pois pode induzir concentração de tensões na raiz. Fatores como alteração das propriedades mecânicas e do conteúdo de água, técnica de condensação lateral e corrosão de pinos intrarradiculares apresentam importância secundária.

Mitsui et al. (2004) compararam a resistência à fratura de incisivos bovinos restaurados, usando-se cinco diferentes tipos de retentores intrarradiculares sendo eles, núcleo metálico fundido, pino de titânio (Radix-anker), pino de fibra de

carbono (C Post), pino de fibra de vidro (Fibrekorpost) e pinos de óxido de zircônio (Cosmopost), submetidos à carga numa velocidade de 0,5mm/min em uma direção de 135° em relação ao longo eixo da raiz. Demonstraram que os pinos de titânio tinham valores mais altos de resistência à fratura quando comparados com pinos de fibra de vidro e de óxido de zircônio. Porém, não houve diferença estatisticamente significativa entre os dentes restaurados com núcleo metálico fundido e com pinos pré-fabricados.

Schwartz & Robbins (2004) concluíram que, se princípios básicos forem seguidos na restauração de dentes com tratamento endodôntico, assim como garantir comprimento suficiente do pino, evitar contaminação do canal e preservação de estrutura coronária e radicular, é possível atingir elevado índice de sucesso com muitos dos sistemas de retentores intrarradiculares existentes. Entretanto alguns pinos devem ser evitados devido à resistência inadequada e dificuldade de remoção se retratamento for necessário, como os pinos de titânio, que são relativamente fracos e sujeitos à fratura em pequenos diâmetros. Postes autorrosqueantes devem ser usados apenas quando se busca máxima retenção, uma vez que eles geram concentração de tensão na estrutura radicular. Pinos cerâmicos e de zircônio geralmente impossibilitam o retratamento, devendo ser evitados. Para eles, analisando estudos in vitro, pinos de fibra se destacam, apresentando performances semelhantes aos pinos metálicos, com a vantagem de apresentarem falhas mais favoráveis do que estes.

Nakamura et al. (2005), por meio de análise com elementos finitos, avaliaram a distribuição de tensões em incisivos centrais superiores com tratamento endodôntico e restaurados com pino (núcleo metálico fundido, pino metálico e pino de fibra de vidro) e coroa de cerâmica pura. Quatro situações diferentes foram

testadas, sendo elas: comprimento do retentor de 1/3 da raiz, comprimento do retentor de 2/3 da raiz, diâmetro do retentor de 1/3 da raiz e diâmetro do retentor de 2/3 da raiz. Quando se usaram pinos pré-fabricados, núcleos foram construídos em resina. Pelos resultados obtidos, os autores sugeriram que o uso de um pino de fibra de vidro longo e estreito é efetivo na redução de tensões que possam levar à fratura em dentes anteriores com canal tratado e restaurado com coroas de cerâmica pura.

Teixeira et al. (2005) usaram 30 incisivos centrais humanos, que tiveram seus condutos ampliados artificialmente após a extração, simulando raízes com paredes fragilizadas, sendo em seguida divididos aleatoriamente em três grupos (n=10). Em cada grupo, uma quantidade de pino fibroresinoso foi cimentada: G1-um pino principal, G2- dois pinos principais e G3 um pino principal e dois acessórios; núcleos de preenchimento em resina composta foram confeccionados em todas as amostras. As amostras foram submetidas a teste de compressão em que os seguintes valores médios foram obtidos, grupo 3 (48,8 kgf), grupo 2 (43,9 kgf) e grupo 3 (40 kgf). Houve diferença estatisticamente significativa apenas entre G3 e G1. Somente falhas favoráveis foram observadas nos três grupos. Essas fraturas acometem apenas o terço cervical e não impossibilitam a reutilização da raiz para confecção de um novo trabalho.

Clavijo et al. (2006) descreveram que restaurações de dentes com perda excessiva de estrutura coronária e radicular representam um desafio para a odontologia moderna. Alternativas para os núcleos metálicos fundidos devem ser buscadas, objetivando materiais com módulo de elasticidade mais próximo à dentina, gerando uma melhor distribuição das tensões. Os esforços tem se concentrado em desenvolver um sistema de núcleos com propriedades físicas e

biológicas mais semelhantes à estrutura dental e que possam atuar como dentina artificial.

Entre as técnicas propostas com essa finalidade, destaca-se a utilização de pinos anatômicos, em que um pino de fibra de vidro é usado, circundado por resina composta que será modelada no conduto radicular e fotopolimerizada na sequência. Essa manobra melhora a adaptação do pino ao canal radicular, diminuindo o excesso de cimento que seria necessário pra preencher a luz do canal excessivamente amplo.

Freitas et al. (2006) realizaram revisão da literatura específica sobre sistemas de retentores intrarradiculares. Para eles, dentes desvitalizados que possuem grande perda estrutural são um grupo de risco no que se refere à resistência à fratura. A necessidade em se reconstruir esses dentes com pinos radiculares constitui um desafio para os profissionais da área, principalmente devido à grande quantidade de materiais e técnicas existentes. Além de pinos e núcleos metálicos fundidos, há também uma gama muito grande de pinos pré-fabricados, metálicos e não metálicos, que são utilizados em combinação com o material do núcleo coronário (resina, amálgama ou cimento de ionômero de vidro).

Gonçalves et al. (2006) usaram em seu trabalho 48 incisivos centrais superiores humanos com o intuito de avaliar o reforço radicular em raízes enfraquecidas por intermédio de diferentes técnicas. Após remoção da coroa e padronização do comprimento radicular em 13 mm, foi realizado o tratamento endodôntico seguido da desobturação parcial do conduto. Foram obtidos seis grupos, sendo um grupo controle no qual foi realizado um núcleo metálico fundido (NMF) em CuAl e cinco grupos experimentais.

Nesses grupos, foram realizados desgastes com brocas para simular raízes debilitadas. Em seguida, quatro desses grupos tiveram a luz do conduto diminuída por meio de resina composta (uma marca de resina composta para cada grupo) fotopolimerizada com o auxílio de pino fototransmissor Luminex (Dentatus) e um pino pré-fabricado de titânio cimentado com cimento resinoso. No quinto grupo experimental, apenas foi confeccionado um NMF sem reforço prévio das raízes. Os NMF também foram cimentados usando o mesmo cimento resinoso. Após ser aplicada carga em ângulo de 135° com o longo eixo do dente, até que ocorresse fratura, os autores demonstraram que não há diferença estatística entre os grupos com reforço de resina, e que essa técnica aumenta significativamente a resistência à fratura quando comparada com o grupo em que foi instalado NMF de CuAl sem reforço radicular.

Grieznis et al. (2006) comparam a resistência à fratura de pré-molares restaurados com núcleo metálico fundido (NMF) sob carga oblíqua de 30° em relação ao dente. Realizaram dois grupos: o primeiro, com diâmetro da parte radicular do NMF de 1.14mm e, o segundo, com diâmetro de 1.75mm, cimentados ao dente com fosfato de zinco. A média da carga para fratura no grupo com pinos mais estreitos foi de 2.938,85 N e, para os mais largos, foi de 1.672,7 N, o que comprovou que raízes com menos remanescente dentinário restauradas com pino possuem menor resistência.

Salam et al. (2006) testaram resistência à fratura e modo de falha em pré-molares unirradiculares inferiores sob aplicação de força oblíqua, por intermédio de ciclagem mecânica (40.000 ciclos em ambiente úmido). Usaram 60 dentes (três grupos de 20 amostras) com a coroa removida e restaurados através de pino de titânio e núcleo de preenchimento em resina dual (grupo A), pino de fibra de vidro e

núcleo de preenchimento em resina dual (grupo B) e apenas núcleo de preenchimento penetrando 3 mm no canal radicular, sem uso de pino (grupo C – controle).

No grupo sem presença de pino intrarradicular (grupo controle), os valores foram significativamente menores, comprovando os achados da literatura, em que raízes sem remanescentes coronários necessariamente necessitam de retentores intrarradiculares para sustentarem uma coroa total. Nos grupos experimentais, quanto se usou pino de titânio, mais fraturas radiculares ocorreram e, com pino de fibra de vidro, falhas relacionadas ao pino foram mais frequentes, sem que ocorressem fraturas catastróficas.

Stricker & Göhring (2006) salientaram que, apesar das vantagens em se usar um pino pré-fabricado, como baixo custo e menor tempo de conclusão, alguns pinos pré-fabricados possuem uma indicação bastante cuidadosa, devido ao seu alto módulo de elasticidade comparado com o módulo de elasticidade da dentina (18 GPa) como, por exemplo, pino de titânio (115 GPa), pino de aço inoxidável (170 GPa) e pino de zircônio (200 GPa). Dessa forma, pinos de fibra (vidro ou carbono) possuem um melhor comportamento no que se refere à distribuição de tensões ao longo de toda a estrutura dental e de suporte, uma vez que possuem um módulo de elasticidade bem mais próximo à dentina (20 – 30 GPa).

Liang et al. (2007) usaram incisivos centrais superiores que tiveram a coroa removida na junção cimento/esmalte e, em seguida, o tratamento endodôntico realizado. Os condutos foram desobturados até 8.0 mm de profundidade e ampliados por meio da remoção da dentina circundante, até que as paredes radiculares ficassem com 1.0 mm de espessura, aproximadamente. Foram aleatoriamente divididos em dois grupos: um foi restaurado por intermédio de núcleo

metálico fundido (NMF), reproduzindo as dimensões internas do canal radicular; e o outro teve a aplicação de resina internamente nas paredes radiculares, na espessura aproximada de 1.0 mm e confecção de um NMF de menor diâmetro.

Todas as amostras tiveram coroas metalo-cerâmicas instaladas, uma fina camada de silicone aplicada na superfície radicular para simular o ligamento periodontal e, em seguida, foram imersas em cilindros preenchidos com resina autopolimerizável. Uma força constante de 2.0 mm/min foi aplicada em uma ranhura na superfície palatina da coroa, 2.0 mm abaixo da borda incisal, em um ângulo de 135° com o longo eixo dental até que ocorresse falha. Os valores obtidos foram significativamente diferentes com o grupo formado apenas por NMF apresentando como valor médio 360.8 N, enquanto o grupo formado por reforço radicular de resina + NMF de menor diâmetro ficou em 639,3 N. Dessa maneira, os autores concluíram que reforçar internamente raízes fragilizadas com resina pode aumentar consideravelmente a resistência à fratura.

Menezes Filho et al. (2007) usaram em seu trabalho 30 caninos que tiveram a coroa removida, padronizando a raiz em 17 mm, terapia endodôntica e desobstrução parcial dos condutos. Os dentes foram aleatoriamente distribuídos em três grupos (n=10) que receberam diferentes retentores intrarradiculares. O primeiro grupo recebeu um pino de fibra de carbono, o segundo um pino de fibra de vidro e o terceiro uma ponta diamantada de aço inoxidável (2200) como retentor. Incluídos em cilindros plásticos com resina autopolimerizável, foram levados à máquina de ensaios universal, mantidos mediante anteparo em ângulo de 135° em relação à ponta aplicadora de força. Como resultado obtiveram os seguintes valores necessários para que ocorresse fratura: pino de fibra de vidro (50,9 kgf), pino de fibra de carbono (66,7 kgf) e ponta diamantada (82,5 kgf). Apesar da maior

resistência do grupo com a ponta diamantada, todas as amostras desse grupo tiveram fraturas radiculares, fato que não ocorreu nos outros dois grupos.

Moschetta et al. (2007), buscando avaliar o comportamento de incisivos bovinos que tiveram a coroa removida, no que diz respeito a resistência à fratura, realizaram terapia endodôntica e, em seguida, restauraram as raízes usando um pino de fibra de vidro ou um pino metálico pré-fabricado, associados a núcleo de preenchimento em resina e coroa total metálica. Aplicaram carga oblíqua em 135° até que ocorresse falha ou fratura e, de posse dos valores, aplicaram as análises estatísticas, concluindo não haver diferença entre pinos metálicos ou de fibra de vidro, com núcleo em resina composta e coroa total metálica.

Varvara et al. (2007) avaliaram a resistência à fratura e modo de falha de incisivos centrais superiores com canal tratado tendo diferentes alturas de remanescente coronário. Como grupo controle, realizaram núcleo de preenchimento em resina, penetrando 2 mm no canal radicular, sem uso de pino, e os dois grupos experimentais foram restaurados com pino de fibra de carbono ou núcleo metálico fundido. Variaram a altura do remanescente coronário em relação à junção cimento/esmalte em 0, 2, 4 ou 5 mm e coroas metálicas foram confeccionadas para todas as amostras.

Após o teste de compressão e análise estatística, concluíram que os grupos experimentais tiveram resistência à fratura significativamente maior que o grupo controle, o aumento na altura do remanescente coronário elevou a resistência para todos os grupos e os núcleos metálicos fundidos apresentaram resistência à fratura maior do que os pinos de fibra de carbono, porém o modo de falha do primeiro geralmente foi catastrófico, enquanto do segundo foi favorável.

Wu et al. (2007) testaram resistência à fratura de incisivos centrais superiores humanos com condutos enfraquecidos propositadamente por meio de preparos cônicos amplos de tamanhos semelhantes, feitos com ponta de diamante até uma profundidade de 8,0 mm, deixando cerca de 1,0 mm de espessura das paredes dentinárias. Foram feitos três grupos: 1 – apenas núcleo metálico fundido (NMF) em Ni-Cr; 2 – reforço das paredes internas com resina + NMF e 3 – reforço das paredes internas com cimento de ionômero de vidro (CIV) + NMF. Todos os NMF foram cimentados usando um cimento resinoso e coroas metalo-cerâmicas foram confeccionadas. Cada raiz foi revestida com uma camada fina (aproximadamente 0,1 - 0,2 mm) de um silicone de adição para simular o ligamento periodontal. Uma carga estática unidirecional foi então aplicada utilizando uma máquina universal de testes a uma velocidade de 2,0 mm/min., formando um ângulo de 135° com o eixo longitudinal da raiz. Ficou demonstrado que uma força média, significativamente maior, foi necessária para fraturar as raízes dos dentes do Grupo 2 – que tinham uma camada espessa intermédia de resina circundando o pino de pequeno diâmetro de Ni-Cr – se comparadas ao Grupo 1 (somente NMF) e Grupo 3 (CIV + NMF).

Clavijo et al. (2008) relataram que a utilização dos pinos de fibra de vidro é cada vez mais frequente na reabilitação de dentes tratados endodonticamente sendo, na maioria das vezes, a primeira escolha em casos de dentes apresentando canais amplos ou fragilizados devido ao seu módulo de elasticidade se assemelhar ao das estruturas dentárias. Um empecilho, porém, é o fato de uma grande quantidade de cimento ser necessária nesses casos, uma vez que o diâmetro do pino é bem inferior à luz do conduto, principalmente no terço cervical. Uma solução viável para esses casos é a utilização de pinos anatômicos, que consistem em um

pino de fibra de vidro reembasado com resina composta, modelada no interior do conduto, formando um pino personalizado, diminuindo a quantidade de cimento na interface retentor/parede radicular.

Kaiser et al. (2008) esclareceram que, até final dos anos 80, os núcleos metálicos fundidos (NMF) eram, com larga vantagem, o recurso mais usado na restauração de dentes tratados endodonticamente, quando a retenção radicular se fazia necessária. Porém, em casos de raízes debilitadas por deficiência estrutural interna, o NMF possui sua indicação limitada, podendo desencadear fraturas na raiz, além de gerar um efeito de cunha no interior do conduto e possuir um módulo de elasticidade bem superior à dentina. Como alternativa, foram desenvolvidos pinos não metálicos, à base de compósitos reforçados com fibras, o que associa elementos de alta resistência a uma matriz resinosa.

Albashaireh et al. (2009) avaliaram a retenção de pinos de fibra de vidro quando várias formas de condicionamento radicular foram aplicadas. Em um grupo, apenas primer e cimento resinoso foi usado e, nos outros, foram utilizados condicionamento com ácido fosfórico (variando o tempo em 15 ou 30 segundos) e adesivo e cimento resinoso (variando o sistema adesivo e cimento). Foram testadas raízes unitárias submetidas à força de tração e o estudo mostrou que, quando não houve condicionamento ácido, os piores resultados foram encontrados e, com 15 segundos de condicionamento, os resultados foram melhores do que quando se condicionou a dentina radicular por 30 segundos.

Alto et al. (2009) afirmaram que, mesmo com a grande variedade de diâmetros disponíveis de pinos de fibra de vidro, em situações que apresentem dentes endodonticamente tratados com desgaste excessivo ou com condutos naturalmente amplos, nenhum sistema de pinos no mercado dispõe de diâmetro

compatível. Por esses dentes apresentarem maior suscetibilidade à fratura, a utilização de pinos de fibra, com módulo de elasticidade semelhante ao da dentina, juntamente com técnicas adesivas, deveria ser a primeira alternativa restauradora.

