

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA – NÍVEL MESTRADO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO CLÍNICA ODONTOLÓGICA – ENDODONTIA

ANGÉLICA FENSTERSEIFER LEMOS

**AVALIAÇÃO DA PENETRABILIDADE INTRADENTINÁRIA RADICULAR
DE UM CIMENTO ENDODÔNTICO BIOCERÂMICO APÓS TRÊS
PROTOCOLOS DE IRRIGAÇÃO DE IRRIGAÇÃO FINAL**

Porto Alegre

2021

ANGÉLICA FENSTERSEIFER LEMOS

**AVALIAÇÃO DA PENETRABILIDADE INTRADENTINÁRIA RADICULAR
DE UM CIMENTO ENDODÔNTICO BIOCERÂMICO APÓS TRÊS
PROTOCOLOS DE IRRIGAÇÃO FINAL**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como pré-requisito final para a obtenção do título de Mestre em Clínica Odontológica – Endodontia.

Linha de Pesquisa: Biomateriais e Técnicas Terapêuticas em Odontologia

Orientador: Prof. Dr. Marcus Vinicius Reis Só

Porto Alegre

2021

CIP – Catalogação na Publicação

Lemos, Angélica Fensterseifer
Avaliação da penetrabilidade intradentinária
radicular de um cimento endodôntico biocerâmico após
três protocolos de irrigação final. / Angélica
Fensterseifer Lemos. -- 2021.
56 f.
Orientador: Marcus Vinícius Reis Só.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Odontologia, Programa
de Pós-Graduação em Odontologia, Porto Alegre, BR-RS,
2021.

1. Penetrabilidade intradentinária. 2.
Biocerâmicos. 3. Cimentos à base de silicato de
cálcio. 4. Cimentos hidráulicos. 5. Protocolos de
irrigação intracanal. I. Reis Só, Marcus Vinícius,
orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, por ter me possibilitado encontrar nesta jornada terrena com pessoas tão especiais.

Aos **meus familiares**, em especial, **minha mãe**. Incansável companheira, por todo amor, paciência e zelo comigo. Por nunca ter duvidado do meu potencial, até mesmo quando eu duvidei. Tua presença ao meu lado com certeza me deu forças para continuar. Obrigada pelo incentivo em busca dos meus sonhos!

Aos entes queridos que já partiram e que sei que estão vibrando por mais esta conquista. Posso sentir o amor de vocês!

Aos **colegas de trabalho**, por entenderem minhas ausências diante da busca por mais conhecimento.

Aos **amigos**, em especial ao querido **Everton Bornholdt Falcão**, por me incentivar a realizar a inscrição para o processo seletivo de Mestrado e por me fazer compreender o real significado da palavra amizade. Obrigada pelo “empurrãozinho”.

Entre tantos amigos que o Mestrado me proporcionou, **Luana Heck, Marieli Chitolina Pradebon, Renata Aqel de Oliveira e Theodoro Weissheimer**, obrigada pela parceria, momentos de alegria e por compartilharem seus conhecimentos.

À amiga **Gislene Cristina Vertuan**, por todo apoio e ombro amigo em diversos momentos nestes dois anos. Pelas conversas e por toda disponibilidade em ajudar na confecção deste trabalho.

Ao meu estimado orientador, **Prof. Dr. Marcus Vinícius Reis Só**, pela oportunidade de ser sua orientada, pelos ensinamentos, dedicação, por me transmitir segurança e principalmente, por confiar em meu trabalho. Pela amizade que surgiu desde o período em que cursei a Especialização e que fez com que eu tivesse a certeza de que estaria sob orientação de um dos melhores professores do Brasil. Pelas risadas e pelos

delicados puxões de orelha nos meus momentos de ansiedade. Por ser um bom ouvinte em momentos de desabafo. Com certeza terei somente lembranças boas registradas em meu coração.

Aos **professores do curso de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, pela convivência prazerosa e leve durante este período, e em especial aos quais tive a oportunidade de acompanhar durante os estágios clínicos, muito obrigada por tudo. Vocês me inspiraram a dar sempre o meu melhor.

Aos **alunos de graduação**, por possibilitarem com que eu mais aprendesse do que ensinasse a vocês, e por tanto carinho durante nossa convivência.

À **Universidade Federal do Rio Grande do Sul** por mais esta oportunidade de aperfeiçoamento e de concretização de um sonho.

Com todo o meu carinho e apreço.

MUITO OBRIGADA!

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 Mecanismo de ação	12
1.2 Bioatividade, pH e liberação de íons Ca^{2+}	13
1.3 Ação antimicrobiana	15
1.4 Biocompatibilidade	16
1.5 Adesão	17
1.6 Solubilidade	17
1.7 Radiopacidade	18
1.8 Tempo de presa	19
1.9 Escoamento e penetrabilidade	20
1.10 Desvantagens	23
2. OBJETIVOS	26
2.1 Objetivo geral	26
2.2 Objetivo específico	26
3. ARTIGO CIENTÍFICO	27
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
REFERÊNCIAS	43
APÊNDICES	
APÊNDICE 1- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	48
APÊNDICE 2- Termo de Doação de Dentes	50
ANEXOS	
ANEXO 1- Parecer de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UFRGS	51

RESUMO

Objetivo: O objetivo deste estudo foi avaliar a ocorrência de penetração intradentinária radicular de um cimento biocerâmico de pronto uso, tendo como fonte de variação três substâncias químicas (hipoclorito de sódio, solução salina e água deionizada) como irrigantes que antecederam a irrigação final com a solução tampão de fosfato.