Coelho et al. (2009) analisaram a distribuição das tensões em restauração de raízes enfraquecidas restauradas com pinos intracanal e resina composta, submetidas a cargas oblíquas, por intermédio de elementos finitos. Utilizaram como modelo um incisivo central hígido e um incisivo central com conduto alargado, restaurado com resina composta para diminuir a luz do canal associada a seis diferentes retentores: NMF de CuAl, pino de aço inoxidável, pino de titânio, pino de zircônio, pino de fibra de carbono e pino de fibra de vidro, recobertos por coroa de cerâmica reforçada por leucita. Após analisarem o resultado, concluíram que a distribuição das tensões foi altamente influenciada pelo pino intracanal, sendo diferente entre pinos metálicos e não metálicos; e também que pinos de fibra de vidro ou carbono, quando comparados com os metálicos, apresentaram uma distribuição de tensões mais homogênea, semelhante ao dente hígido. Sendo assim, há um menor risco de falha catastrófica em canais com condutos excessivamente amplos restaurados com pinos reforçados por fibra de vidro ou carbono.

Fukui et al. (2009), validando os resultados da literatura específica, salientaram que algumas pesquisas apresentavam métodos de reforço de paredes radiculares com pouca espessura. A maioria destacava a importância em se polimerizar completamente a resina no canal radicular mediante o uso de pino fototransmissor para se conseguir uma adequada resistência. Em muitos desses estudos, um ganho na resistência à fratura e um modo de falha mais favorável (fraturas não catastróficas) foram observados quando se empregou resina composta com pinos de fibra de vidro. Em seu trabalho, os pesquisadores testaram diferentes

sistemas de pinos em raízes bovinas comprometidas estruturalmente. Confeccionaram quatro grupos: núcleo metálico fundido (NMF) apenas, resina composta apenas, pino de fibra de vidro com resina composta e NMF de menor diâmetro circundado por camada de resina composta, reforçando a raiz internamente. Demonstraram, após o teste de compressão, que o grupo que usou NMF e resina composta reforçando o canal apresentou propriedades mecânicas melhores na reabilitação de raízes comprometidas.

Garoushi et al. (2009) propuseram, em seu experimento, comparar a resistência à fratura de incisivos superiores restaurados com dois tipos de sistemas de pino associados a uma coroa total de resina. Trinta dentes foram distribuídos em três grupos (n=10), sendo um grupo controle (dentes hígidos) e dois grupos experimentais. Em um, foi usado para confeccionar o pino e núcleo, em corpo único, uma resina composta experimental formada por 22,5% do seu peso de filamentos de fibra de vidro, 22,5% do seu peso de matriz resinosa e 55% do peso de partículas de sílica ($3 \pm 2\mu\text{m}$) e, no outro, foi usado pino de fibra de vidro e resina composta como núcleo de preenchimento. Nos dois grupos os pinos foram cimentados com cimento resinoso de cura dual.

Submetidos ao teste de compressão com força estática aplicada em 45° entre a superfície palatina e a ponta aplicadora de força e a uma velocidade de 1 mm/min até que ocorresse fratura ou falha, ficou demonstrado que os valores obtidos pelos grupos experimentais foram bem menores do que o grupo com dentes hígidos, contudo, quando comparados entre si, o grupo com a resina composta experimental apresentou maior valor médio (363 N) do que o grupo com pino de fibra de vidro e resina (211 N).

Hsu et al. (2009) usaram elementos finitos para estudar o efeito do comprimento e do material que compõe o pino na distribuição de tensões em incisivos centrais superiores com canal tratado. Para eles, um pino muito longo acaba acarretando remoção excessiva de dentina e dificuldade para retratamento caso haja necessidade. Testaram pino de fibra de vidro, pino de aço inoxidável e núcleo metálico fundido em diferentes profundidades na raiz – 7, 10 e 13 mm. Simularam uma aplicação de força de 300 N na face palatina em uma direção de 45° com o longo eixo dental e concluíram que, quando se usa um retentor metálico, este deve ser o mais longo possível, enquanto o comportamento biomecânico dos pinos de fibra de vidro são menos sensíveis em relação a seu comprimento.

Karapinar Kazandag et al. (2009) enfatizaram que a literatura endodôntica tem se tornado cada dia mais familiarizada com o termo “monobloco”, procurando cada vez mais lançar mão da tecnologia de união adesiva às estruturais dentais na realização de trabalhos em endodontia.

K1vanç et al. (2009), com o propósito de comparar a resistência à fratura de raízes fragilizadas após restaurações com diferentes tipos de pinos intracanaís, usaram 165 incisivos centrais superiores hígidos (sem coroa) com tratamento endodôntico, os quais foram divididos em 3 grupos de acordo com a espessura de dentina radicular remanescente (1.0 mm, 1.5mm e 2.0mm) e, em seguida, subdivididos em 5 grupos, dependendo do tipo de retentor, que foram: fibra de polietileno, resina composta fotopolimerizada por pino fototransmissor + pino de fibra de vidro, pinos modeláveis de fibra de vidro, restauração corono-radicular em resina composta e núcleo metálico fundido (NMF). Núcleos de preenchimento padronizados foram feitos com resina composta, com exceção do NMF. Em seguida, foram submetidos a uma carga compressiva na borda palatino do núcleo em um ângulo de

45° com o longo eixo do dente, aplicada na velocidade de 1 mm/min⁻¹, até que ocorresse a fratura. Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística Anova e Teste Tukey. Como conclusões, os autores relataram que a resistência à fratura de canais amplos não variou de forma estatisticamente significativa de acordo com o tipo de pino reforçado com fibra escolhido (apesar de restaurações corono-radiculares apresentarem menor valor de resistência à fratura), e todos apresentam menor resistência à fratura que os N.M.F. Uma espessura maior de dentina remanescente gerou uma maior resistência à fratura, contudo não atingiu significância estatística, e núcleos metálicos fundidos com canais estreitos foram menos resistentes à fratura que com canais amplos.

Özcan & Valandro (2009) testaram em seu trabalho a resistência à fratura de raízes de caninos restauradas com diferentes tipos de retentores radiculares: fibra de polietileno impregnada com resina, apenas resina composta como núcleo de preenchimento, pinos de fibra de vidro e pinos metálicos. Após termociclagem, o teste de compressão foi realizado e os resultados submetidos à análise estatística. Os autores concluíram que, quando não há remanescente coronário, é necessário usar um pino radicular e preferencialmente um pino metálico fundido para ganhar retenção adicional.

Theodosopoulou & Chochlidakis (2009), ao realizarem uma revisão sistemática da literatura, explicaram que vários materiais e técnicas têm sido usados na reconstrução dental. Núcleos fundidos, especialmente em ligas preciosas, sempre estiveram na preferência dos dentistas. Mais recentemente, pinos pré-fabricados, associados com vários tipos de cimento, foram incorporados na prática clínica; pinos de fibra de carbono ou vidro ganharam destaque por permitir uma melhor adesividade com a dentina. Os pinos pré-fabricados levam vantagem sobre

os fundidos pela facilidade e rapidez da técnica, uma vez que não requerem a etapa laboratorial de confecção. O comportamento estético do pino tem se tornado cada vez mais importante, porém a resistência e a confiabilidade do sistema usado são mais importantes. Uma das conclusões tiradas foi que mais ensaios clínicos randomizados são necessários para confirmar se pinos reforçados com fibra são superiores aos pinos metálicos.

Torabi & Fattahi (2009) testaram a influência de diferentes pinos de fibra e de núcleo metálico fundido (NMF) na resistência à fratura de dentes endodonticamente tratados. Fizeram uso de 50 primeiros pré-molares inferiores com a porção coronária removida (padronizados em 14 mm de comprimento radicular) e restaurados com cinco tipos diferentes de retentores (fibra de carbono, fibra de vidro, fibra de quartzo, NMF e tiras de polietileno). As raízes foram imersas em cilindros com resina acrílica com uma camada de silicone de condensação, simulando o ligamento periodontal sendo, em seguida, submetidas à compressão por força axial até que ocorresse falha. Dos cinco grupos testados, o que continha NMF apresentou mais altos índices de resistência à fratura, significativamente superior aos outros. Os quatro grupos com retentores à base de fibra não apresentaram diferença estatisticamente significativa em relação à resistência à fratura. Em relação ao modo de falha, o grupo com NMF apresentou 100% de falhas catastróficas, enquanto nos outros grupos essas falhas oscilaram de 40 a 60% das amostras.

Ayad et al. (2010) analisaram em seu trabalho, com auxílio de microscopia eletrônica, o comportamento do cimento de ionômero de vidro e de uma resina composta, usados no reforço radicular de canais amplamente alargados. Alertaram para o fato de que o ionômero de vidro não penetra nos túbulos dentinários abertos, não formando os “tags”, como normalmente ocorre com a

técnica adesiva em tecido dentinário. No entanto, a resistência de união dada por esses “tags” é imprevisível e pode ser influenciada pelas características morfológicas da dentina.

Cecchin et al. (2010) realizaram um trabalho de pesquisa in vitro para analisar o comportamento de incisivos bovinos no que diz respeito à resistência à fratura sob carga oblíqua com diferentes comprimentos de pinos de fibra de vidro. Usaram remanescentes radiculares com padronização de tamanho em 17 mm, realizaram a endodontia e prepararam posteriormente os condutos com broca de Largo nº4 em profundidades variadas (12mm, 8mm e 4mm). Realizaram a cimentação adesiva do pino e reconstruíram a parte coronária com resina; coroas totais metálicas foram cimentadas posteriormente com fosfato de zinco. As amostras foram incluídas em cilindros plásticos preenchidos com resina autopolimerizável, tendo a superfície radicular recoberta por uma fina camada de silicone de condensação para simular o ligamento periodontal. Foram, em seguida, submetidas à carga de compressão em 135° com o longo eixo dental até que ocorresse a falha.

Com os valores obtidos, foram realizados análise estatística ANOVA e teste Tukey. Os seguintes resultados foram obtidos: o grupo com pino de 8mm apresentou os maiores valores de resistência e 93% das fraturas foram coronárias; os pinos de 4mm apresentaram os menores valores, com 53% de fraturas coronárias e 40% de fraturas no terço cervical (mesmo padrão de fratura encontrado com pinos de 12mm). Apenas uma amostra em cada grupo apresentou fratura catastrófica (fratura radicular no terço médio-apical).

Santos et al. (2010) analisaram o comportamento de pinos de fibra de vidro (PFV) e núcleos metálicos fundidos (NMF) por meio de elementos finitos em 3D, no que se refere à distribuição de stress e resistência radicular. Simularam um

pré-molar com NMF ou PFV cimentados e também uma situação de concentração de stress quando ocorre a descimentação do pino. Concluíram que o menor módulo de elasticidade do pino de fibra reduz o risco de descimentação devido a menor concentração de tensões na interface pino/cimento. O pino de fibra de vidro gerou menos stress na interface e mais stress na raiz. Porém, quando ocorre a falha na cimentação os PFV geram maior stress radicular do que os NMF. No entanto, as raízes restauradas com pinos de fibra de vidro apresentam menor risco de fratura, uma vez que a carga necessária para fratura do pino ou do núcleo de preenchimento é menor do que para fratura radicular.

Faria et al. (2011) destacaram o fato de os pinos serem indicados em situações nas quais há estrutura coronária insuficiente e também que pinos de fibra de vidro deveriam ser escolhidos quando deparamos com perda estrutural excessiva na raiz devido ao seu módulo de elasticidade se assemelhar ao da dentina, porém algum remanescente coronário é necessário para dar sustentação ao núcleo de preenchimento. Diferentemente, núcleos metálicos fundidos sempre foram usados quando perda coronária excessiva ocorre e quando uma demanda funcional maior, como suportar uma prótese fixa ou removível, é necessária. O preparo do conduto para receber um pino deve, sempre que possível, conservar estrutura coronária e radicular.

Goracci & Ferrari (2011), em sua revisão de literatura, avaliaram trabalhos apenas em publicações com fator de impacto no período de 2000 a 2010, com temas relacionados a retentores intrarradiculares. Em suas conclusões, citam o fato de que vários estudos clínicos e laboratoriais já comprovaram a capacidade de pinos fibro-resinosos serem uma alternativa aos pinos metálicos. A preservação de estrutura dentária, módulo de elasticidade do pino próximo ao da dentina, e

cimentação adesiva efetiva são os principais fatores a serem observados em restauração de dentes com tratamento endodôntico, segundo os autores.

Jain & Vinayak (2011) realizaram um trabalho de revisão de literatura sobre uso de pinos de fibra vidro. Destacaram que eles têm sido muito indicados pelos profissionais devido a sua fácil utilização, resistência adequada, retratamento facilitado, estética e biocompatibilidade. Muitos trabalhos demonstraram uma melhor resistência à fratura de dentes endodonticamente tratados quando restaurados com pinos reforçados por fibra em vez de pinos metálicos ou de zircônio. Núcleos metálicos fundidos são normalmente associados a falhas catastróficas.

Laxe et al. (2011) realizaram revisão da literatura sobre pinos fibrorresinosos entre 1987 e 2011 e esclareceram que esses pinos compõem um grupo de materiais recentemente introduzidos no mercado odontológico como alternativa para dentes endodonticamente tratados. São basicamente constituídos por uma matriz de resina epóxica, fibras de reforço de carbono, quartzo ou vidro e por um agente de união. Diferentemente dos núcleos metálicos fundidos e dos pinos pré-fabricados ativos, os vários componentes envolvidos na restauração com pinos fibrorresinosos formam um complexo estrutural mecanicamente homogêneo, graças à utilização de componentes adesivos. Concluíram dizendo que os pinos resinosos reforçados por fibra são excelentes alternativas restauradoras para dentes com tratamento endodôntico realizado. A compatibilidade de suas propriedades físico-mecânicas, com as da estrutura dental e a possibilidade de alterações técnicas que viabilizam a restauração de dentes amplamente destruídos e fragilizados, ampliam o crescente emprego de uma odontologia adesiva conservadora.

Makade et al. (2011) conduziram um estudo com 40 incisivos centrais superiores que tiveram terapia endodôntica realizada e, depois, foram

aleatoriamente divididos em 4 grupos (n=10), sendo um controle e três experimentais. No grupo controle apenas foi realizado preparo para coroa total sem instalação de retentor intracanal, enquanto que, para os grupos experimentais, três tipos de retentores foram usados: núcleo metálico fundido, pino de fibra de vidro com núcleo em resina composta e pino de aço inoxidável e núcleo em resina composta. Nenhum dos grupos foi restaurado com coroa total e o teste foi realizado com aplicação de força na superfície palatina, em 135° em relação ao eixo dental a uma velocidade de 0,5 mm/min. Com as avaliações estatísticas dos resultados concluídas, os autores afirmaram que os dentes que receberam pino de aço apresentaram o maior valor de resistência, todavia foram os restaurados com fibra de vidro que apresentaram as falhas mais favoráveis para retratamento. Alertaram ainda para o fato de o grupo controle ter apresentado os menores valores de resistência o que, para os autores, demonstra a necessidade de reforçar incisivos centrais superiores com canal tratado que irão receber tratamento reabilitador.

Silva et al. (2011) utilizaram 105 raízes bovinas em sua pesquisa, restauradas de sete maneiras diferentes, sendo dois grupos controle (núcleo metálico fundido e pino de fibra de vidro com raízes íntegras) e cinco grupos experimentais com raízes fragilizadas. Esses grupos foram formados de acordo com o tipo de retentor usado: 1 – Núcleo metálico fundido (NMF), 2 – pino de fibra de vidro, 3 – pino de fibra de vidro principal e pinos acessórios, 4 – pino anatômico e 5 – pino anatômico com pinos acessórios. Todos foram submetidos à compressão oblíqua (45°) e os resultados foram submetidos a análise estatística ANOVA e teste Tukey. Os piores resultados nas raízes fragilizadas foram observados com NMF e os melhores com pino anatômico e pino de fibra com pinos acessórios. Segundo a conclusão dos autores, o uso de pino de fibra de vidro associado com resina

composta (pino anatômico) ou com pinos de fibra acessórios parece ser um método eficaz na melhoria da resistência à fratura e no aumento de falhas restauráveis e não catastróficas em raízes com conduto excessivamente amplo.

Mattos et al. (2012), de posse de um modelo tridimensional do incisivo central superior, avaliaram mediante elementos finitos, o comportamento de uma raiz enfraquecida por perda estrutural em seu terço cervical, restaurada pelo reforço interno com resina composta e pino de fibra de vidro com cimento resinoso, comparada a uma raiz com paredes íntegras que recebeu o mesmo pino de fibra e cimento. Ambas as raízes receberam núcleos de preenchimento em resina composta e coroa total metálica. Pelos resultados obtidos, demonstraram que, apesar de o reforço interno com resina composta em raízes enfraquecidas ser uma técnica viável que aumenta a resistência radicular, ela não é capaz de devolver a resistência apresentada por uma raiz íntegra.