Metodologia: Trinta raízes disto-vestibulares de molares superiores foram selecionadas e radiografadas com sistema digital. Os condutos foram instrumentados com o sistema reciprocante X1 Blue #25.06 e #40.06 (MK Life, Porto Alegre, Brasil). Os espécimes foram alocados randomicamente em três grupos de acordo com o protocolo de irrigação associados à ativação ultrassônica passiva (AUP): G- NaOCl (irrigação com hipoclorito de sódio 2.5% + AUP), G- SS (irrigação com solução salina 0,9% + AUP) e G-H₂O (irrigação com água deionizada + AUP). Em seguida, todos os espécimes foram submetidos a irrigação com solução tampão de fosfato. Após, os canais foram obturados pela técnica de cone único e emprego do cimento biocerâmico (Sealer Plus BC – MK Life) com fluoróforo específico para compostos de cálcio. Os elementos foram seccionados transversalmente e cada terço radicular (cervical, médio e apical) foi preparado para Microscopia Confocal de Varredura à Laser (MCLV). As imagens obtidas em MCLV foram analisadas quanto a penetração do cimento nos túbulos dentinários.

Resultados: Não houve penetrabilidade intradentinária em nenhum terço radicular dos grupos estudados.

Conclusões: Independente do protocolo de irrigação final testado, não foi possível observar a penetração do cimento biocerâmico nos túbulos dentinários. A penetrabilidade intradentinária deste cimento biocerâmico pode estar relacionada às condições multifatoriais que podem interferir nesta propriedade do material.

Palavras-Chave: Penetrabilidade, tratamento de canal, biocerâmico, cimentos à base de silicato de cálcio.

ABSTRACT

Aim: The aim of this study was to evaluate the occurrence of intradentary root penetration of a ready-to-use bioceramic sealer, having as source of variation three chemical substances (sodium hypochlorite, saline and deionized water) as irrigants that preceded the final irrigation with the phosphate buffer solution. **Methodology:** Thirty distal-buccal roots of upper molars were selected and radiographed using a digital system. The root canals were instrumented with the X1 Blue #25.06 and #40.06 reciprocating system (MK Life, Porto Alegre, Brazil). The specimens were randomly allocated into three groups according to the irrigation protocol associated with passive ultrasonic irrigation (PUI): G- NaOCl (irrigation with 2.5% sodium hypochlorite + PUI), G- SS (irrigation with 0.9% saline solution + PUI) and G-H₂O (irrigation with deionized water + PUI). Then, all specimens were subjected to irrigation with phosphate buffer solution. Afterwards, the roots were filled by the single cone technique and the use of bioceramic sealer (Sealer Plus BC - MK Life) with specific fluorophore for calcium compounds. The elements were cross-sectioned and each root third (cervical, middle and apical) was prepared for Confocal Laser Scanning Microscopy (CLSM). The images obtained in CLSM were analyzed for the penetration of sealer in the dentinal tubules. **Results:** There was no intradentary penetrability in any root third of the groups studied.

Conclusions: Regardless of the final tested irrigation protocol, it was not possible to observe the penetration of bioceramic sealer into dentinal tubules. The intradentary penetrability of this bioceramic sealer may be related to multifactorial conditions that can interfere with this material property.

Keywords: Penetrability, endodontic, bioceramic, calcium silicate-based sealer.

FIGURAS

Figura 1: Imagens representativas dos grupos experimentais em MCVL, referentes aos terços radiculares (C,M,A).....	33
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

% - Percentagem

µm- Micrometro

ANSI/ADA- American Dental Association

AUP- Ativação Ultrassônica Passiva

Ca²⁺ - íon cálcio

CLSM- Confocal Laser Scanning Microscopy

EDTA – Ácido etilenodiaminotetracético

Fluo 3 – Indicador fluorescente de cálcio

ISO – Órgão Internacional de Padronização

MCVL - Microscopia confocal de varredura à laser

mg/mL - Miligrama por mililitro

mL - Mililitros

mm - Milímetro

mmAl - Milímetro de alumínio

MTA - Agregado trióxido mineral

nm – Nanômetro

P- Fósforo

PBS- Phosphate buffer solution/ solução tampão de fosfato

PUI- Passive Ultrasonic Irrigation

SPBC- Sealer Plus BC

Si- Silício

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

1. INTRODUÇÃO

O sucesso da terapia endodôntica depende de uma eficaz desinfecção do sistema de canais e da técnica de obturação, por meio da habilidade do material obturador em realizar um selamento tridimensional a fim de prevenir infecções recorrentes na região periapical, provenientes de origem endodôntica e coronária. Em função da complexidade do sistema de canais radiculares, os cimentos endodônticos são usados para preencher as irregularidades e penetrar nos túbulos dentinários promovendo um selamento que pode ser mecânico (através de materiais que proporcionam uma vedação hermética) ou biológico (ARIKATLA, SAMPATH KUMAR; CHALASANI, UMA; MANDAVA, JYOTHI; YELISELA, 2018; CAMPS et al., 2015). Neste caso, o material induz a formação de tecido duro pelas células do ligamento periodontal, isolando o canal radicular dos tecidos circundantes e estimulando o processo de cicatrização dos tecidos apicais danificados (CAMPS et al., 2015).

Devido à importância biológica dos cimentos, suas propriedades químicas e físicas têm sido objeto de considerável atenção desde o seu desenvolvimento inicial no início do século XX, sendo classificados de acordo com seus principais constituintes químicos: óxido de zinco eugenol, hidróxido de cálcio, ionômero de vidro, silicone, resinas e cimentos à base de silicato de cálcio (AL-HADDAD; AZIZ, 2016).