Balkaya & Birdal (2013) avaliaram incisivos centrais superiores humanos enfraquecidos internamente por intermédio de desgaste escalonado de pontas diamantadas, e restaurados com PFV ou NMF com diamentos de 1,3 e 1,7mm, associados a reforço interno de materiais resinosos, submetidos à compressão em ângulo de 135° formado com o longo eixo dental. Comprovaram que reforçar a raiz com materiais à base de resina é uma técnica efetiva e que NMF apresentou resistência à fratura maior que PFV, todavia provocou uma maior incidência de falhas catastróficas.

Torres-Sánchez et al (2013) avaliaram raízes de pré-molares humanos, enfraquecidas propositadamente e submetidas a teste de resistência à fratura após serem restauradas por pino de fibra de vidro ou NMF, em liga nobre e cimentados com 3 diferentes produtos: cimento resinoso dual, cimento resinoso de presa

química e cimento de ionômero de vidro modificado por resina. Os dentes foram imersos em blocos de resina até o limite de 2mm abaixo da borda cervical, para simular o nível ósseo alveolar. Ao analisar as fraturas ocorridas, demonstraram que, com o NMF, a maior ocorrência se deu no terço médio, diferentemente do PFV em que o mais frequente foi fraturar o terço cervical. O maior valor de resistência à fratura foi encontrado no grupo no qual se usou PFV com cimento de ionômero de vidro modificado por resina.

Zhou & Wang (2013) realizaram revisão da literatura comparando resistência à fratura de NMF e pinos reforçados por fibra usados em dentes com tratamento endodôntico. Enfatizaram para o fato de trabalhos demonstrarem que a existência de férula aumentou a resistência. A quantidade de estrutura coronária remanescente é um fator preponderante na escolha do tipo de retentor a ser usado; reforço radicular é necessário quando as paredes estiverem com pouca espessura e cimentação adesiva melhora o prognóstico por levar a um aumento de retenção e resistência. Pinos reforçados por fibra devem ser usados quando houver uma grande quantidade de estrutura coronária, ao contrário de NMF que são mais indicados quando só há remanescente radicular. A resistência à fratura é maior para os NMFs em comparação com os PFV.

Amaral et al. (2015) em sua revisão da literatura sobre pinos anatômicos, concluíram que eles são uma boa opção nos casos de raízes enfraquecidas, com canal excessivamente alargados. Têm em seu favor a técnica simples de confecção, resultado estético favorável e uso de materiais com módulo de elasticidade semelhante à dentina, o que favorece a um bom desempenho biomecânico.

Gomes et al. (2015) observaram que o uso de material restaurador com propriedades mecânicas similares às daquelas das estruturas dentais e a seleção de um

apropriado sistema de cimentação é uma solução de sucesso na reprodução das estruturas dentais perdidas em dentes com canal tratado e enfraquecidos.

Xiong et al. (2015) explicam que ao restaurar um canal amplamente desgastado, devemos maximizar o volume do material de fibra de vidro no espaço radicular, buscando aumentar a resistência à fratura, uma vez que será possível manter a semelhança entre os módulos de elasticidade do material restaurador e da dentina remanescente, bem como reduzir o volume do material cimentante.

Cardenas et al. (2016) sugeriram que o uso de um pino anatômico em canais amplos aumenta a superfície de contato da parede do canal com o retentor, sendo assim, reduz o risco de falhas e aumenta a retenção do pino. É uma técnica de fácil confecção, alcançando o mesmo nível de retenção dos casos de canais radiculares estreitos e com pinos bem adaptados.

Ferro et al. (2016) em seu estudo demonstraram que dentes com canais radiculares amplos restaurados apenas com pino de fibra de vidro, não associando resina para simular as paredes dentinárias perdidas, acabam por apresentarem uma espessa camada de cimento, mais sujeitos assim a falha de cimentação e apresentando o dobro de casos de falhas catastróficas quando comparados aos dentes que receberam resina, seja ela direta no pino (pino anatômico) ou direto nas paredes das raízes, estreitando a luz do canal, deixando uma fina camada de cimento.

Gomes et al. (2016) concluíram no seu trabalho de acompanhamento de 3 anos que o uso de pino anatômico se apresenta como uma solução quando nos deparamos com canais excessivamente amplos no dia a dia de nossas clínicas. É uma técnica prática e rápida, que favorece a estética e objetiva aumentar a força de

cimentação (diminuindo a película de cimento) e minimizar o risco de fratura radicular, comumente observada com o uso de núcleos metálicos fundidos.

AlQhatani et al. (2017) usaram incisivos laterais humanos restaurados com coroas metalo-cerâmicas e retentores radiculares de três tipos diferentes, núcleo metálico fundido, pino de fibra de vidro e pino de zircônia. Demonstraram que a maior resistência à fratura se deu no grupo restaurado com pino de zircônia, sugerindo ser o material de escolha para restaurações de longa duração. Porém ao analisarem o modo de falha, simulando uma carga excessiva nos dentes, identificaram falhas catastróficas (abaixo da junção cimento/esmalte) nas raízes com pino de Zr, enquanto as raízes com pino de fibra de vidro apresentaram falhas favoráveis (acima da junção cimento/esmalte), possibilitando o reaproveitamento da raiz.

Gehrcke et al. (2017) identificaram em seu estudo com dentes caninos humanos que tiveram canal tratado e conduto propositalmente alargado, que ao se usar PFV ou pré fabricado metálico associado a núcleo de preenchimento com resina composta, houve mais falhas favoráveis, acometendo principalmente o pino ou a porção coronária reconstruída com resina. Por outro lado, com núcleo metálico fundido, 50% das fraturas acometeram severamente a raiz, oq invariavelmente condenaria o dente à extração.

Marchionatti et al. (2017), após revisão da literatura específica de acompanhamento de casos clínicos, concluíram que pinos metálicos ou de fibra apresentam performance clínica similar e representam boas alternativas para restaurar dentes com tratamento endodôntico. Demonstraram que pinos metálicos estão mais associados a fraturas radiculares e do pino, enquanto os pinos de fibra

têm como principal motivo de falha a perda de retenção do pino ou do conjunto pino/coroa/núcleo de preenchimento.

Resende et al. (2017) após a conclusão de seu estudo, consideraram que nos casos de dentes tratados endodonticamente, os núcleos metálicos fundidos em Ni-Cr são os mais indicados, pois aumentam a resistência à fratura, salientam também que os pinos de fibra de vidro devem ser recomendados apenas nos casos onde há bastante estrutura coronária remanescente.

Corrêa et al.(2018) objetivaram com seu estudo avaliar o comportamento biomecânico de dentes com tratamento endodôntico submetidos a ciclagem mecânica e resistência à fratura, além da análise através de modelo de elementos finitos. Usaram dentes bovinos, tendo grupos com 2mm de altura de férula e grupos sem férula. Quando houve férula, os grupos se dividiam em relação a espessura da dentina remanescente, sendo maior ou menor que 1mm. As raízes foram restauradas com PFV ou NMF associados com coroa total metálica.

Como resultado obtiveram os seguintes comportamentos: 1-Grupos sem férula apresentaram taxa de sobrevivência menor durante a ciclagem mecânica, 2- Nos grupos com espessura maior que 1mm da dentina remanescente na férula a resistência à fratura foi maior, 3- Espécimes com férula menor que 1mm de espessura apresentaram a mesma resistência à fratura dos espécimes sem férula, independentemente da técnica restauradora empregada, 4 – Na análise de elementos finitos demonstraram que a melhor distribuição de carga ocorre quando se trabalha com PFV associado a férula.

Lazari et al.(2018), através de estudo *in vitro*, compararam 60 incisivos bovinos sem a coroa e sem férula, submetidos a tratamento endodôntico, restaurados de 4 maneiras diferentes. PFV e pino de titânio associados a resina

composta bulk-fill ou resina composta dual. Com coroa cerâmica, submetidos a ciclagem mecânica e teste de resistência à fratura. Demonstraram que a presença de pino intracanal sempre afeta negativamente o modo de falha e o melhor resultado ao se analisar a resistência à fratura se deu no grupo restaurado com PFV associado a resina composta bulk-fill.

Naumann et al. (2018) realizaram extensa revisão de literatura sobre o efeito de pinos com presença de férula ou não, demonstraram que quanto mais paredes remanescentes houver para a confecção da férula, desde que tenha pelo menos 1mm de espessura, maior será o ganho biomecânico do dente. Salientam porém, que a posição do dente no arco sugere diferentes comportamentos em relação ao risco de falha mecânica. Devido a direção de incidência de carga, a região anterior da maxila é mais propícia a falhas.

Pantaleón et al. (2018), por meio de seu estudo, analisaram 60 incisivos centrais humanos com diferentes situações de férula, restaurados com núcleo metálico fundido e coroas totais metálicas, submetidos a teste de resistência à fratura. Puderam concluir que uma férula incompleta, com a falta de uma parede, reduz significativamente a resistência à fratura quando comparado com os corpos de prova que apresentavam férula em toda a circunferência dental. Por outro lado, evidenciaram que ao se ganhar de 1 a 2mm de altura na férula, ocorre um ganho considerável na resistência à fratura, podendo assim suprimir a falta de uma parede.

3 OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

Avaliação da resistência à fratura de remanescentes radiculares com paredes fragilizadas restaurados com diferentes tipos de retentores intrarradiculares

2.2 Objetivos Específicos

1- Mensurar a resistência à fratura do remanescente radicular restaurado por meio de diferentes técnicas: pinos de fibra de vidro associados com resinas compostas fotopolimerizáveis (pino anatômico), núcleos metálicos fundidos associados ou não ao uso de preenchimento radicular (resina fotopolimerizável ou ionômero de vidro),

2- Comparar a resistência à fratura entre os grupos,

3- Avaliar o modo de falha(propagação das trincas) das raízes, classificando as falhas em favoráveis ou não-favoráveis.

4 METODOLOGIA

4.1 Abreviaturas utilizadas:

Grupo RI- núcleos metálicos fundidos com raízes íntegras

-Grupo SR- núcleos metálicos fundidos com raízes debilitadas

-Grupo RC- núcleos metálicos fundidos com restauração da raiz com resina composta

-Grupo CIV- núcleos metálicos fundidos com restauração da raiz com de ionômero de vidro

-Grupo PFV- pinos de fibra de vidro associado à resina composta (Pino anatômico)

4.2 Utilização de raízes selecionadas

Para a realização deste trabalho foram selecionados 75 dentes bovinos, incisivos inferiores, livres de cáries ou fraturas, sendo em seguida limpos com curetas periodontais para remoção de qualquer resquício de ligamento periodontal e tecidos gengivais (figura 1) e na sequência armazenados em solução isotônica de cloreto de sódio 0,9% em geladeira até o momento de sua utilização. Os dentes tiveram suas raízes seccionadas por um disco diamantado (KG Sorensen, Brasil) em baixa rotação, deixando-as com comprimento padronizado em 14 mm medidos com paquímetro digital (figuras 2,3 e 4).



Figura 1 – raiz ainda com tecidos moles aderidos (E), raiz já totalmente isenta de restos gengivais e de ligamento periodontal (D) .



Figura 2 – paquímetro digital calibrado em 14 mm



Figura 3– delimitação da linha de corte

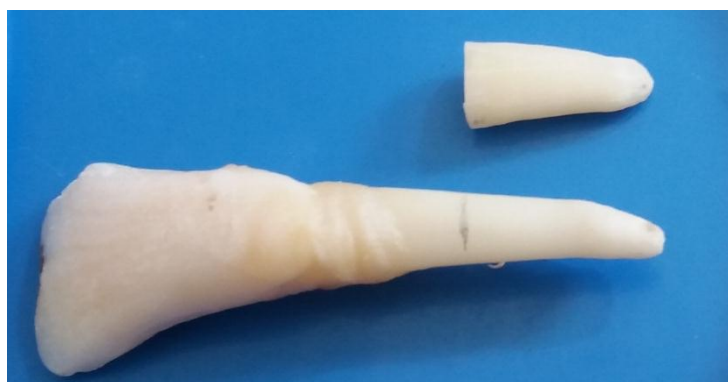


Figura 4 – Raiz seccionada com 14mm de comprimento

As raízes selecionadas foram submetidas a tratamento endodôntico, com instrumentação até a lima 80 tipo Kerr (Dentsply Maillefer, Brasil), irrigação com Hipoclorito de sódio a 1,0% (Asfer, Brasil), secagem do conduto com pontas de

papel absorvente (Tanari, Brasil) e obturação pela técnica da condensação lateral com cones de guta-percha (Tanari, Brasil), 1 mm aquém do ápice radicular, feitos pelo mesmo profissional (figura 5).



Figura 5 – Obturação radicular 1mm aquém do ápice

As amostras ficaram armazenadas em água destilada, com um tampão de 3 mm de cimento do ionômero de vidro Maxxion R (FGM, Brasil). Após 14 dias de armazenamento em água destilada, o tampão foi removido, e os condutos parcialmente desobturados.

A remoção da guta percha foi realizada até a profundidade de 9 mm (mantendo 4mm de selamento apical), com brocas Largo nº 4 (Injecta, Brasil), mantendo entre 2,0 a 2,5mm de espessura de parede radicular no terço cervical, avaliado com paquímetro digital. A limitação de penetração da broca se deu pela instalação de um cursor em sua haste.

4.3 Preparo intrarradicular para simular raízes debilitadas

Dos 75 dentes, 60 foram selecionados aleatoriamente para sofrerem um desgaste adicional das paredes do canal radicular, a fim de simular raízes com paredes fragilizadas.

Uma broca Largo nº 5 (Injecta, Brasil) foi introduzida no conduto radicular, em baixa rotação, até a profundidade de 9mm, estabelecida pelo anel limitador posicionado na haste da broca. Na sequência uma ponta esférica diamantada nº 1016 (KG Sorensen, Brasil, 1,8mm de diâmetro) foi usada em alta velocidade, sob constante refrigeração à água, até 8 mm de profundidade.

Na sequência, uma ponta diamantada 3017 HL (KG Sorensen, Brasil) 2,5 mm de diâmetro executou o desgaste do terço médio, alcançando 5 mm de profundidade. Por fim, uma ponta diamantada nº 3018 (KG Sorensen, Brasil) realizou o desgaste até a profundidade de 3 mm, para preparar o terço cervical. O remanescente da parede radicular ao final do preparo teria que apresentar uma espessura entre 0,50 a 0,70mm, simulando uma raiz debilitada por excesso de perda estrutural.

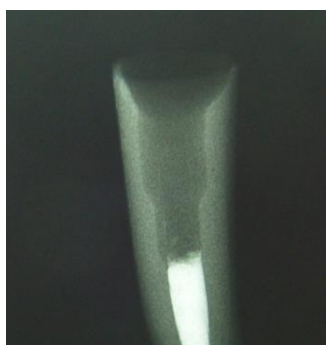


Figura 6 – Preparo do conduto para enfraquecimento radicular

Após o término do preparo, as raízes passaram por irrigação abundante com água destilada e foram secas com cânulas de sucção e cones de papel absorvente (Tanari, Brasil), sendo em seguida avaliadas com uma lupa de aumento de 4X (Bio-

Art, Brasil) para verificar possíveis fraturas ou fissuras que poderiam comprometer o resultado final.

As 15 amostras com raízes íntegras, remanescente radicular com 2,0 a 2,5mm de espessura no terço cervical, formaram um grupo (n=15) e as 60 amostras com raízes fragilizadas foram distribuídas aleatoriamente em quatro grupos, de acordo com os materiais restauradores intrarradiculares.

4.4 Grupos com raízes íntegras

Grupo RI – raízes íntegras tiveram o conduto modelado através do uso de pinos de acrílico pré-fabricado Pinjet (Angelus, Brasil) associados à resina de presa química Duralay (Reliance Dental, EUA). A parte coronária do núcleo foi confeccionada com a mesma resina.

Para padronizar a confecção da porção coronária do núcleo metálico fundido (NMF), foi usada uma matriz em Co-Cr (Fitcast cobalto, Talmax, Brasil) com cinco padrões metálicos, obtida a partir da duplicação em resina auto polimerizável duralay (Reliance Dental, EUA – Figura 7) de um modelo de incisivo central superior preparado para receber uma coroa total. A partir deste padrão metálico (figura 8) foram confeccionadas matrizes de EVA - copolímero Etileno/Acetato de Vinila (FGM, Brasil) em uma máquina plastificadora à vácuo (figura 9), que serviram de guia na modelagem da porção coronária do NMF. O pino foi fundido em Co-Cr (Fitcast Cobalto, Talmax, Brasil) e cimentado com cimento Resinoso U 200 (3M – Brasil) após condicionamento do conduto com ácido fosfórico a 37% (Condac37 – FGM, Brasil) por 10 segundos e lavagem abundante com água e posteriormente seco com cânulas de aspiração e pontas de papel absorvente.