Sabe-se que a incapacidade de selar efetivamente espaços anatômicos irregulares (istmos e canais laterais) pode ser prejudicial ao sucesso do tratamento (CHYBOWSKI et al., 2018). Deste modo, espera-se que os cimentos endodônticos forneçam aderência entre a guta-percha e as paredes dentinárias para evitar a ocorrência de lacunas na interface cimento-dentina (KIM et al., 2019; WANG; LIU; DONG, 2018). Outros autores ainda reforçam a importância da estabilidade dimensional, tempo de presa suficiente para garantir o tempo de trabalho, insolubilidade contra fluidos teciduais, adesão adequada às paredes do canal, biocompatibilidade e efeito antimicrobiano duradouro como propriedades relevantes a estes materiais (LEE et al., 2017; ZHANG et al., 2009).

Os materiais à base de silicato de cálcio foram usados pela primeira vez em odontologia em 1878 quando o cimento Portland foi usado para preencher os canais radiculares. Em 1993 Dr. Mahmoud Torabinejad introduziu o MTA na prática clínica devido às suas propriedades físico-químicas e capacidade de estimular a reparação de tecidos duros bem como a resposta pulpar. Quando em contato com a dentina da polpa coronária, estimula a produção e liberação

de moléculas sinalizadoras que são essenciais para a formação do novo tecido pulpar, sendo também capaz de ativar cementoblastos e regenerar o ligamento periodontal. As principais aplicações destes materiais são em capeamentos pulpares, pulpotomias, selamento de perfurações, apêndices, revascularizações, e em procedimentos de obturação retrógrados. Por apresentar algumas desvantagens como descoloração, tempo de presa prolongado, dificuldade de manipulação (ZAFAR; JAMAL; GHAFOR, 2020) foram necessárias algumas modificações que com o passar do tempo o tornaram mais previsível e estável para a utilização em Endodontia (AKSEL et al., 2019).

Os cimentos à base de silicato tricálcico foram introduzidos após o aumento na popularidade do agregado de trióxido mineral devido à sua capacidade de liberação de cálcio e à bioatividade. O primeiro cimento obturador contendo silicato tricálcico foi o MTA Fillapex, que é composto por MTA e resina de salicilato; não forma hidróxido de cálcio na hidratação e também exibe baixa liberação de íons cálcio em solução (VIAPIANA et al., 2016).

Pelo fato do silicato de cálcio tomar presa ao reagir com a água fornecida pelos fluidos teciduais e, em seguida, ser estável na água ou em condições úmidas, os cimentos à base de silicato de cálcio também foram classificados como cimentos hidráulicos (DONNERMEYER et al., 2019).

1.1) Mecanismo de ação

Recentemente, cimentos contendo silicato de cálcio e / ou fosfato de cálcio tem atraído atenção considerável devido às suas propriedades físicas e biológicas (COLOMBO et al., 2018; HESS et al., 2011). Estes componentes melhoram as propriedades de selamento e oferecem uma composição química com estrutura cristalina semelhante aos dentes e aos materiais à base de apatita óssea (COLOMBO et al., 2018). Por serem hidrofílicos, a umidade dentinária supostamente facilita a reação de hidratação do cimento. Primeiramente o material sofre dissociação, dando origem a hidrato de silicato de cálcio (silicato de cálcio hidrogel) e hidróxido de cálcio. O fosfato de cálcio monobásico presente na dentina (sob a forma de cristais de hidroxiapatita) e os íons cálcio (provenientes do hidróxido de cálcio) desta primeira reação, quando em contato com umidade originam novamente hidroxiapatita e água. A água liberada nesta reação, rehidrata o silicato de cálcio formando novamente silicato de cálcio hidrogel e hidróxido de cálcio, o que retroalimenta o processo de hidratação do material (AL-HADDAD; AZIZ, 2016; DONNERMEYER et al., 2019; ZHANG et al., 2009). Esta união ocorre devido à interação dos íons cálcio liberados no processo de presa do material e a parede dentinária por

meio de união química (ARIKATLA, SAMPATH KUMAR; CHALASANI, UMA; MANDAVA, JYOTHI; YELISELA, 2018; CANDEIRO et al., 2012; WANG; LIU; DONG, 2018). Outros autores também relatam que os precipitados são formados ao longo da interface cimento-dentina e dentro da dentina interfacial, o que leva a crer que eles contribuem para reduzir o escoamento não apenas preenchendo a lacuna ao longo da interface, mas também via interações com a dentina, como a deposição de apatita intrafibrilar (HAN; KODAMA; OKIJI, 2015).

1.2) Bioatividade, pH e liberação de íons Ca^2

Estes materiais podem ser classificados como bioativos ou bioinertes, devido à sua interação com os tecidos vivos próximos. Materiais bioativos, como vidro e fosfato de cálcio, interagem com o tecido circundante para estimular o crescimento de tecidos mais duráveis e são também classificados de acordo com sua estabilidade como degradáveis ou não-degradáveis (AL-HADDAD; AZIZ, 2016; DONNERMEYER et al., 2019; JAFARI; JAFARI, 2017). A capacidade de produzir espontaneamente uma camada de apatita quando em contato com fluidos fisiológicos contendo fosfato e a absorção de cálcio pela dentina causa modificações químicas e estruturais do tecido duro, o que leva à aquisição de maior resistência aos ácidos e força física (CANDEIRO et al., 2012; HAN; OKIJI, 2013). A incorporação de silício também pode ter algum significado biológico, pois é conhecido por aumentar a taxa de crescimento ósseo quando liberado de materiais bioativos *in vivo* e induzir a remineralização da dentina desmineralizada *in vitro*. Materiais bioinertes, como zircônia e alumina, produzem uma resposta insignificante do tecido circundante, efetivamente não tendo nenhum efeito biológico ou fisiológico (HAN; OKIJI, 2013).