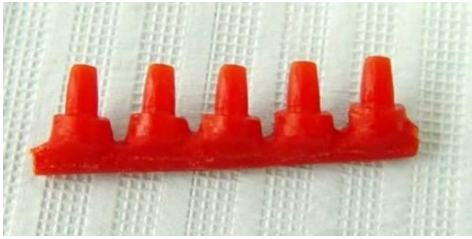


Figura 7 – matriz em resina



Figura 8 – matriz fundida

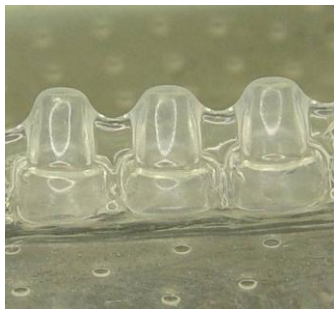


Figura 9 – matriz em EVA

4.5 Grupos com raízes fragilizadas

4.5.1 GRUPO SR

As raízes debilitadas desse grupo não receberam nenhum tipo de reforço radicular, não tendo assim o estreitamento da luz do conduto radicular. Um NMF foi obtido pela mesma técnica empregada no grupo com raízes íntegras (figura 10), foram cimentados com cimento resinoso U200 (3M ESPE) após condicionamento do conduto com ácido fosfórico a 37% (Condac37 – FGM, Brasil) por 10 segundos e lavagem abundante com água e posteriormente seco com cânulas de aspiração e pontas de papel absorvente.



Figura 10 – Molde do NMF evidenciando o conduto sem reforço

4.5.2 GRUPO RC

Após o correto preparo do remanescente radicular com condicionamento ácido (Condac 37, FGM, Brasil) por 10 segundos, lavagem abundante com água, secagem com cânulas de aspiração e pontas de papel absorvente (Tanari, Brasil), sem ressecar a dentina, o adesivo Single Bond Universal (3M ESPE) foi aplicado seguindo as instruções do fabricante, tendo os excessos removidos com pontas de papel absorvente e em seguida, realizada a fotopolimerização por 60 segundos com Luz fria (azul) gerada por LED de alta potência de 1250 mW/cm² (Schuster, Brasil).

Em seguida, foi realizado o preenchimento da raiz debilitada com resina composta (Z 350 3M ESPE) aplicada no interior do conduto com auxílio de uma espátula para resina e um gotejador de cera nº2 (instrumento de Peter K. Thomas). A inserção da resina ocorreu pela técnica incremental, adaptando-a nas paredes do canal radicular, do terço apical para o cervical, fotopolimerizando cada camada com o auxílio de um pino de fibra de vidro translúcido Whitepost nº2 (FGM, Brasil), por 90 segundos (figura 11).

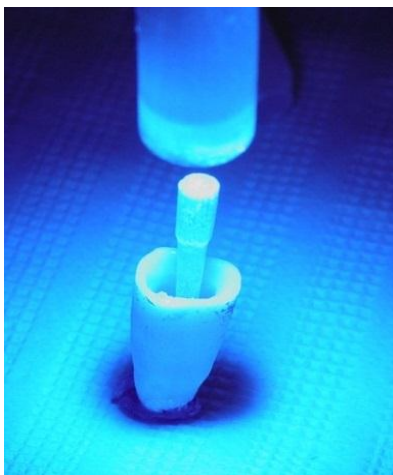


Figura 11 – Fotopolimerização com auxílio
do Pino de fibra de vidro

Após a restauração radicular com resina composta, as paredes do conduto foram repreparadas para que ficassem com 2,0 a 2,5mm de espessura, medidos com paquímetro digital (figura 12).

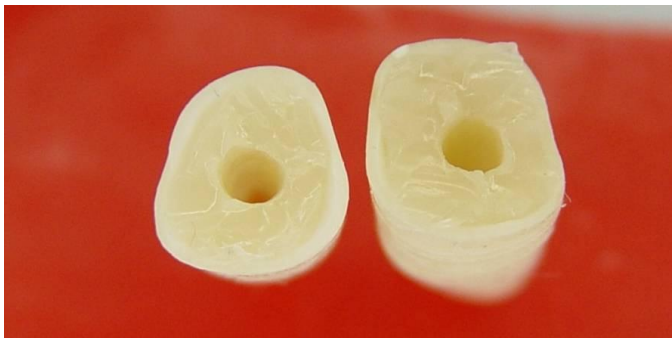


Figura 12 – Raízes reforçadas e com o conduto repreparado

Com o preparo do conduto finalizado, um padrão de acrílico para fundição foi obtido, com a modelagem do conduto pela técnica direta e a confecção da parte coronária obtida seguindo a mesma técnica empregada no grupo com raízes íntegras. Em seguida, sendo fundido em Co-Cr (Fitcast Cobalto, Talmax, Brasil) e cimentado com cimento Resinoso U200 (3M – Brasil)

4.5.3 GRUPO CIV

As raízes debilitadas, após condicionamento do conduto com ácido fosfórico a 37% (Condac37 – FGM, Brasil) por 10 segundos e lavagem abundante com água e posteriormente seco com cânulas de aspiração e pontas de papel absorvente, foram preenchidas com cimento de ionômero de vidro auto polimerizável (Riva self cure, SDI – Austrália), levado no interior do conduto com o auxílio de uma seringa Centrix ((Nova DFL, Brasil) e o modelamento do canal foi realizado com o

auxílio de um pino de fibra de vidro (White post n° 2, FGM – Brasil) com vaselina sólida aplicada em sua superfície até a profundidade de 9 mm, mantido centralizado até a total presa do cimento (figura 13). O conduto formado foi reparado após 24h para que as paredes remanescentes ficassem com 2,0 a 2,5mm de espessura, medidas com paquímetro digital. Com o preparo do conduto finalizado, um padrão de acrílico para fundição foi obtido, seguindo a mesma técnica empregada no grupo com raízes íntegras. Em seguida, foi fundido em Co-Cr (Fitcast Cobalto, Talmax, Brasil)) e cimentado com cimento Resinoso U200 (3M – Brasil).



Figura 13 – Raíz preenchida e com pino posicionado para formar o novo conduto

4.5.4 GRUPO PFV

O pino de fibra de vidro n°2 (FGM) teve seu comprimento cortado em 12.0 mm (9.0 mm no interior do conduto e 3.0 mm para dar suporte ao núcleo de preenchimento – figura 14), condicionado com ácido fosfórico 37% (Condac 37, FGM, Brasil) e em seguida, uma camada de silano mono componente (Prosil, FGM, Brasil), foi aplicada sobre o pino e após a volatilização do mesmo, aplicou-se o adesivo resinoso (Single Bond universal – 3M) seguido de fotopolimerização por 20 segundos. Um incremento de resina composta (Z350, 3M ESPE) foi aplicado sobre

o pino (figura 15), acomodando-se o conjunto pino/resina no conduto radicular (previamente isolado com lubrificante à base de água – Ky gel, Johnson & Johnson – Brasil), na profundidade de 9 mm, removendo-o em seguida. Tendo copiado o interior do conduto radicular (figura 16), a resina composta foi polimerizada por 20 segundos cada face.



Figura 14 – pino posicionado



Figura 15



Figura 16

No remanescente coronário do pino de fibra de vidro (3 mm) foram acrescentados incrementos de resina composta para a realização da parte coronária do pino, sendo o último incremento polimerizado com a matriz de acetato, confeccionada a partir do padrão metálico, em posição. Após a polimerização, os excessos de resina foram removidos. Os pinos anatômicos foram cimentados com cimento resinoso U200 (3M ESPE) após condicionamento do conduto com ácido fosfórico a 37% (Condac37 – FGM, Brasil) por 10 segundos e lavagem abundante com água e posteriormente seco com cânulas de aspiração e pontas de papel absorvente (figura 17).



Figura 17 – pinos anatômicos
prontos e cimentados

4.6 MONTAGEM DOS CORPOS DE PROVA

Após a cimentação de todos os retentores intrarradiculares dos cinco grupos, coroas metálicas foram obtidas (figura 18) seguindo a mesma técnica de padronização da parte coronária dos pinos e em seguida foram cimentadas com o cimento U 200.



Figura 18 – Coroas metálicas
foram confeccionadas

Todas as raízes receberam uma aplicação de fina camada de cera 7 em seu estado líquido em sua superfície, deixando 3 mm de porção cervical que não

foram cobertos por resina. Após a solidificação da cera, resina acrílica incolor auto polimerizável (JET, Clássico, Brasil) foi vertida dentro de cilindros de PVC (Tigre do Brasil) de $\frac{1}{2}$ polegada e 20 mm de altura. Na fase plástica, inseriu-se a porção radicular na resina, posicionada centralmente mantendo 3 mm de raiz não imersa em resina, porção esta correspondente a distância biológica (Figura 19). Após a polimerização da resina, os corpos de prova foram mergulhados em água quente para facilitar a remoção das raízes do interior da resina. Após a remoção, tanto as raízes quanto a resina acrílica do corpo de prova foram limpas para eliminação da resíduos de cera. Silicone de adição fluído foi injetado no interior do “alvéolo de resina” e em seguida a raiz foi acomodada. Dessa forma, o espaço entre a superfície externa da raiz e a resina acrílica, ocupado anteriormente pela cera, foi preenchido por uma fina camada de silicone de adição, com o intuito de simular o ligamento periodontal (figura 20). Os corpos de provas foram identificados e armazenados em água destilada, durante os três dias anteriores ao ensaio ficaram em ambiente úmido em estufa com temperatura controlada em 37°C.



Figura 19 – raízes posicionadas no interior da resina acrílica



Figura 20 – Silicone de adição
simulando ligamento periodontal

4.7 ENSAIO DE RESISTÊNCIA Á FRATURA

Os corpos de prova foram posicionados em um suporte metálico com plano inclinado de 45° em relação à sua base (figura 21), permitindo a aplicação de força num ângulo de 135° em relação ao longo eixo do dente, simulando o ângulo formado por incisivos inferiores e incisivos superiores em uma oclusão normal – Classe I de Angle ($134,5^\circ$).

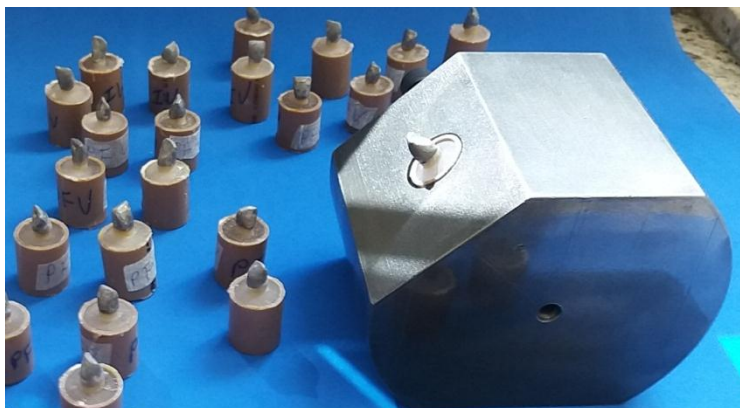


Figura 21 – suporte metálico usado
na aplicação de força

O conjunto foi, em seguida, levado à Máquina Universal de Ensaio (INSTRON, Laboratório da FAODO/UFMS), onde uma força tangencial de compressão foi aplicada a uma velocidade de 1 mm/min até que ocorresse a fratura ou falha do corpo de prova. A aplicação da força foi realizada em uma concavidade palatina confeccionada na coroa metálica, 2mm abaixo do bordo incisal, de maneira centralizada (figura 22). Os resultados obtidos foram expressos em Newton (N) e submetidos à análise estatística para verificação de possíveis diferenças de resistência à fratura entre os grupos através de análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey. O nível estatístico significativo foi de 5% e o cálculo estatístico realizado no Programa SPSS 20 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA).

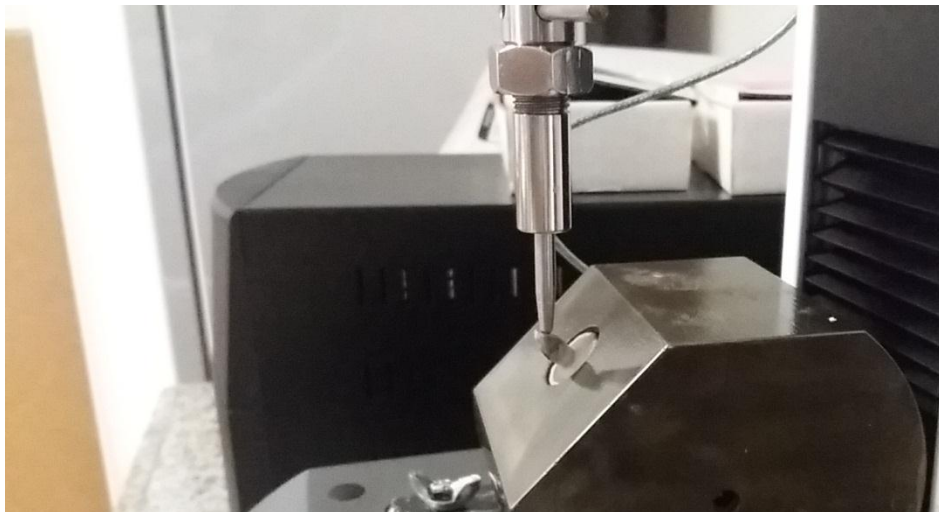


Figura 22 – Aplicação da força de compressão

Para avaliar o modo de falha, todos os dentes foram submetidos a avaliação radiográfica digital na máquina Xtreme II/Bruker do Laboratório de Carcinogênese Experimental do PPGSD/UFMS (figura 23), antes e após a realização do teste de resistência à fratura. Possibilitando assim, avaliar a

característica da propagação das trincas de cada grupo, classificado em falhas favoráveis (acima da junção cimento/esmalte) ou não-favoráveis (abaixo da junção cimento/esmalte).



Figura 23 - Xtreme II/Bruker do Laboratório de Carcinogênese Experimental do PPGSD/UFMS

5 RESULTADOS

5.1 Resistência à fratura

O Gráfico 1 ilustra as médias $\pm$ desvio padrão para as forças obtidas em cada um dos grupos avaliados. As médias obtidas foram de $330,45 \pm 86,97$; $218,58 \pm 80,21$; $186,54 \pm 42,68$; $275,44 \pm 100,65$ e $295,10 \pm 77,59$ Newton (N) para os grupos RC, PFV, IV, SR e RI respectivamente. Os valores de força máximos para os grupos RC, PFV, IV, SR e RI foram 525,02; 359,32; 269,82; 508,23 e 455,99 N enquanto os valores mínimos foram de 191,20; 120,39; 118,31; 88,02 e 151,53 respectivamente.