Em um artigo de revisão que discutiu as propriedades químicas, físicas e biológicas dos cimentos à base de silicato tricálcico, constatou-se que a umidade do local de colocação do MTA influencia diretamente o tempo de presa e a solubilidade deste material. Ele pode ser usado principalmente em procedimentos onde há contato com sangue, porém, a contaminação afeta a morfologia do material e reduz a liberação de íons cálcio, bem como, a alcalinização do meio. A liberação de íons cálcio está relacionada à formação de portlandita (hidróxido de cálcio) pelo silicato tricálcico e silicato dicálcico durante o tempo de presa do MTA (DUARTE et al., 2018).

A quantidade de liberação de íons durante a reação de hidratação destes cimentos pode estar relacionada à composição e a reação de fixação destes materiais. Quando empregada a

reação pozolânica (pozolana associada com hidróxido de cálcio forma compostos que possuem propriedades conhecidas por reduzir o tempo de presa do cimento Portland), o consumo de hidróxido de cálcio durante a reação reduz a quantidade de hidróxido de cálcio livre produzido durante a hidratação. Outra hipótese é que a adição de uma quantidade elevada de óxido de zircônio em algumas composições reduz a concentração relativa de íons Ca^{2+} e Si, podendo ser a principal razão pela qual pode haver uma liberação mais baixa de Ca^{2+} (HAN; KODAMA; OKIJI, 2015).

Os precipitados produzidos como resultado da dissociação do hidróxido de cálcio formado via reações de hidratação, o aumento resultante no pH e na concentração de Ca^{2+} aumenta a supersaturação do fluido contendo fosfato com relação à apatita e, portanto, promove a precipitação de íons (HAN; KODAMA; OKIJI, 2015). A liberação prolongada do íon mineralizante desencadeia a nucleação do fosfato de cálcio, o que pode melhorar a capacidade de vedação dos materiais obturadores (KIM et al., 2019). Quando em contato com solução salina tamponada com fosfato, os cimentos biocerâmicos incorporam íons da dentina do canal radicular adjacente. Isso permitirá a formação de estruturas semelhantes a “tags” que são frequentemente compostos de materiais ricos em Ca, P e Si, sugerindo precipitação intratubular em diferentes graus de crescimento e nucleação da camada de apatita formada, decorrente da concentração destes íons disponíveis (HAN; OKIJI, 2013). Esta precipitação e a atividade alcalina a longo prazo é uma indicação da bioatividade destes materiais (DONNERMEYER et al., 2019).

Se comparados aos cimentos à base de resina epóxi, os cimentos biocerâmicos exibem maiores valores de pH decorrente do maior potencial de liberação de íons Ca^{2+} . Esta característica está intimamente relacionada ao grau de solubilidade (MENDES et al., 2018) e também ao grau de porosidade destes materiais, que permite que eles absorvam água do meio durante as reações de presa, e conseqüentemente, aumente a precipitação de íons (PAMUKÇU GÜVEN et al., 2013).

No estudo que comparou Endosequence BC Sealer ao AH Plus, o cimento biocerâmico apresentou maior aumento do pH com valor máximo no período experimental de 7 dias e também, elevada liberação de íons Ca^{2+} com o passar dos períodos experimentais (3, 24, 72, 168 e 240 horas); exceto em 24 horas quando os dois materiais não apresentaram diferença significativa. Em 7 dias, Endosequence BC Sealer apresentou o maior índice de liberação de Ca^{2+} , podendo este fato estar relacionado com o tempo de presa final deste material que ocorre entre 6 e 10 dias em meio úmido (CANDEIRO et al., 2012). Outro estudo descreveu as

propriedades físico-químicas de Sealer Plus BC, com um pH alcalino (variando de 9,09 a 10,05) e que permaneceu estável por até 7 dias (MENDES et al., 2018).

Em uma revisão sistemática os autores salientaram que o pH dos cimentos biocerâmicos é mais alcalino quando comparados ao AH Plus. Em relação à liberação de íons, mostram resultados significativamente melhores, levando a efeitos bioquímicos que podem culminar na aceleração do processo de reparo (SILVA ALMEIDA et al., 2017).

O efeito do pH do meio sobre a alteração de pH dos cimentos à base de silicato de cálcio e posterior liberação de íons tem sido estudado. Em meio ácido (pH 4,4) foi observado um aumento da liberação de Ca^{2+} , o que pode ser devido ao aumento da solubilidade do cimento quando exposto a acidez. Em condições clínicas, ao utilizarmos curativo de demora com pasta de hidróxido de cálcio, a alcalinização excessiva do meio pode prejudicar esta liberação de íons, assim, tem sido orientado que previamente à obturação ocorra a neutralização deste pH, sendo melhor atingida com o uso de solução salina como irrigante final (RAJASEKHARAN et al., 2018).

1.3 Ação antimicrobiana

O potencial antimicrobiano, osteogênico e a biocompatibilidade destes materiais estão relacionados a este pH alcalino, que neutraliza o ácido láctico dos osteoclastos e previne a dissolução de componentes mineralizados dos dentes, contribuindo assim para a formação de tecidos duros pela ativação da fosfatase alcalina (AL-HADDAD; AZIZ, 2016; COLOMBO et al., 2018; LEE et al., 2017; SILVA ALMEIDA et al., 2017).

É sabido que materiais com boa capacidade antimicrobiana elevam as taxas de sucesso dos tratamentos endodônticos, através do esforço para promover a redução de microrganismos que possam ter sobrevivido ao tratamento endodôntico primário, ou até mesmo, aqueles que invadiram o canal radicular posteriormente através da microinfiltração (CANDEIRO et al., 2012; MENDES et al., 2018; ZHANG et al., 2009).

Mesmo havendo estudos *in vitro* sobre as propriedades antibacterianas dos cimentos biocerâmicos (ZHANG et al., 2009), existe uma falta de conhecimento sobre a ação destes materiais em biofilmes multiespecíficos. Nenhum material é capaz de eliminar todas as células do biofilme, reforçando que procedimentos complementares de desinfecção devem ser realizados antes do preenchimento com estes materiais (JARDINE et al., 2018). Em túbulos dentinários, o que tem se comprovado é que com o passar do tempo ocorre o aumento da

atividade antibacteriana, mesmo após a presa do material, apresentando percentual de redução de microrganismos em torno de 46% (WANG; SHEN; HAAPASALO, 2014).

Salienta-se ainda que são materiais capazes de apresentar atividade antifúngica contra *Candida albicans* e atividade antimicrobiana contra *Enterococcus faecalis* (DUARTE et al., 2018; SILVA ALMEIDA et al., 2017; WANG; SHEN; HAAPASALO, 2014).

1.4) Biocompatibilidade e citotoxicidade

A maioria dos cimentos obturadores biocerâmicos são considerados biocompatíveis (quando em contato com o tecido do hospedeiro não desencadeiam reação adversa como toxicidade, irritação, inflamação, alergia ou carcinogenicidade). Esta afirmação é atribuída à presença de fosfato de cálcio (principal componente inorgânico dos tecidos duros) no próprio cimento. Conseqüentemente, observa-se na literatura que muitos cimentos biocerâmicos têm o potencial de promover a regeneração óssea quando involuntariamente extruídos através do forame apical durante o preenchimento ou reparo das perfurações radiculares (AL-HADDAD; AZIZ, 2016; PAMUKÇU GÜVEN et al., 2013).

Ao comparar estes cimentos em relação à materiais à base de hidróxido de cálcio e à base de resina epóxi, conclui-se que os cimentos biocerâmicos apresentam ausência ou leve toxicidade quando em contato com células fibroblásticas (COLOMBO et al., 2018).

Outro estudo também comparou a citotoxicidade entre alguns cimentos à base de silicato de cálcio (EndoSeal, EndoSequence BC Sealer e MTA Fillapex) com o cimento AH Plus, à base de resina epóxica, e reportou que apenas o cimento MTA Fillapex foi citotóxico ($P < 0,05$) para as células fibroblásticas. A produção variada de IL-1 β , IL-6 e IL-8 foi detectada em todas as amostras, porém, AH Plus, EndoSeal e EndoSequence BC Sealer foram citocompatíveis. Estes resultados sugerem que estes materiais podem alcançar uma melhor resposta biológica quando comparados com o MTA Fillapex (DA SILVA; ZAIA; PETERS, 2017). MTA Fillapex contém silicato de cálcio associado à base de resina de salicilato e outros componentes resinosos, o que faz com que seu comportamento não apresente tantas vantagens biológicas, gerando irritação tecidual (SILVA ALMEIDA et al., 2017).

Em relação à estimulação das células do ligamento periodontal, quando os cimentos à base de óxido de zinco e eugenol são comparados com os cimentos biocerâmicos, estes geram menor efeito tóxico às células periodontais e geram expressiva secreção de fatores de crescimento angiogênico e osteogênico. Após sete dias o material biocerâmico favorece a expressão de fatores de crescimento como VEGF (fator de crescimento endotelial vascular),

FGF2 (fator de crescimento de fibroblastos) e BMP-2 (proteína óssea morfogénica), considerados essenciais ao processo de reparação óssea ($P < 0,05$) (CAMPS et al., 2015).

Promoção da diferenciação osteoblástica das células do ligamento periodontal humano em maior extensão, aumento da deposição de cálcio e dos níveis de RNAm dos marcadores osteoblásticos são alguns achados que indicam o potencial bioativo destes materiais; no entanto, mais estudos clínicos são necessários para confirmação (SILVA ALMEIDA et al., 2017).

1.5) Adesão e capacidade de selamento

No que compete à capacidade de selamento, inúmeros estudos *in vitro* avaliam diferentes cimentos biocerâmicos e concluem que independentemente das diferentes metodologias utilizadas, a capacidade de vedação destes materiais é satisfatória e comparável a outros cimentos disponíveis comercialmente (AL-HADDAD; AZIZ, 2016). Os autores associam a capacidade de biomineralização do MTA relacionada à adesão do material à superfície radicular. Tal processo seria importante por sepultar bactérias intratubulares e minimizar a infiltração através da criação de "tags" (desenvolvimento de uma "zona de infiltração mineral" (KIM et al., 2019; RUSSELL; FRIEDLANDER; CHANDLER, 2018). Devemos assim, considerar a energia superficial, a limpeza da superfície intermolecular do aderente (dentina), a tensão superficial adesiva (seladora) e a capacidade de umedecimento como fatores que interferem nesta propriedade do material (ARIKATLA, SAMPATH KUMAR; CHALASANI, UMA; MANDAVA, JYOTHI; YELISELA, 2018).

Os cimentos baseados em biocerâmica têm a capacidade de gerar uma hibridização entre a dentina e os materiais obturadores, onde a massa obturadora une-se à parede dentinária aumentando a vedação e fortalecendo o elemento contra a fratura através de intertravamento micromecânico, reforçando a resistência do material de preenchimento (AL-HADDAD; AZIZ, 2016; WANG; LIU; DONG, 2018).

1.6) Solubilidade

O uso de guta-percha em combinação com um cimento endodôntico insolúvel continua sendo a abordagem mais aceita para a obturação final do canal radicular, sendo bem estabelecido que a seleção de um cimento apropriado influencia o resultado da terapia endodôntica. Com o propósito de se reduzir a chance de insucesso do tratamento endodôntico, espera-se que os cimentos demonstrem boa capacidade de selamento e insolubilidade ou baixa solubilidade (não deve ser superior a 3% em massa com base na especificação número 57 do

ANSI / ADA (AL-HADDAD; AZIZ, 2016; COLOMBO et al., 2018; ERSAHAN; AYDIN, 2013; JAFARI; JAFARI, 2017). Um cimento obturador de canal radicular altamente solúvel invariavelmente permitiria a formação de fendas dentro do material e entre a dentina radicular, fornecendo assim caminhos de dispersão para a cavidade oral e dos tecidos periapicais (COLOMBO et al., 2018).