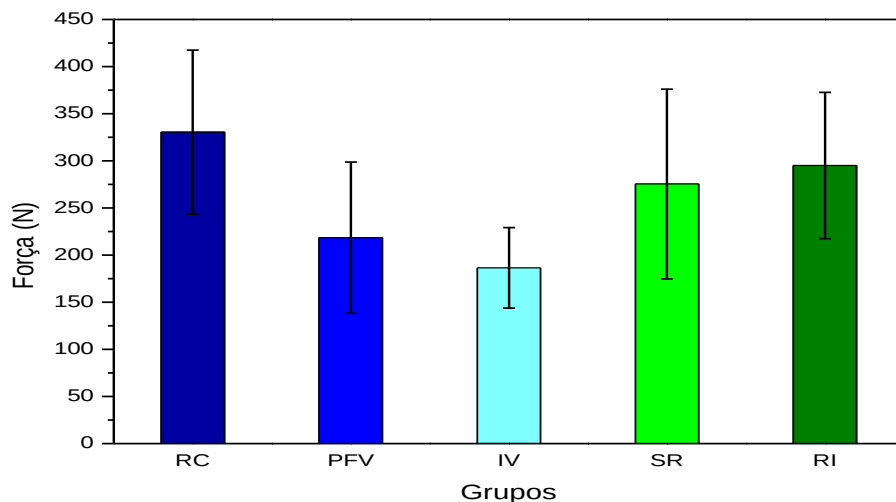


Gráfico 1 – Médias $\pm$ desvio padrão para as forças obtidas em cada um dos grupos avaliados

Através da Análise estatística mostrou-se que dentre os grupos RC, SR e RI não existe diferença estatística para as forças médias obtidas com base no valor- p entre os pares ($p > 0,05$). Em contramão, os grupos PFV e IV se diferem estatisticamente da força média obtida em relação aos grupos RC, SR e RI ($P <$

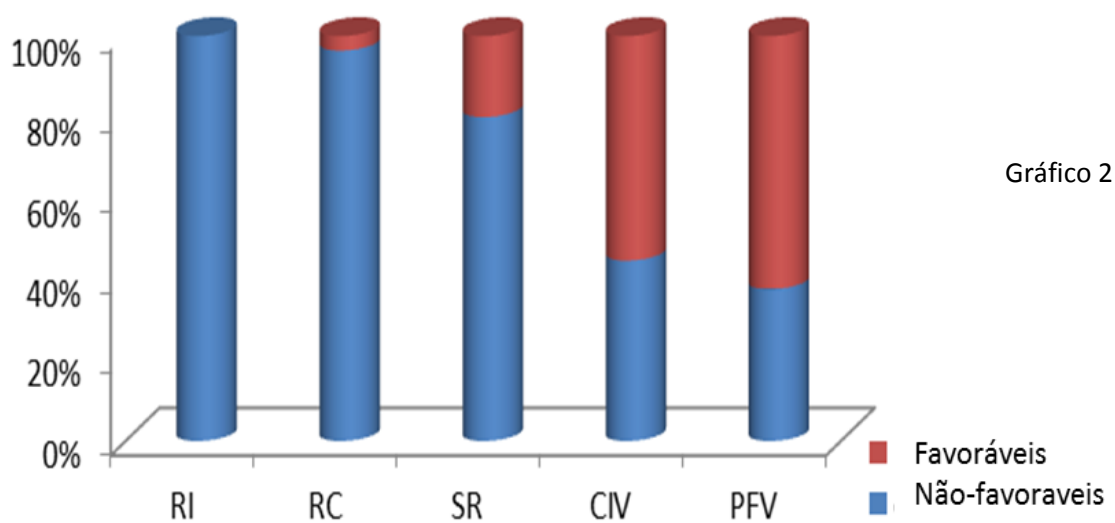
0,05) porém não se diferem entre si, isto é, PFV e IV são estatisticamente similares(Tabela 1).

Tabela 1 –diferença estatística entre grupos.

RC	PFV	IV	SR	RI
330,45 ±		186,54 ± 42,68	275,44 ±	295,10 ±
86,97 ^A	218,58 ± 80,21 ^B	^B	100,65 ^A	77,59 ^A

5.2 Modo de falha

O gráfico 2 ilustra a prevalência de falhas favoráveis e não-favoráveis dos grupos:



Incidências radiográficas identificando tipos de falhas acometidas:

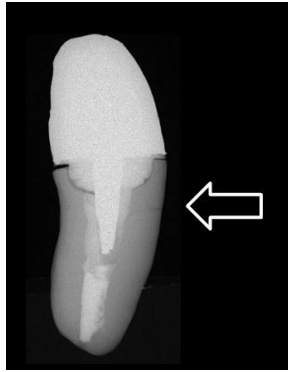


Figura 24.
Fratura do terço médio da raiz reforçada com resina composta.

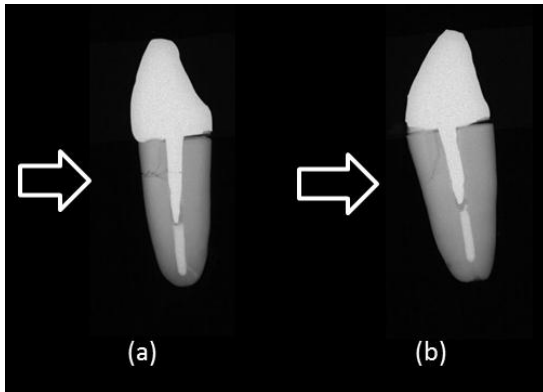


Figura 25a. Fratura do pino e do terço médio da raiz não enfraquecida

Figura 25b. Fratura somente do terço médio da raiz não enfraquecida

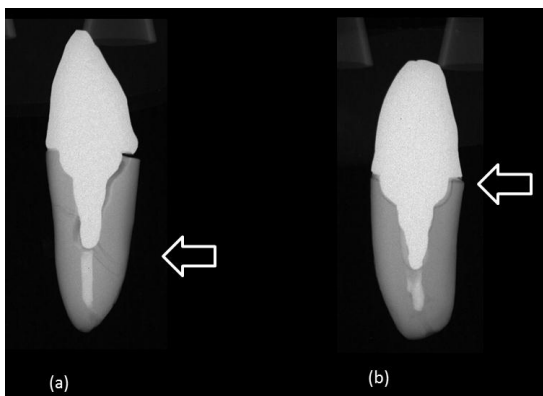


Figura 26a. Fratura não-favorável

Figura 26b. Retentor desalojado sem que ocorresse fratura radicular

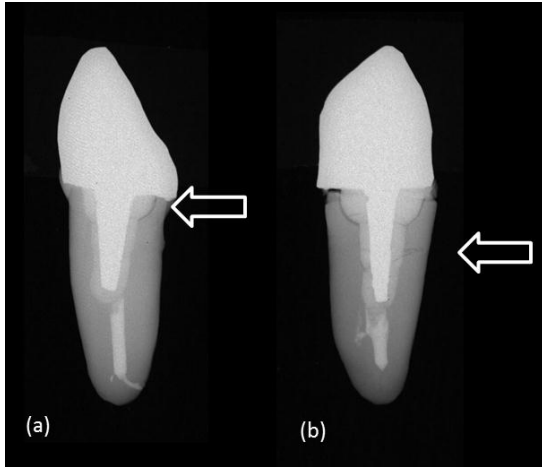


Figura 27a. Falha favorável - falha de união do reforço radicular

Figura 27b. Falha não-favorável

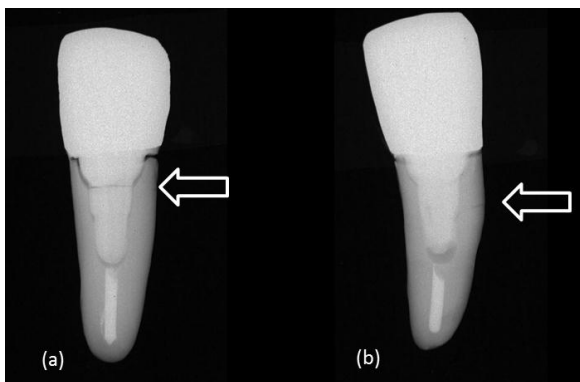


Figura 28a. Falha favorável, afetando apenas o pino

Figura 28b. Falha não-favorável

6 DISCUSSÃO

Quando comparados os valores médios obtidos com o uso de NMF (com exceção do grupo reforçado com ionômero de vidro) em relação ao valor médio obtido com o uso de pino anatômico, os resultados estão de acordo com trabalhos que demonstraram valores maiores de resistência à fratura para os núcleos metálicos fundidos do que para pinos de fibra de vidro associados com resina (Giovani et al. 2009, Torabi & Fattahi 2009). Esses resultados podem ser explicados pelo fato das raízes não possuírem remanescentes coronários, sendo bastante comum a fratura associada à falha de união da resina com a superfície do pino, ficando a porção radicular intacta. Vários trabalhos têm demonstrado a necessidade de remanescente coronário satisfatório e confecção de férula ao se trabalhar com PFV (Fragou et al. 2012, Zhou & Wang 2013, Zicari et al. 2013), enquanto outros apontam para NMF ser mais indicado quando não há remanescente coronário (Özcan & Valandro 2009, Faria et al. 2011, Resende et al. 2017).

No trabalho de Fukui et al. (2009), o grupo que usou NMF e resina composta restaurando parcialmente o canal, apresentou propriedades mecânicas melhores na reabilitação de raízes comprometidas, fato também observado por Balkaya & Birdal (2013) que afirmaram que diminuir a luz do conduto radicular de uma raiz debilitada com restauração de resina composta é uma técnica efetiva. Esta tendência também ficou demonstrada neste trabalho, onde a resistência foi ligeiramente maior, porém não representou significância estatística, contrariando o trabalho de Liang et al. (2007) onde ao se reforçar a raiz internamente com resina, praticamente se dobrou a resistência à fratura com o uso de NMF.

Os achados do trabalho corroboraram com uma tendência amplamente apontada pela literatura, falha catastrófica da raiz ao se trabalhar com núcleo metálico fundido (Martinez – Insua et al. 1998 , Marchionatti et al. 2017, Gehrcke et al. 2017, Varvara et al. 2007, Torabi & Fattahi 2009, Jain & Vinayak 2011, Li et al. 2011, Balkaya & Birdal 2013, Torres-Sánchez et al. 2013) . No grupo RC houve 93,3% desse tipo de fratura (Figura 24), apenas uma amostra sofreu o desalojamento do pino, não fraturando a raiz, já o grupo RI apresentou 100% de falhas catastróficas (Figura 25a e 25b), seguindo sempre o mesmo padrão (fratura do terço médio da raiz, acometendo a face vestibular), no grupo SR houve 75% de falhas catastróficas (Figura 26a), 04 pinos foram desalojados sem que ocorresse fratura radicular (Figura 26b), isso provavelmente está associado à conformação mais cônica do pino, o que dificulta sua retenção no interior do conduto, favorecendo seu desalojamento. Apenas no grupo CIV houve predominância de falhas favoráveis.

Os resultados obtidos por esse estudo corroboraram com os resultados de Wu et al. (2007) , que demonstraram que ao se reforçar internamente a raiz com RC composta antes da confecção de NMF, a resistência à fratura é bem maior do que ao se reforçar com CIV . Analisando o corpos de prova após o teste, ficou demonstrado que com CIV, as falhas mais frequentes foram a fratura /fragmentação do reforço ou a descimentação do pino (Figura 27a), caracterizando assim, falhas favoráveis (09 amostras). Apenas em 40% (06 amostras) houve comprometimento radicular, acarretando falhas catastróficas (Figura 27b). Desta forma, apesar da baixa resistência à fratura, o reforço com CIV se mostrou interessante por propiciar o reaproveitamento radicular em 60% dos casos.

As raízes íntegras com NMF tiveram uma resistência média ligeiramente superior às raízes fragilizadas que não sofreram reforço interno antes de receber o pino, porém sem significância estatística, concordando assim com o trabalho de K1vanç et al. (2009), que identificou que uma maior quantidade de dentina remanescente acarretou em resistência um pouco maior, porém não sendo estatisticamente significativa.

Com o uso do pino Anatômico (PFV), notou-se um comportamento amplamente respaldado pela literatura; presença de maioria de falhas favoráveis; acometendo o terço cervical da raiz, o pino ou resina responsável pelo preenchimento coronário (Teixeira et al. 2005, Torres-Sánchez et al. 2013, Salam et al. 2006, Varvara et al. 2007, Santos et al. 2010, Makade et al. 2011, Silva et al. 2011, Balkaya & Birdal 2013, AlQahtani et al. 2017, Gehrcke et al. 2017). Das 15 amostras, 10 delas (66%) apresentaram fraturas apenas no pino ou resina de reforço associada ao pino (Figura 28a), seja na parte coronária ou radicular. Nas outras 05 amostras a fratura acometeu o pino e também a estrutura radicular, sendo classificadas em não-favoráveis (Figura 28b).

Vale salientar que os achados desse estudo devem ser interpretados cuidadosamente, levando em conta as limitações naturais apresentadas por um teste laboratorial.

7 CONCLUSÃO

Reforçar internamente uma raiz fragilizada com resina composta favorece o aumento da resistência à fratura, ao contrário de se reforçar com cimento de ionômero de vidro, que apresentou a menor resistência entre todos os grupos testados. Uma maior quantidade de dentina remanescente foi responsável por uma resistência à fratura ligeiramente maior, porém sem apresentar diferença estatística em comparação com raízes debilitadas sem reforço. Raízes fragilizadas restauradas com PFV associado à resina composta (pino anatômico), apesar de apresentarem uma menor resistência à fratura quando comparado com a maioria dos grupos restaurados com NMF, tem a vantagem de apresentarem falhas favoráveis, possibilitando o reaproveitamento da raiz. Por outro lado, quando se trabalha com NMF normalmente alcançamos um acréscimo na resistência, porém uma grande incidência de falhas catastróficas se faz presente.

REFERÊNCIAS

- Akayan B, Gülmez T. Resistance to fracture of endodontically treated teeth restored with different post systems. *J Prosthet Dent* 2002;87(4):431-437..
- Albashaireh ZS, Ghazal M, Kern M. Effects of endodontic post surface treatment, dentin conditioning, and artificial aging on the retention of glass fiber-reinforced composite resin posts. *J Prosthet Dent*. 2010;103:31-39.
- AlQahtani A, Albargash A, Abduljabbar T, Bahmmam F, AbGhani SM, Nassem M et al. Fracture resistance of maxillary lateral incisors restored with different post systems. *J Biomater Tissue Eng*. 2017;7:1-5.
- Alto RVM, Santos GB dos, Lima RSMS, Poskus LT, Silva EM da, Miranda MS de. Restauração de dentes tratados endodonticamente com pino de fibra de vidro e acessório em canais amplos. *Clín Int Braz Dent*. 2009 jan/mar;5(1):60-68.
- Amaral FR, Jassé FF, Calixto LR, da Silva Junior JE, Neto CS, de Andrade MF et al. Direct anatomical post for weakened roots: The state of knowledge. *Sci J Dent*. 2015;2:13-20.
- Ayad MF, Bahannan AS, Rosentiel SF. Morphological Characteristics of the interface between resin composite and glass-ionomer cement to thin-walled roots: A microscopic investigation. *Am J Dent*. 2010;23(2):103-107.
- Balkaya MC, Birdal IS. Effect of resin-based materials on fracture resistance of endodontically treated thin-walled teeth. *J Prosthet Dent*. 2013;109:296-303.
- Cardenas AFM, Siqueira FSF, Davila-Sanchez A, Gomes GM, Reis A, Gomes JC. Four-year follow-up of direct anatomical fiber post and esthetic procedures: A case report. *Operative Dentistry*. 2016;41(4):363-369.
- Cecchin D, Farina AP, Guerreiro CAM, Carlini-Júnior B. Fracture Resistance of roots prosthetically restored with intra-radicular posts of different lengths. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2010;37:116-122.
- Clavijo VGR, Souza NC de, Andrade MF de, Susin AH. Pinos Anatômicos uma nova perspectiva clínica. *Dental Press Estét*. 2006 jul/ago/set;3(3):110-130.
- Clavijo VGR, Monsano R, Andrade M F de, Calixto LR, Kabbach W, Clavijo EMA. Reabilitação de dentes tratados endodonticamente com pinos anatômicos indiretos de fibra de vidro. *Dental Press Estét*. 2008 abr/mai/jun;5(2):31-49.
- Coelho CSM, Biffi JCG, Silva GR da, Abrahão A, Campos RE, Soares CJ. Finite element analysis of weakened roots restored with composite resin and posts. *Dental Materials Journal*. 2009;28(6):671-678.
- 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. *Journal of Prosthodontics*. 2001 mar;10(1):26-36.

- Corrêa G, Brondani LP, Wandscher VF, Pereira GKR, Valandro LF, Bergoli CD. 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.* 2018;26:e20170313.
- Delfino CS, Nagle MM. Utilização do sistema Luminex para reforço de raízes fragilizadas. *RBO.* 2003 mai/jun;60(3):196-199.
- Dias AHM, Castro Filho AA de, Gomes AP, Valera MC. Inter-relação Endo/Prótese (Preparo do canal para receber pino). *PCL.* 2001 jul/ago;14(3):321-328.
- Faria ACL, Rodrigues RCS, Antunes RPA, Mattos MGC de, Ribeiro RF. Endodontically treated teeth: Characteristics and considerations to restore them. *Journal of Prosthodontic Research.* 2011;55:69-74.
- Ferrari M, Vichi A, García-Godoy F. Clinical evaluation of fiber-reinforced epoxy resin posts and cast post and cores. *Am J Dent.* 2000 may;13:15B-18B.
- Ferro MC de L, Colucci V, Marques AG, Ribeiro RF, Silva-Sousa YTC, Gomes EA. Fracture strength of weakened anterior teeth Associated to different reconstructive techniques. *Braz Dent J.* 2016;27(5):556-561.
- Fragou T, Tortopidis D, Kontonasaki E, Evangelinaki E, Ioannidis K, Petridis H et al. The effect of ferrule on the fracture mode of endodontically treated canines restored with fibre posts and metal-ceramic or all-ceramic crowns. *Journal of Dentistry.* 2012;40:276-285.
- Freitas V da P, Guimarães JC, Guerra SMG. Pinos de fibra de carbono para a restauração de dentes tratados endodonticamente. *PCL.* 2006;40(8):182-185.
- Fukui Y, Komada W, Yoshida K, Otake S, Okada D, Miura H. Effect of Reinforcement with resin composite on fracture strength of structurally compromised roots. *Dental Materials Journal.* 2009;28(5):602-609.
- Garoushi S, Vallittu PK, Lassila LVJ. Continuous and short fiber reinforced composite in root post-core system of severely damaged incisor. *The Open Dentistry Journal.* 2009;3:36-41.
- Gehrcke V, Oliveira M, Aarestrup F, Prado M, Lima CO, Campos CN. Fracture strength of flared root canals restored with different post systems. *Eur Endod J.* 2017;2:24.
- Giovani AR, Vansan LP, Souza Neto MD de, Paulino SM. In vitro fracture resistance of glass-fiber and cast metal posts with different lengths. *J Prosthet Dent.* 2009;101(3):183-188.
- Gomes EA, Gueleri DB, Silva SRC da, Ribeiro RF, Silva-Sousa YTC. Three-dimensional finite element analysis of endodontically treated teeth with weakened radicular walls restored with different protocols. *J Prosthet Dent.* 2015;114:383-389.
- Gomes GM, Monte-Alto RV, Santos GO, Fai CK, Loguercio AD, Gomes OMM et al. Use of a direct anatomic post in a flared root canal: A three-year follow-up. *Operative Dentistry.* 2016;41(1):E23-E28.