A maioria dos cimentos à base de silicato de cálcio apresenta maior solubilidade e mudança dimensional após a imersão em água em comparação com cimentos convencionais à base de resina; portanto, sua aplicação clínica em dentes com ápices abertos deve ser realizada com cuidado (KIM et al., 2019).

Considerando a sorção de água, solubilidade e capacidade de selamento apical entre cimentos biocerâmicos e cimentos à base de resina com e sem hidróxido de cálcio associado, o comportamento dos cimentos biocerâmicos demonstra maior sorção de água que os cimentos à base de resina associados à hidróxido de cálcio e ao cimento AH Plus, considerado padrão ouro devido às suas propriedades. Este achado pode estar relacionado à alta hidrofiliabilidade do silicato de cálcio. Em situações clínicas, há absorção de água dos túbulos dentinários e posterior expansão lateral, de maneira que o material adote a forma do canal, melhorando a vedação entre o material e a dentina e tornando esses materiais mais resistentes à microinfiltração. Por outro lado, valores mais altos de captação de água também podem aumentar a porosidade do material, tornando o material mais suscetível a dispersão (ERSAHAN; AYDIN, 2013). Pode-se inferir que, clinicamente, fluidos teciduais e sangue não esperam até que o processo de presa esteja completo para umedecer o material. Portanto, os valores de solubilidade provavelmente são ainda mais altos em condições clínicas (MENDES et al., 2018).

1.7) Radiopacidade

Outra característica dos cimentos endodônticos é a radiopacidade; e esta deve existir em qualquer material obturador do canal radicular com um certo grau para avaliar a qualidade da função de preenchimento do canal radicular (JAFARI; JAFARI, 2017). De acordo com a ISO 6876/2001, a radiopacidade mínima para um obturador de canal radicular é baseada em um padrão de referência de 3,00 mmAl (AL-HADDAD; AZIZ, 2016; CANDEIRO et al., 2012; SAGHIRI, MOHAMMAD ALI; GUTMANN, JAMES L.; ORANGI, JAFAR; ASATOURIAN, ARMEN; SHEIBANI, 2015).

Relata-se que a radiopacidade é maior quando os agentes radiopacificadores são adicionados na seguinte ordem decrescente: óxido de bismuto, óxido de zircônio, tungstato de

cálcio, sulfato de bário, e óxido de zinco. No entanto, pode-se inferir que isto depende da quantidade e proporção de cada agente utilizado na fabricação (CANDEIRO et al., 2012).

Para avaliar o impacto do aditivo radiopaco (10 ou 20% de óxido de bismuto) e o tamanho de partícula (tamanhos 10 µm, 50-80 nm, 40– 100 nm) nas propriedades físicas e radiopacidade de alguns cimentos à base de silicato tricálcico, tais materiais foram preparados e submetidos a testes de push-out, microdureza superficial, radiopacidade e resistência à compressão. A adição de óxido de nano bismuto a 20% melhorou as propriedades físicas e produziu melhores níveis de radiopacidade, porém, o maior tamanho de partícula apresentou redução nas propriedades físicas dos materiais (SAGHIRI, MOHAMMAD ALI; GUTMANN, JAMES L.; ORANGI, JAFAR; ASATOURIAN, ARMEN; SHEIBANI, 2015).

A redução do óxido de bismuto em bismita e o contato com a estrutura dentária resultam em alteração na cor do material e, conseqüentemente, na cor da estrutura dentária adjacente. A perda de estabilidade das moléculas de óxido de bismuto, quando em contato com um forte agente oxidante (sangue, por exemplo), tem sido apontada como a causa da mudança de cor. A substituição do óxido de bismuto por óxido de zircônio e tungstato de cálcio tem sido sugerida para evitar descoloração, porém, grandes quantidades são necessárias para fornecer uma radiopacidade semelhante à do óxido de bismuto, podendo gerar uma deterioração das propriedades físicas e químicas do material (DUARTE et al., 2018).

1.8) Tempo de presa

Similarmente, o tempo de presa também é importante por fornecer tempo de trabalho e consistência adequada o suficiente para preencher completamente o sistema de canais radiculares (LEE et al., 2017). No entanto, um tempo de endurecimento lento pode resultar em irritação dos tecidos, com a maioria dos cimentos obtendo algum grau de toxicidade até estarem completamente assentados (AL-HADDAD; AZIZ, 2016; LEE et al., 2017; MENDES et al., 2018).

O número de especificação ANSI/ADA n °2 exige que o tempo de presa de um cimento esteja dentro de 10% do declarado pelos fabricantes. Há relatos de trabalhos com variação de tempo de 19,3 minutos a 7 dias para condições laboratoriais, o que talvez não traduza perfeitamente esta condição para a realidade clínica (JAFARI; JAFARI, 2017). Comparando Endoseal MTA com AH Plus, encontramos tempo de presa em torno de 20 horas e 15 horas, respectivamente (LEE et al., 2017).

Para outros autores, o tempo de presa variou de 2 a 4 horas, porém, em canais exageradamente secos (com pontas de papel, por exemplo), este tempo pode ser aumentado. Fatores como presença de smear layer e esclerose tubular também parecem afetar o processo de presa do material por diminuírem a umidade dentinária (AL-HADDAD; AZIZ, 2016). Similarmente, outro estudo apresentou resultados ainda mais promissores variando de 50 minutos a 3 horas e 13 minutos o tempo de presa final (MENDES et al., 2018).

1.9) Escoamento e penetrabilidade intradentinária

Durante a obturação do sistema de canais, o escoamento do material determina a capacidade de preencher as irregularidades, e a viscosidade determina as características deste escoamento. De acordo com a ISO 6786/2001, um cimento obturador deve ter um valor de escoamento não inferior a 20 mm (JAFARI; JAFARI, 2017). A obturação tridimensional é um desafio na prática clínica considerando que o preenchimento de canais laterais pode ocorrer de maneira incompleta devido à manutenção do tecido pulpar, detritos dentinários e colônias bacterianas, uma vez que as bactérias ainda podem permanecer ativas mesmo nos casos de canais laterais radiograficamente obliterados. Portanto, é fundamental que se busque a penetração do material em pequenos espaços e irregularidades a fim de auxiliar na desinfecção (CANDEIRO et al., 2019).

O escoamento permite com que o cimento preencha espaços de difícil acesso como ístmos e canais acessórios. No entanto, altos níveis podem aumentar a chance de extravasamento de material obturador para a região periapical (CANDEIRO et al., 2012). É determinado pela consistência e tamanho de partícula do material e é considerado um fator importante que influencia a penetração tubular (ARIKATLA, SAMPATH KUMAR; CHALASANI, UMA; MANDAVA, JYOTHI; YELISELA, 2018). Embora o bom escoamento contribua para uma boa penetração nos túbulos dentinários, istmos e canais acessórios, é essencial enfatizar que o escoamento excessivo pode causar extravasamentos para os tecidos periapicais, o que, dependendo de quão citotóxico é o material, pode complicar o processo de cicatrização (MENDES et al., 2018).

Devido ao elevado grau de escoamento e à interação entre cimento biocerâmico e fluidos teciduais, acredita-se que em dentes com lesão apical associada, pela formação de hidroxiapatita este extravasamento não seja um problema, mas sim, um fator bioativo para a reparação óssea pelo hospedeiro (CHYBOWSKI et al., 2018).

No caso de dor pós-operatória, em função do elevado grau de biocompatibilidade, estes materiais são capazes de inibir a liberação de iCGRP (peptídeo imunorreativo relacionado ao gene da calcitonina) dos neurônios trigeminais, reduzindo o grau de sintomatologia pós-tratamento. (DUARTE et al., 2018)

Em túbulos medindo cerca de 2 a 3,2 μm de diâmetro observa-se que o tamanho de partícula é essencial, pois esta penetração pode ser dificultada por alguns fatores, como ausência de permeabilidade do canal lateral, presença de material orgânico (tecido pulpar) ou inorgânico (debrimentos dentinários) no interior do canal lateral e o próprio diâmetro do canal lateral (CANDEIRO et al., 2019).

Adicionalmente, a composição, taxa de cisalhamento, temperatura e tempo de mistura também estão relacionados à capacidade de escoamento destes materiais (AL-HADDAD; AZIZ, 2016; LEE et al., 2017).

Uma medida do desempenho de um cimento é sua capacidade de penetrar nos túbulos dentinários, possibilitando a formação de uma barreira física, melhorando a retenção do preenchimento radicular, e sepultando bactérias residuais. Quanto mais um cimento penetra nos túbulos, mais ele pode exercer seu efeito antibacteriano, se presente (RUSSELL; FRIEDLANDER; CHANDLER, 2018). Dentre as propriedades físicas e químicas; granulometria, solubilidade, viscosidade e tensão superficial influenciam a profundidade e a consistência da penetração do material no túbulo dentinário (MCMICHAEL, GREER E.; PRIMUS, CAROLYN M.; OPPERMAN, 2016).

O grau de adesão e penetração dos cimentos é influenciado por diversos fatores, como propriedades físicas e químicas, permeabilidade dentinária, técnica de preenchimento e remoção da smear layer. Esta adesão acontece através da formação de uma zona de infiltração mineral desencadeada pelos efeitos alcalinos dos produtos do cimento e envolve a penetração de minerais (carbonato, cálcio e sílica) na dentina intertubular após a desnaturação de fibras colágenas (ARIKATLA, SAMPATH KUMAR; CHALASANI, UMA; MANDAVA, JYOTHI; YELISELA, 2018). Materiais contendo carbonato de cálcio em sua formulação supostamente teriam uma melhor penetrabilidade intradentinária pelo fato de que este componente agiria como agente nucleante facilitando a reação de hidratação (EL HACHEM et al., 2019).

A smear layer é o resíduo orgânico e inorgânico que se forma após o preparo da cavidade ou instrumentação do canal radicular e reveste a dentina obstruindo os túbulos dentinários. Supõe-se que esta camada evite a penetração dos irrigantes e cimentos nos túbulos dentinários do canal radicular; portanto, sua remoção, com o uso de agentes como o EDTA, deveria ser preferida para melhor adaptação dos cimentos (KUÇI et al., 2014).

O preenchimento aceitável dos canais laterais tem sido correlacionado com a cicatrização da periodontite apical e o sucesso dos tratamentos endodônticos. Sabendo da relevância desta condição, um estudo randomizado avaliou o nível de preenchimento de canais laterais artificiais em diferentes terços radiculares utilizando um cimento à base de resina epóxi e um cimento biocerâmico. Seus resultados demonstraram que o terço apical foi o menos preenchido e que a técnica por ondas contínuas foi mais eficaz quando comparada à técnica de cone único quando utilizado o cimento biocerâmico (FERNÁNDEZ et al., 2016).