Gonçalves LAA, Vansan LP, Paulino SM, Souza Neto MD de. Fracture resistance of weakened roots restored with a transilluminating post and adhesive restorative materials. *J Prosthet Dent*. 2006;96(5):339-344.

Gonçalves S, Gonçalves JA, Simões DMS, Pacheco AR. Reforço radicular interno para colocação de núcleo e coroa. *RBO*. nov/dez. 1997;54(6):326-329.

Goracci C, Ferrari M. Current Perspectives on post systems: a literature review. *Australian Dental Journal*. 2011;56(1 Suppl):77-83.

Grandini S, Sapio S, Simonetti M. Use of anatomic post and core for reconstructing an endodontically treated tooth: a case report. *J Adhes Dent*. 2003;5(3):243-247.

Grieznis L, Apse P, Soboleva U. The effect of 2 different diameter cast post on tooth root fracture resistance in vitro. *Baltic Dental and Maxillofacial Journal*. 2006;8(1):30-32.

Guimarães JC, Freitas VP, Guerra SMG, Gomes AA. Principais causas de fratura em dentes tratados endodonticamente. *ABO Nac*. 2004;12(5):309-313.

Hsu ML, Chen CS, Chen BJ, Huang HH, Chang CL. Effects of post materials and length on the stress distribution of endodontically treated maxillary central incisor: a 3D finite element analysis. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2009;36:821-830.

Jain M, Vinayak V. Post-endodontic rehabilitation using glass fiber non metallic posts: A review. *Indian J Stomatol*. 2011;2(2):117-119.

Kaiser OB, Bonfante G, Pegoraro LF, Kaiser ROF, Reis KR. Resistência à fratura de dentes tratados endodonticamente, reconstruídos com pinos de fibra de polietileno e com pinos biológicos. *RGO*. 2009 jan/mar;57(1):19-25.

Karapinar Kazandag M, Sunay H, Tanalp J, Bayrili G. Fracture resistance of roots using different canal filling systems. *International Endodontic Journal*. 2009;42:705-710.

K1vanç BH, Alaçam T, Ulusoy ÖIA, Genç Ö, Görgül G. Fracture resistance of thin-walled roots restored with different posts systems. *International Endodontic Journal*. 2009;42:997-1003.

Laxe LAC, Andrade Filho H de, Mendes LM, Pinto BD. Pinos fibrorresinosos: revisão de suas propriedades físicas e mecânicas. *FULL Dentistry in Science*. 2011;6(2):190-198.

Lazari PC, Carvalho MA, Del Bel Cury AA, Magne P. Survival of extensively damaged endodontically treated incisors restored with dyferent types of post-and-core foundation restoration material. *J Prosthet Dent*. 2018;119:769-776.

Li Q, Xu B, Wang Y, Cai Y. Effects of auxiliary fiber posts on endodontically treated teeth with flared canals. *Operative Dentistry*. 2011;36(4):380-389.

Liang BM, Chen YM, Wu X, Yip KH, Smales RJ. Fracture resistance of roots with thin walls restored using an intermediate resin composite layer placed between the dentin and a cast metal post. *Eur J Prosthodont Dent*. 2007 mar;15(1):19-22.

Makade CS, Meshram GK, Warhadpande M, Patil PG. A comparative evaluation of fracture resistance of endodontically treated teeth restored with different post core systems – an in vitro study. *J Adv Prosthodont*. 2011;3:90-95.

Marchi GM, Paulillo LAMS, Pimenta LAF, De Lima FAP. Effect of different filling materials in combination with intraradicular posts on the resistance to fracture of weakened roots. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2003;30:623-629.

Marchionatti AME, Wandscher VF, Rippe MP, Kaiser OB, Valandro LF. Clinical performance and failure modes of pulpless teeth restored with posts: A systematic Review. *Braz Oral Res*. 2017;31:e24.

Martinez-Insua A, Da Silva L, Rilo B, Santana U. Comparison of the fracture resistances of pulpless teeth restored with cast post and core or carbon-fiber post with a composite core. *J Prosthet dent*. 1998;80(5):527-532.

Mattos CMA, Las Casas EB, Dutra IGR, Sousa HA, Guerra SMG. Numerical analysis of the biomechanical behaviour of a weakened root after adhesive reconstruction and post-core rehabilitation. *Journal of Dentistry*. 2012;40:423-432.

McDonald AV, King PA, Setchell DJ. An in vitro study to compare impact fracture resistance of intact root-treated teeth. *International Endodontic Journal*. 1990;23:304-312.

Meister F Jr, Lommel TJ, Gerstein H. Diagnosis and possible causes of vertical root fractures. *Oral Surg*. 1980 mar;49(3):243-253.

Menezes Filho PF, Lopes SRP, Coêlho MCA, Nogueira LRC, Oertli DCB. Comparação da resistência radicular à fratura empregando três tipos de retentores intra-radulares. *Odontologia Clín Científ*. 2007 jan/mar;6(1):71-78.

Mitsui FHO, Marchi GM, Pimenta LAF, Ferraresi PM. In vitro study of fracture resistance of bovine roots using different intraradicular post systems. *Quintessence Int*. 2004;35(8):612-616.

Mori M, Ueti M, Matson E, Saito T. Estudo da distribuição das tensões internas, sob carga axial, em dente hígido e em dente restaurado com coroa metalocerâmica e retentor intra-radicular fundido-método do elemento finito. *Rev Odontol Univ São Paulo*. 1997 abr/jun;11(2):99-107.

Moschetta JC, Sartori R, Spazzin AO, Galafassi D, Carlini Júnior B, Dall`Magro E. Resistência à fratura de raízes bovinas usando dois tipos de pinos pré-fabricados. *RFO*. 2007 set/nov;12(3):44-48.

Nakamura T, Ohyama T, Waki T, Kinuta S, Wakabayash K, Mutobe Y et al. Stress Analysis of endodontically treated anterior teeth restored with different types of post material. *Dental Materials Journal*. 2006;25(1):145-150.

Naumann M, Schmitter M, Frankenberger R, Krastl G. "Ferrule Comes First. Post is Second!" Fake News and Alternative Facts? A Systematic Review. *Journal of Endodontics*. 2018 feb;44(2):212-219.

Özcan M, Valandro LF. Fracture strength of endodontically-treated teeth restored with post and cores and composite cores only. *Operative Dentistry*. 2009;34(4):429-436.

Pantaleón DS, Morrow BR, Cagna DR, Pameijer CH, Garcia-Godoy F. Influence of remaining coronal tooth structure on fracture resistance and failure mode of restored endodontically treated maxillary incisors. *J Prosthet Dent*. 2018;119:390-396.

Resende LCM, Araújo TP, Resende AB, Cavalcanti YW, de Almeida LFD, Padilha WWN et al. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with different types of intracanal posts. *Pesq Bras Odontoped Clin Integr*. 2017;17(1):e2995.

Salam SNA, Banerjee A, Mannocci F, Pilecki P, Watson TF. Cyclic loading of endodontically treated teeth restored with glass fibre and titanium alloy posts: Fracture resistance and failure modes. *Eur J Prosthodont Rest Dent*. 2006;14(3):98-104.

Santos AFV, Meira JBC, Tanaka CB, Xavier TA, Ballester RY, Lima RG et al. Can Fiber increase root stresses and reduce fracture. *J Dent Res*. 2010;89(6):587-591.

Saupe WA, Gluskin AH, Radke RA Jr. A comparative study of fracture resistance between morphologic dowel and cores and a resin-reinforced dowel system in the intra-radicular restoration of structurally compromised roots. *Quintessence International*. 1996;27(7):483-491.

Schwartz RS, Robbins JW. Post placement and restoration of endodontically treated teeth: a literature review. *Journal of Endodontics*. 2004 may;30(5):289-301.

Silva GR, Santos-Filho PCF, Simamoto- Júnior PC, Martins LRM, Mota AS, Soares CJ. Effect of post type and restorative techniques on the strain and fracture resistance of flared incisor roots. *Braz Dent J*. 2011;22(3):230-237.

Sornkul E, Stannard JG. Strength of roots before and after endodontic treatment and restoration. *Journal of Endodontics*. 1992 sep;18(9):440-443.

Stricker EJ, Göhring TN. Influence of different post and cores on marginal adaptation, fracture resistance, and fracture mode of composite resin crowns on human mandibular premolars. An in vitro study. *Journal of Dentistry*. 2006;34:326-335.

Teixeira D, Andrade MAC de, Baratieri LN, Monteiro-Junior S. Influence of the number of resin-fiber posts on the fracture resistance of composite cores in roots with flared canals. *International Journal of Brazilian Dentistry*. 2005 out/dez;4(1):323-329.

Theodospoulou JN, Chochlidakis KM. A Systematic review of dowel (post) and core materials and systems. *Journal of Prosthodontics*. 2009;18:464-472.

Torabi K, Fattahi F. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored by different FRC posts: An in vitro study. *Indian J Dent Res*. 2009;20(3):282-287.

Torres-Sánchez C, Montoya-Salazar V, Córdoba P, Vélez C, Gúzman-Duran A, Guierrez-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;110:127-133

Varvara G, Perinetti G, Di Lorio D, Murmura G, Caputi S. In vitro evaluation of fracture resistance and failure mode of internally restored endodontically treated maxillary incisor with differing Heights of residual dentin. *J Prosthet Dent*. 2007;98(5):365-372.

Wu X, Chan AT, Chen YM, Yip KH, Smales RJ. Effectiveness and dentin bond strengths of two materials for reinforcing thin-walled roots. *Dent Mater*. 2007 apr;23(4):479-485.

Xiong Y, Huang SH, Shinno Y, Furuya Y, Imazato S, Fok A et al. The use of a fiber sleeve to improve fracture strength of pulpless teeth with flared root canals. *Dent Mater*. 2015;31:1427-1434.

Zhou L, Wang Q. Comparison of Fracture Resistance between Cast Posts and Fiber Posts: A Meta-analysis of Literature. *J Endod*. 2013;39(01):11–15.

ANEXO 01

EVALUATION OF FRACTURE RESISTANCE AND FAILURE MODE OF THIN-WALLED ROOTS RESTORED WITH DIFFERENT POST SYSTEMS

¹Luís Gustavo Nunes Dias de Pinho, ¹Iandara Schettert Silva, ²Tulio Marcos Kalife Coelho and ¹Gustavo Helder Vinholi

¹Program in Health and Development in the Mid-West Region FAMED / UFMS – Cidade Universitária –Pioneiros, Campo Grande 79070-900, Mato Grosso do Sul, Brazil

²Department of Dental Prosthesis FAODO/UFMS-Cidade Universitária –Pioneiros, Campo Grande 79070-900, Mato Grosso do Sul, Brazil

Abstract: The objective of this manuscript was to evaluate the fracture resistance and failure mode of roots of bovine incisors with the root canal purposely enlarged, reinforced with different restorative materials and compared with intact roots restored with cast post and core. In this manuscript 75 bovine inferior central incisors were selected, being sectioned transversally and leaving only 14 mm of root. A standardized wear sequence was used to make them fragile, leaving the remaining walls with 0.5 to 0.7 mm thick in the cervical edge. In the control group (RI) the remaining walls had 2.0 to 2.5 mm thickness at the cervical edge and were restored with cast post and core. All samples received a total metallic crown. From the four experimental groups (n = 15), one group did not received internal root reinforcement (SR) and the other three were tested for composite resin (RC) or glass ionomer cement (CIV) reinforcements associated with cast post and core or composite resin in association with fiberglass post (PFV). The tests were applied in a universal test machine (Instron) with tangential compression loading, focusing on the palatal side of the crown, forming an angle of 135° with the long axis of the root, at a speed of 1 mm / min. The force average values obtained were 330.45 N; 218.58 N; 186.54 N; 275.44 N and 295.10 N for the groups RC Group, PFV Group, Group IV, SR Group and RI Group. Among the RC, SR and RI groups there was no statistical difference for the obtained average forces. The PFV and IV groups differ statistically from the mean force obtained in relation to the RC, SR and RI groups ($P < 0.05$). However PFV and IV are statistically similar. In the PFV and IV groups, there was a higher incidence of favorable fractures, while in the other groups non-favorable fractures prevailed. Reinforcing internally a fragile root with composite resin favors the increase of fracture resistance. A greater amount of remaining dentin was responsible for a greater fracture resistance, but without statistical difference in comparison with weakened roots without reinforcement. Restored fragile roots with PFV associated to the composite resin (anatomical post) have the advantage of having favorable fractures, allowing the reuse of the root. On the other hand, when working with cast post and core we normally reach an increase in resistance, but a large incidence of non-favorable fractures is present.

Keywords: Remaining roots, fracture strength, failure mode, cast post and core, fiberglass post, resin cement, Glass ionomer.

Introduction

Teeth endodontically treated with great structural loss need intra-canal retainers for their rehabilitation. Traditionally one of the most used biomaterials for this function is the cast

post and core (Mitsui *et al.* 2004, Özcan & Valandro 2009; Faria *et al.* 2011). This component, because it is rigid, resists forces without distortion, but it transmits tensions to the root dentin (Fernandes & Dessai 2001). The difference of the modulus of elasticity of this type of retainer and dentin is an aggravating factor for the concentration of stress in the root structures (Ferrari *et al.* 2000, Torabi & Fattahi 2009).

As the amount of remaining dentin can influence fracture resistance, root canal dentin must be preserved to the maximum extent possible during preparation of the root canal (Zogheib *et al.* 2008, Mireku *et al.* 2010, Mattos *et al.* 2012, Fragou *et al.* 2012, Zhou & Wang 2013, Zicari *et al.* 2013). The possibility of root fracture increases in cases where the cervical diameter of the root canal is too broad (Sirimaet *et al.* 1999, Delfino & Nagle 2003).

Due to the large number of options that have been proposed, the choices regarding the selection of materials and techniques to restore root canals with weakened walls become difficult (Ayad *et al.* 2010). However, the search is based on mechanical properties similar to the remaining dental structure as well as a correct selection of the cementation system. (Xiong *et al.* 2015, Gomes *et al.* 2015, Gomes *et al.* 2016). One of the options would be to reinforce the root walls and restore the inner diameter of the canal as close to normal before cementing an intra-radicular post, which favors the dissipation of forces and protects the remaining root. (Theodosopoulou & Chochlidakis 2009, Laxe *et al.* 2009, Balkaya *et al.* 2013, Ferro *et al.* 2016). Several studies corroborate the idea that internally reinforcing the brittle roots can considerably increase fracture resistance (Liang *et al.* 2007, Wu *et al.* 2007, Torres-Sánchez *et al.* 2013, Balkaya & Birdal 2013).

In addition to the studies to apply filling materials, new techniques were also developed, among them the anatomical post. The fiberglass post is wrapped by composite resin modeled inside the root canal, which allows a thin layer of cement at the post / root interface, improving retention and mechanical properties (Grandini *et al.* 2003, Clavijo *et al.* 2006, Albashaireh *et al.* 2009, Özdemir *et al.* 2012, Gomes *et al.* 2016, Cardenas *et al.* 2016, Amaral *et al.* 2015).

In view of the above, this manuscript proposes to evaluate the fracture resistance of fragile radicular remnants by means of different techniques: fiberglass posts associated with photopolymerizable composite resins and cast post and cores associated or not with the use of root reinforcement (photopolymerizable resin or glass ionomer), besides evaluating the failure mode presented by the root, classified in favorable or non-favorable fractures.

Materials and Methods.

Selected samples:

In this paper were selected 75 bovine inferior central incisors, free of cavities or fractures. Its roots were sectioned with a diamond disc (KG Sorensen, Brazil) in low rotation,

remaining standardized in the length of 14 mm (measurement performed with a digital pachymeter).

The sectioned roots were submitted to endodontic treatment. Instrumentation with K-file size 80 (Dentsply Maillefer, Brazil) and obturation using gutta-percha (Tanari, Brazil) using the lateral condensation technique, remaining 1 mm short of the root apex. The gutta-percha removal was performed up to 9 mm deep (maintained 4 mm apical seal) with a Largo bur No. 4 (Injecta, Brazil), maintained between 2.0 and 2.5 mm thick root wall at the edge assessment with digital pachymeter.

Intra-root preparation for similar weakened roots:

Of the 75 teeth, 15 samples formed the control group ($n = 15$) with intact roots with radicular dentinal remnant with a thickness of 2.0 to 2.5 mm in the cervical edge. On the other hand, 60 samples that had the fragilized roots were randomly distributed into four groups, according to the intra-radicular restorative materials.

The 60 teeth suffered additional wear on the walls of the root canal, in order to simulate roots with weakened walls. A No. 5 Largo bur (Injecta, Brazil) was introduced into the root canal at low rotation up to 9 mm deep. A spherical diamond drill No. 1016 (KG Sorensen, Brazil - 1.8 mm diameter) was used at high speed, under constant water cooling to 8 mm depth.

After the procedure described above, a 2.5 mm diameter spherical diamond drill No. 3017 HL (KG Sorensen, Brazil) performed wear on the middle third until it reached 5 mm depth. Finally, a spherical diamond drill No. 3018 (KG Sorensen, Brazil) performed wear up to 3 mm deep to prepare the third cervical. The remainder at the cervical border at the end of the preparation had a thickness between 0.50 and 0.70 mm in a simulation of a root weakened by excess structural loss (Figures 1).

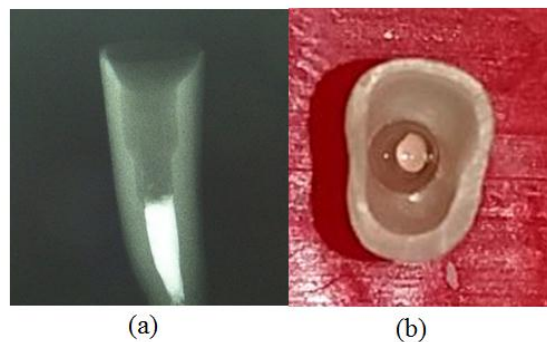


Figure 1. (a) X-ray showing a weakened root , (b) Occlusal view showing de cervical edge

Group with restored intact roots with cast post and core (RI)

The root canal was modeled using Pinjet prefabricated acrylic pins (Angelus, Brazil) associated with the Duralay chemical dam resin (Reliance Dental, USA). The coronary part of the pin was made with the same resin. To standardize the preparation of the coronary portion in all groups, a duralay resin model (Reliance Dental, USA) was used with five replicates obtained from the mold of an upper central incisor prepared to receive a total crown that was then cast in Co-Cr (Fitcast cobalt, Talmax, Brazil). EVA - Ethylene / Vinyl Acetate copolymer (FGM, Brazil) matrices were made in a vacuum plastic laminating machine, which served as a guide in the modeling of the cast and post coronary portion. The pin was cast in

Co-Cr and cemented with U-200 resin cement (3M - Brazil) after conditioning the root canal with 37% phosphoric acid (Condac37 - FGM, Brazil) for 10 seconds and washing abundantly with water and then dried with jets and absorbent paper tips.

Group with restored weakened roots with cast post and core and reinforced with composite resin (RC)

Subsequent to the conditioning of the root canal with 37% phosphoric acid (Condac37 - FGM, Brazil) for 10 seconds and washing abundant with water and subsequently dried with air jets and absorbent paper tips, the Universal Single Bond adhesive (3M ESPE) was applied, being spread with light air jets and in the polymerized sequence for 60 seconds. The modeling of the weakened root was performed filling the walls of the root canal with composite resin (Z 350 3M ESPE). Each layer was photopolymerized with the aid of a fiberglass pin for 90 seconds (White post n ° 2, FGM - Brazil).

After finalization of the reinforcement, the formed root canal was reprepared so that the remaining walls were 2.0 to 2.5 mm thick, measured with a digital caliper (Figure 2). Then an acrylic pattern for casting was obtained, following the same technique used in the group with intact roots. The pin was cast in Co-Cr (Fitcast Cobalto, Talmax, Brazil) and cemented with U-200 Resin cement (3M - Brazil).

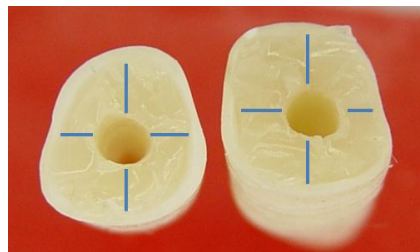


Figure 2. Root reforced with composite resin

Group with restored weakened roots with cast post and core and reinforced with glass ionomer (IV)

The weakened roots, after conditioning the root canal with 37% phosphoric acid for 10 seconds, and abundant flushing with water and subsequently dried with air jets and absorbent paper tips, were filled with self-cure glass ionomer cement (Riva self cure, SDI - Australia), which was introduced into the root canal using a Centrix syringe (New DFL, Brazil). The channel modeling was performed with the help of a fiberglass pin (White post n ° 2, FGM - Brazil) with solid petroleum jelly applied on its surface to a depth of 9 mm held centrally until the total cement prey (Figure 3). The formed root canal was reprepared so that the remaining walls were 2.0 to 2.5mm thick. With the completion of the preparation of the root canal, an acrylic pattern for casting was obtained, following the same technique used in the group with intact roots. It was then cast in Co-Cr and cemented with U-200 Resin cement.



Figure 3. Root reforced with self-cure glass ionomer cement

Group with restored weakened roots with fiberglass post and reinforced with composite resin (PFV)

Fiberglass post n° 2 (FGM) had its length cut at 12.0 mm (9.0 mm inside the root canal and 3.0 mm to support the filling core), being conditioned with 37% phosphoric acid (Condac 37, FGM, Brazil). Then a single component silane layer (Prosil, FGM, Brazil) was applied on the post, and after the volatilization the resin adhesive was applied (Single Bond universal - 3M) followed by photopolymerization for 20 seconds. An increment of composite resin (Z350, 3M ESPE) was applied on the post. In addition, the post / resin assembly was accommodated in the root canal (previously isolated with water based lubricant - Ky gel, Johnson & Johnson - Brazil), at 9 mm depth, which was then removed. Similar to the interior of the root canal, the composite resin was polymerized for 20 seconds on each face.

In the coronal remainder of the fiberglass post (3 mm), increments of composite resin were added for the realization of the coronary part of the retainer using as template the EVA matrices previously obtained through the metallic standards. The anatomic posts were cemented with resin cement U200 (3M ESPE) after conditioning the root canal with 37% phosphoric acid (Condac37 - FGM, Brazil) for 10 seconds and washing abundantly with water and subsequently dried with air jets and absorbent paper tips .

Group with weakened roots without reinforcement (SR)

The weakened roots of this group did not receive any type of root reinforcement. An cast post and core was obtained by the same technique used in the group with intact roots, in which they were cemented with resin cement U200 (3M ESPE) after conditioning the root canal with 37% phosphoric acid (Condac37 - FGM, Brazil) for 10 seconds and washing abundantly with water and subsequently dried with air jets and absorbent paper tips.

Preparation of the test specimens

After the cementation procedure of all the posts of the five groups, metallic crowns were obtained following the same technique of standardization of the coronary part of the posts, and then cemented with cement U-200.

The roots received a thin layer of wax n ° 7 on its surface to allow space for the simulation of the periodontal ligament. Colorless, self-polymerizable acrylic resin (JET, Clássico, Brazil) was poured into the half-inch PVC (Tigre do Brasil) 20 mm high cylinders. The teeth were immersed in the resin, centralized, keeping 3 mm of root away from the resin to simulate the biological distance. After the resin prey, the teeth were removed and received hot water bath for total removal of the wax. Afterwards, fluid addition silicone (Variotime - HeraeusKulzer, Germany) was applied inside the resin in the pvc cylinder (space formed by the insertion of the root) and the teeth were repositioned, thus forming a fluid silicone layer simulating the periodontal ligament.

Fracture strength test

For this test the samples were placed in a metal support with a slope of 45 ° in relation to the base, to allow the application of a load with a 135 ° angle with the axis of the tooth (similar to the angle formed between upper and lower incisors in normal occlusion). Subsequently a tangential compression force was applied on a Universal Testing Machine (INSTRON) at a speed of 1 mm / min until the fracture occurred. The fracture resistance data of the root remainder were analyzed by ANOVA and Tukey's test. The statistical significance level was 5% and the statistical calculation was performed in the SPSS 20 program (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

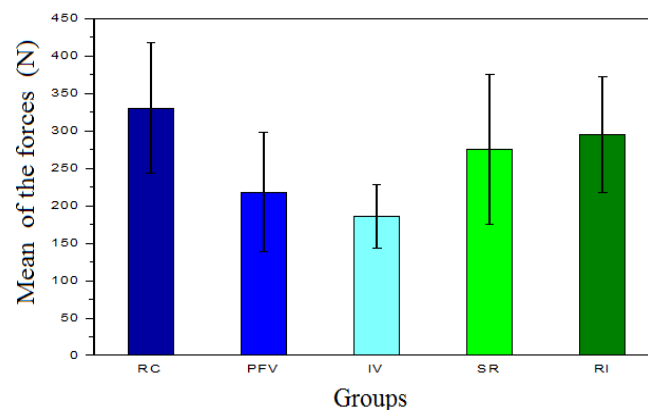
Failure mode

All teeth samples were submitted to digital radiographic evaluation in the Xtreme II/Bruker machine of the Laboratory of Experimental Carcinogenesis of the PPGSD/UFMS, before and after the fracture strength test. Thus, it is possible to evaluate the characteristic of the fracture propensity of each group, classified in favorable or non-favorable fractures.

Results and Discussion

Resistance to fracture

Graph 1 shows the mean values $\pm$ standard deviation for the forces obtained in each of the evaluated groups. The averages obtained were 330.45 ± 86.97 (N); 218.58 ± 80.21 (N); 186.54 ± 42.68 (N); 275.44 ± 100.65 (N) and 295.10 ± 77.59 (N) for the RC, PFV, IV, SR and RI groups. The maximum strength values for the RC, PFV, IV, SR and RI groups were 525.02 N; 359.32 N; 269.82 N; 508.23 and 455.99 N, and the minimum values were 191.20 N, 120.39 N; 118.31 N; 88.02 and 151.53 N.



Graphic 1 - Mean $\pm$ standard deviation for the forces obtained in each of the groups evaluated

Statistical analysis showed that for the RC, SR and RI groups there is no statistical difference for the mean forces obtained on the basis of the p-value between the pairs ($p >$

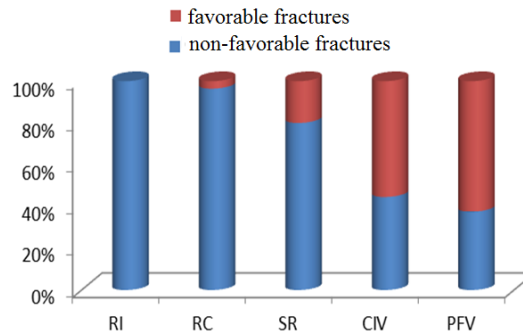
0.05). On the other hand, the PFV and IV groups differ statistically from the mean strength obtained in relation to the RC, SR and RI groups ($P < 0.05$). However, the groups PFV and IV are statistically similar (Table 1).

Table 1- Statistical difference between groups.

RC	PFV	IV	SR	RI
330.45 ± 86.97 A	218.58 ± 80.21 B	186.54 ± 42.68 B	275.44 ± 100.65 A	195.10 ± 77.59 A

Failure mode

Graph 2 shows the prevalence of favorable and non-favorable fractures of the groups studied in this manuscript.



Graphic 2. Prevalence of favorable and non-favorable fractures of the groups studied in this manuscript.

Discussion

The comparison of the mean values obtained with the use of cast post and core (except for the glass ionomer reinforced group) in relation to the mean value obtained with the use of an anatomic post, shows that the results are in accordance with those studies that demonstrated higher values of Fracture strength for cast post and core than for resin-associated fiberglass posts (Giovani *et al.*, 2009, Torabi & Fattahi 2009).

Results obtained can be explained by the fact that the roots do not have coronary remnants, being quite common the fracture associated with the failure of union of the resin with the surface of the post, remaining the root portion intact. Some studies have demonstrated the need for a satisfactory coronary remnant and ferrule preparation when working with fiberglass post (Fragou *et al.* 2012, Zhou & Wang 2013; Zicari *et al.* 2013). However, other studies affirm that cast post and core is more indicated when there is no coronary remnant (Özcan & Valandro 2009; Faria *et al.*, 2011; Resende *et al.* 2017).

According to the study by Fukui *et al.* (2009), the group that used cast post and core and composite resin reinforcing the canal had better mechanical properties in the rehabilitation of compromised roots, a fact also observed by Balkaya & Birdal (2013), who affirmed that internally reinforcing a weakened root with resin is an effective technique. This trend was also

demonstrated in our study, that is, the resistance was slightly higher, but did not represent statistical significance, contrary to the work of Liang *et al.* (2007), where by strengthening the root internally with resin, the fracture resistance practically doubled with the use of cast post and core.

The results obtained from this study corroborated with a trend widely reported in the literature, a non-favorable root fracture when working with a cast post and core (Martinez - Insua *et al.*, 1998, Marchionatti *et al.*, 2017, Gehrcke *et al.*, 2017, Varvara *et al.* (2007), Torabi & Fattahi 2009, Jain & Vinayak 2011, Li *et al.*, 2011; Balkaya & Birdal 2013, Torres-Sánchez *et al.* 2013).

In the RC group, there was 93.3% of this type of fracture (Figure 4), only one sample suffered the displacement of the pin not fracturing the root, whereas the RI group presented 100% catastrophic fractures (Figures 5a,5b), remaining the same pattern (fracture of the middle third of the root, affecting the vestibular face). In the SR group there were 75% of non-favorable fractures (Figure 6a), 05 retainers were dislodged without root fracture (Figure 6b), this is probably associated with the conical conformation of the retainer, which hinders its retention inside the root canal, favoring its dislocation. However, only the CIV group had a predominance of favorable fractures.

The results obtained in our study corroborated with the results of Wu *et al.* (2007), which demonstrated that when the root is internally reinforced with composite RC before the preparation of cast post and core, the fracture resistance is much higher than when reinforcing with glass ionomer. Analyzing the test specimens after the test was demonstrated that with glass ionomer, the most frequent faults were fracture / fragmentation of the reinforcement or the decimentation of the retainer (Figure 7a), characterizing, thus, favorable fractures (09 samples). Only 40% (06 samples) had root involvement, causing non-favorable fractures (Figure 7b). Thus, in spite of the low fracture resistance, the reinforcement with glass ionomer proved to be interesting because it provides root reuse in 60% of the cases.

The intact roots with cast post and core had an average resistance slightly superior to the fragilized roots that did not recieved internal reinforcement before the retainer cimentation, but without statistical significance, thus agreeing with the work of K1vanç *et al.* (2009), who identified that a greater amount of remaining dentin resulted in a slightly higher resistance, but not being statistically significant.

From the use of the Anatomical post (PFV), a behavior widely supported by the literature was observed, that is, the presence of favorable fractures; (Santos *et al.*, 2010), which is associated with the fracture of the cervical third of the root, the post or the resin responsible for the coronary filling (Teixeira *et al.*, 2005, Torres-Sánchez *et al.* al., 2011, Silva *et al.*, 2011, Balkaya & Birdal 2013, AlQahtani *et al.*, 2017, Gehrcke *et al.*, 2017). Of the 15 samples, 10 of them (66%) presented fractures only in the post or reinforcing resin associated to the post (Figure 8a), either in the coronary or radicular part. In the other 05 samples the fracture affected the post and also the root structure, being classified as non-favorable (Figure 8b).

It is interesting to note that the results obtained in this manuscript should be interpreted carefully, taking into account the natural limitations presented by a laboratory test.

Conclusion

Reinforcing internally a weakened root with composite resin favors the increase of fracture resistance, as opposed to reinforcing with glass ionomer cement, which presented the least resistance among all groups tested.

In this manuscript, it was observed that a greater amount of remaining dentin was responsible for a slightly higher fracture resistance, but without statistical difference in comparison with weakened roots without reinforcement.

Restored weakened roots with fiberglass post associated to the composite resin (anatomical post), although presenting a lower fracture resistance when compared to most groups restored with cast post and core, have the advantage of having favorable fractures, allowing the reuse of the root. On the other hand, when using cast post and core we normally reach an increase in resistance, but a large incidence of catastrophic fractures is present.

References

1. Albashaireh ZS, Ghazal M, Kern M. Effects of endodontic post surface treatment, dentin conditioning, and artificial aging on the retention of glass fiber-reinforced composite resin posts. *J Prosthet Dent*. 2010;103:31-39.
2. AlQahtani A, Albargash A, Abduljabbar T, Bahmmam F, AbGhani SM, Nassem M et al. Fracture resistance of maxillary lateral incisors restored with different post systems. *J Biomater Tissue Eng*. 2017;7:1-5.
3. Amaral FR, Jassé FF, Calixto LR, da Silva Junior JE, Neto CS, de Andrade MF et al. Direct anatomical post for weakened roots: The state of knowledge. *Sci J Dent*. 2015;2:13-20.
4. Ayad MF, Bahannan AS, Rosentiel SF. Morphological Characteristics of the interface between resin composite and glass-ionomer cement to thin-walled roots: A microscopic investigation. *Am J Dent*. 2010;23(2):103-107.
5. Balkaya MC, Birdal IS. Effect of resin-based materials on fracture resistance of endodontically treated thin-walled teeth. *J Prosthet Dent*. 2013;109:296-303.
6. Cardenas AFM, Siqueira FSF, Davila-Sanchez A, Gomes GM, Reis A, Gomes JC. Four-year follow-up of direct anatomical fiber post and esthetic procedures: A case report. *Operative Dentistry*. 2016;41(4):363-369.
7. Clavijo VGR, Souza NC de, Andrade MF de, Susin AH. Pinos Anatômicos uma nova perspectiva clínica. *Dental Press Estét*. 2006 jul/ago/set;3(3):110-130.
8. Delfino CS, Nagle MM. Utilização do sistema Luminex para reforço de raízes fragilizadas. *RBO*. 2003 mai/jun;60(3):196-199.
9. Faria ACL, Rodrigues RCS, Antunes RPA, Mattos MGC de, Ribeiro RF. Endodontically treated teeth: Characteristics and considerations to restore them. *Journal of Prosthodontic Research*. 2011;55:69-74.
10. Fernandes AS, Dessai GS. Factors Affecting the fracture resistance of post-core reconstructed teeth: A review. *Int J Prosthodont*. 2001;14(4):355-363.
11. Ferrari M, Vichi A, García-Godoy F. Clinical evaluation of fiber-reinforced epoxy resin posts and cast post and cores. *Am J Dent*. 2000 may;13:15B-18B.

12. Ferro MC de L, Colucci V, Marques AG, Ribeiro RF, Silva-Sousa YTC, Gomes EA. Fracture strength of weakened anterior teeth associated to different reconstructive techniques. *Braz Dent J*. 2016;27(5):556-561.
13. Fragou T, Tortopidis D, Kontonasaki E, Evangelinaki E, Ioannidis K, Petridis H et al. The effect of ferrule on the fracture mode of endodontically treated canines restored with fibre posts and metal-ceramic or all-ceramic crowns. *Journal of Dentistry*. 2012;40:276-285.
14. Fukui Y, Komada W, Yoshida K, Otake S, Okada D, Miura H. Effect of Reinforcement with resin composite on fracture strength of structurally compromised roots. *Dental Materials Journal*. 2009;28(5):602-609.
15. Gehrcke V, Oliveira M, Aarestrup F, Prado M, Lima CO, Campos CN. Fracture strength of flared root canals restored with different post systems. *Eur Endod J*. 2017;2:24.
16. Giovani AR, Vansan LP, Souza Neto MD de, Paulino SM. In vitro fracture resistance of glass-fiber and cast metal posts with different lengths. *J Prosthet Dent*. 2009;101(3):183-188.
17. Gomes EA, Gueleri DB, Silva SRC da, Ribeiro RF, Silva-Sousa YTC. Three-dimensional finite element analysis of endodontically treated teeth with weakened radicular walls restored with different protocols. *J Prosthet Dent*. 2015;114:383-389.
18. Gomes GM, Monte-Alto RV, Santos GO, Fai CK, Loguercio AD, Gomes OMM et al. Use of a direct anatomic post in a flared root canal: A three-year follow-up. *Operative Dentistry*. 2016;41(1):E23-E28.
19. Grandini S, Sapio S, Simonetti M. Use of anatomic post and core for reconstructing an endodontically treated tooth: a case report. *J Adhes Dent*. 2003;5(3):243-247.
20. Jain M, Vinayak V. Post-endodontic rehabilitation using glass fiber non metallic posts: A review. *Indian J Stomatol*. 2011;2(2):117-119.
21. K1vanç BH, Alaçam T, Ulusoy ÖİA, Genç Ö, Görgül G. Fracture resistance of thin-walled roots restored with different posts systems. *International Endodontic Journal*. 2009;42:997-1003.
22. Laxe LAC, Andrade Filho H de, Mendes LM, Pinto BD. Pinos fibrorresinosos: revisão de suas propriedades físicas e mecânicas. *FULL Dentistry in Science*. 2011;6(2):190-198.
23. Li Q, Xu B, Wang Y, Cai Y. Effects of auxiliary fiber posts on endodontically treated teeth with flared canals. *Operative Dentistry*. 2011;36(4):380-389.
24. Liang BM, Chen YM, Wu X, Yip KH, Smales RJ. Fracture resistance of roots with thin walls restored using an intermediate resin composite layer placed between the dentin and a cast metal post. *Eur J Prosthodont Dent*. 2007 mar;15(1):19-22.
25. Makade CS, Meshram GK, Warhadpande M, Patil PG. A comparative evaluation of fracture resistance of endodontically treated teeth restored with different post core systems – an in vitro study. *J Adv Prosthodont*. 2011;3:90-95.

26. Marchionatti AME, Wandscher VF, Rippe MP, Kaiser OB, Valandro LF. Clinical performance and failure modes of pulpless teeth restored with posts: A systematic Review. *Braz Oral Res.* 2017;31:e24.
27. Martinez-Insua A, Da Silva L, Rilo B, Santana U. Comparison of the fracture resistances of pulpless teeth restored with cast post and core or carbon-fiber post with a composite core. *J Prosthet dent.* 1998;80(5):527-532.
28. Mattos CMA, Las Casas EB, Dutra IGR, Sousa HA, Guerra SMG. Numerical analysis of the biomechanical behaviour of a weakened root after adhesive reconstruction and post-core rehabilitation. *Journal of Dentistry.* 2012;40:423-432.
29. Mireku AS, Romberg E, Fouad AF, Arola D. Vertical fracture of root filled teeth restored with posts: the effects of patient age and dentine thickness. *International Endodontic Journal.* 2010;43:218-225.
30. Mitsui FHO, Marchi GM, Pimenta LAF, Ferraresi PM. In vitro study of fracture resistance of bovine roots using different intraradicular post systems. *Quintessence Int.* 2004;35(8):612-616.
31. Özcan M, Valandro LF. Fracture strength of endodontically-treated teeth restored with post and cores and composite cores only. *Operative Dentistry.* 2009;34(4):429-436.
32. Özdemir E, Lin WS, Erkut S, Tuncer AH. Interfacial evaluation of endodontically treated teeth restored with selected adhesive materials and glass fiber posts: An SEM analysis. *Journal of Dental Sciences.* 2012: 1-8.
33. Resende LCM, Araújo TP, Resende AB, Cavalcanti YW, de Almeida LFD, Padilha WW et al. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with different types of intracanal posts. *Pesq Bras Odontoped Clin Integr.* 2017;17(1):e2995.
34. Salam SNA, Banerjee A, Mannocci F, Pilecki P, Watson TF. Cyclic loading of endodontically treated teeth restored with glass fibre and titanium alloy posts: Fracture resistance and failure modes. *Eur J Prosthodont Rest Dent.* 2006;14(3):98-104.
35. Santos AFV, Meira JBC, Tanaka CB, Xavier TA, Ballester RY, Lima RG et al. Can Fiber increase root stresses and reduce fracture. *J Dent Res.* 2010;89(6):587-591.
36. Silva GR, Santos-Filho PCF, Simamoto- Júnior PC, Martins LRM, Mota AS, Soares CJ. Effect of post type and restorative techniques on the strain and fracture resistance of flared incisor roots. *Braz Dent J.* 2011;22(3):230-237.
37. Sirimai S, Riis DN, Morgano SM. An in vitro study of the fracture resistance and the incidence of vertical root fracture of pulpless teeth restored with six post-and-core systems. *J Prosthet Dent.* 1999 mar;81(3):262-269.
38. Teixeira D, Andrade MAC de, Baratieri LN, Monteiro-Junior S. Influence of the number of resin-fiber posts on the fracture resistance of composite cores in roots with flared canals. *International Journal of Brazilian Dentistry.* 2005 out/dez;4(1):323-329.

39. Theodospoulou JN, Chochlidakis KM. A Systematic review of dowel (post) and core materials and systems. *Journal of Prosthodontics*. 2009;18:464-472.
40. Torabi K, Fattahi F. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored by different FRC posts: An in vitro study. *Indian J Dent Res*. 2009;20(3):282-287.
41. Torres-Sánchez C, Montoya-Salazar V, Córdoba P, Vélez C, Gúzman-Duran A, Guierrez-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;110:127-133.
42. Varvara G, Perinetti G, Di Lorio D, Murmura G, Caputi S. In vitro evaluation of fracture resistance and failure mode of internally restored endodontically treated maxillary incisor with differing Heights of residual dentin. *J Prosthet Dent*. 2007;98(5):365-372.
43. Wu X, Chan AT, Chen YM, Yip KH, Smales RJ. Effectiveness and dentin bond strengths of two materials for reinforcing thin-walled roots. *Dent Mater*. 2007 apr;23(4):479-485.
44. Xiong Y, Huang SH, Shinno Y, Furuya Y, Imazato S, Fok A et al. The use of a fiber sleeve to improve fracture strength of pulpless teeth with flared root canals. *Dent Mater*. 2015;31:1427-1434.
45. Zicardi F, Van Meerbeek B, Scotti R, Naerti I. Effect of ferrule and post placement on fracture resistance of endodontically treated teeth after fatigue loading. *Journal of Dentistry*. 2013;41:207-215.
46. Zogheib LV, Pereira JR, Valle AL do, Oliveira JA de, Pegoraro LF. Fracture resistance of weakened roots restored with composite resin and glass fiber posts. *Braz Dent J*. 2008;19(4):329-333.
47. Zhou L, Wang Q. Comparison of Fracture Resistance between Cast Posts and Fiber Posts: A Meta-analysis of Literature. *J Endod*. 2013;39(01):11-15.

Figures

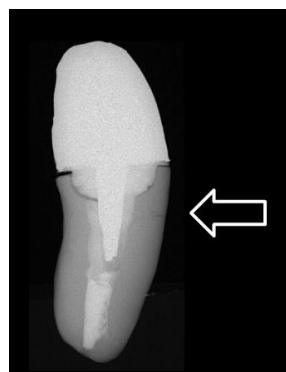


Figure 4.
Fracture of the middle third of the root reinforced with composite resin

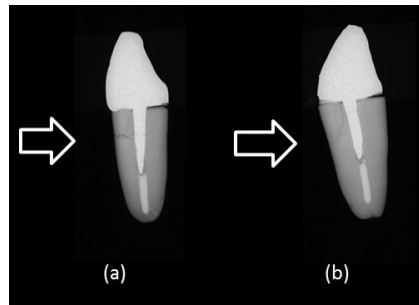


Figure 5. (a) Fracture of the pin and the middle third of the non-weakened root
(b) Fracture only of the middle third of the non-weakened root

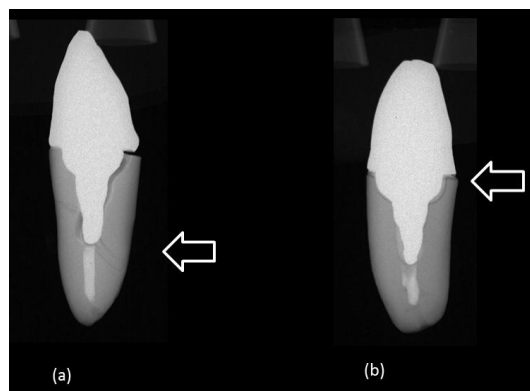


Figure 6. (a) Non-favorable fracture (b) Retainer dislodged without root fracture

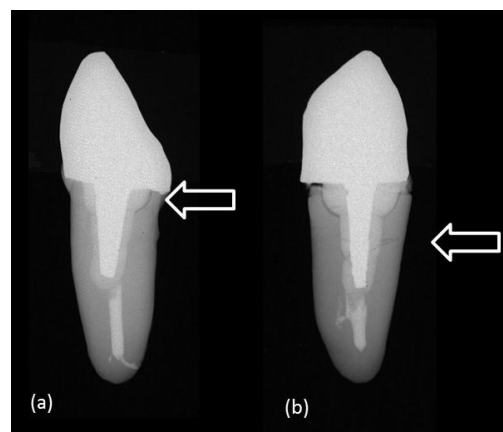


Figure 7 . (a) Favorable fracture, bond failure (b) Non-favorable fracture

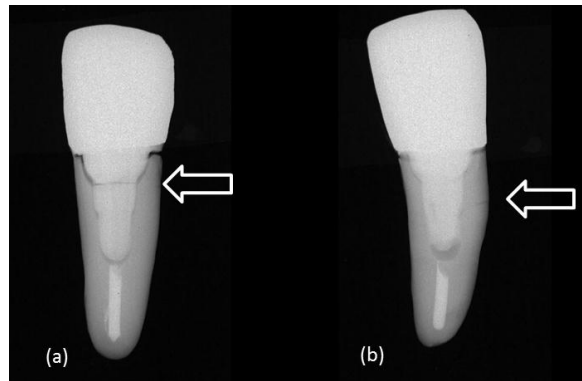


Figure 8. (a) Favorable fracture, affecting only the post (b) Non-favorable fracture

ANEXO 02



INTERNATIONAL JOURNAL OF DEVELOPMENT RESEARCH

INVOICE

INVOICE: 12936

DATE: APRIL 18, 2018

Dr. T. MANIKANDAN

Managing Editor

Sorappur, Valluvar Street, Veeranam Post, Villupuram Taluka, Pin: 605 106, Tamilnadu, India

Web: journalijdr.com; Email: financesection@journalijdr.com

To:

Luís Gustavo Nunes Dias de Pinho

ADDRESS:

Program in Health and Development in the Mid-West Region FAMED / UFMS –
Cidade Universitária – Pioneiros, Campo Grande 79070-900, Mato Grosso do Sul,
Brazil.

Email id: luigustavondp@hotmail.com

Contact: 6732862277

Respected Sir/Madam

The Editor-in-Chief is pleased to inform you that, your article has been accepted for publication in the International Journal of Development Research. In this article shall be published in the coming issue. You are requested to remit the processing fee for online maintenance as detailed below.

Article Manuscript Number	Article Title	Processing fees (USD)	TOTAL (USD)
IJDR-12916	Evaluation Of Fracture Resistance And Failure mode of Thin-Walled Roots Restored With Different Post Systems	150	150
TOTAL			150
TOTAL DUE			150

BANK ACCOUNT PARTICULARS						
AXIS BANK ACCOUNT						
Name	Account Number	Account Holder Address	Name of the Bank	Bank branch code	Swift Code	IFSC Code
M. GAYATHRI	916020040596217	Valluvar Street, Sorappur, Veeranam Post, Villupuram Taluk, Pin: 605106, Tamilnadu, India	AXIS BANK	467	AXISINBBA19	UTIB0000467

BANK ADDRESS: Ravindran Arcade, Trichy road, Villupuram, Tamil Nadu, India

(OR)

Western Union Money Transfer

(150USD is equal to Indian Rupees 9900.) Transfer the payment to Indian Rupees

Receiver name: Dhivya sankar

Address: Thirukurlappu Thondar nagar, Valavanur, Villupuram Taluk, Chinnavalavanur, Villupuram, Tamilnadu, 605 108

(OR)

RIA MONEY TRANSFER (OR) EXPRESS MONEY (OR) UAE EXCHANGE MONEY TRANSFER

(150USD is equal to Indian Rupees 9900.) Transfer the payment to Indian Rupees

Receiver Name: Parasuraman Paramasivam

Receiver address: 36, East street, Pandasozhanallur, Pondicherry – 605 106, India.

(OR)

PAYPAL MONEY TRANSFER

Email id: dr.mani_2011@yahoo.com

Address: Valluvar Street, Sorappur, Veeranam post, Villupuram Taluk, Pin: 605 106, Tamilnadu, India

Soon after getting the amount credited after that we will send your article proof copy to your corresponding author email. Send scan copy for your amount deposited receipt. Hope to get more papers from you and your colleagues. If you have any questions concerning this invoice, contact the email: financesection@journalijdr.com

Managing Editor

Thank you for your Co-operation