Estudo similar concluiu que independentemente do tipo de cimento (biocerâmico ou à base de resina epóxi) ou das técnicas de preenchimento (cone único ou condensação vertical a quente), o segmento penetrado do canal radicular aumenta da parte apical para a coronal da raiz. A única diferença é que os cimentos biocerâmicos são capazes de penetrar mais em túbulos dentinários nos 2mm apicais do que cimentos à base de resina epóxi, o que pode estar relacionado à sua alta fluidez e menor tamanho de partícula destes materiais (WANG; LIU; DONG, 2018).

Outra vantagem destes cimentos é que a pressão de condensação vertical não é necessária para a obturação (EL HACHEM et al., 2019; KIM et al., 2019). O aumento no número e diâmetro dos túbulos dentinários e aumento da eliminação da camada de smear na seção média superior do canal radicular podem contribuir para uma maior penetrabilidade (HACHEM et al., 2018). Além disso, maiores forças de compressão durante a obturação costumam ser aplicadas nos terços coronal e médio, favorecendo este resultado (KUÇI et al., 2014).

Em concordância, outros pesquisadores relataram que a ativação da solução irrigadora é capaz de aumentar o grau de penetrabilidade intradentinária na região apical, melhorando significativamente a adaptação marginal entre material obturador e canal radicular. A adaptação superior do cimento pode ser devida à limpeza dentinária, às suas propriedades físicas e possíveis alterações em sua energia superficial. Além disso, supõe-se que a ativação do irrigante não obstrua os túbulos dentinários e exponha os filamentos de colágeno da dentina. Como resultado, a penetração do cimento nos túbulos dentinários pode ser melhorada (HACHEM et al., 2018).

Quanto à influência da utilização de terapia fotodinâmica por meio de laser Nd: YAG no grau de penetrabilidade conclui-se que a uma distância apical de 3 mm não há melhora no resultado ao se utilizar a terapia fotodinâmica quando comparados cimentos biocerâmicos com AH Plus, porém, quando esta medida aumenta para 5 mm do ápice radicular o uso de laser parece ser um coadjuvante para obtenção de melhores resultados tanto em profundidade quanto

em perímetro das paredes do canal radicular. Uma possível explicação para este resultado é que o cimento biocerâmico tem um escoamento maior que o cimento controle, com partículas menores que $2\mu\text{m}$, facilitando a penetração nos túbulos dentinários. Além disso, túbulos maiores podem conter mais umidade, o que favorece a penetração do cimento biocerâmico devido à sua hidrofiliabilidade (DEL MONACO et al., 2018).

Da mesma forma, analisando o comportamento de diferentes cimentos biocerâmicos quando sujeitos às técnicas de obturação por cone único ou ondas contínuas, ambas as técnicas proporcionaram mais de 80% de penetração circunferencialmente no nível de 5 mm apicais. Nenhuma diferença foi medida para a porcentagem de penetração do cimento para qualquer técnica em nível de 1 mm apical, porém, um dos materiais apresentou melhor penetrabilidade que pode estar relacionada ao seu tamanho de partícula (menos de $1\mu\text{m}$ de diâmetro), o que justificaria tal resultado neste estudo (MCMICHAEL, GREER E.; PRIMUS, CAROLYN M.; OPPERMAN, 2016).

Em se tratando de adaptação interface cimento obturador- canal radicular, tanto no sentido horizontal quanto vertical a uma profundidade de 3 e 6 mm do ápice radicular é possível verificar que o AH Plus apresenta maior profundidade de penetrabilidade e adaptação marginal em relação aos cimentos hidráulicos, porém, entre estes não há diferença significativa nos dois níveis avaliados (ARIKATLA, SAMPATH KUMAR; CHALASANI, UMA; MANDAVA, JYOTHI; YELISELA, 2018).

A penetração do cimento nos túbulos dentinários é uma característica necessária, pois melhora a conexão do cimento e da dentina; assim, o aprimoramento da capacidade de vedação e retenção do cimento pode ser alcançado por travamento mecânico. Através do seu efeito antibacteriano, a capacidade de penetração de materiais de preenchimento de canais radiculares nos túbulos dentinários pode também evitar a colonização de bactérias residuais e a reinfecção do canal radicular (AKCAY et al., 2016).

1.10) Desvantagens

No que se refere às desvantagens destes materiais, há relatos sobre a dificuldade em removê-los do canal radicular em situações de retratamento ou preparação do espaço para pinos. Tal afirmação pode estar associada aos supostos mecanismos de ligação do cimento à dentina radicular (ainda desconhecidos), no entanto, foram sugeridas algumas hipóteses: (1) Difusão das partículas do cimento nos túbulos dentinários (difusão tubular) para produzir ligações mecânicas de intertravamento, (2) Infiltração do conteúdo mineral do cimento na dentina

intertubular, resultando no estabelecimento de uma zona de infiltração mineral produzida após a desnaturação das fibras de colágeno com alcalinidade, (3) Reação parcial do fosfato com o hidrogel de silicato de cálcio e hidróxido de cálcio, produzido através da ação de silicatos de cálcio na presença de umidade da dentina, resultando na formação de hidroxiapatita ao longo da zona de infiltração mineral (AL-HADDAD; AZIZ, 2016; VIAPIANA et al., 2016).

Uma observação pode ser feita no que se refere ao tempo de trabalho necessário para remoção de material em casos de obturações com cimentos hidráulicos associados ou não à guta percha: a obturação com cimento associado à guta percha facilita sua remoção no momento de retratamento e também possibilita atingir o comprimento de trabalho, o que não se consegue quando utilizado o cimento de forma isolada. Tal afirmação possui relevância clínica já que apresenta uma das condições necessárias para se evitar a reinfecção (EYMIRLI et al., 2019).

A remoção da camada de smear layer segue sendo um fator indispensável para obtermos melhor adaptação do material obturador em reentrâncias, e a ausência de penetrabilidade intradentinária nos casos de retratamento endodôntico pode ser justificada pela presença de cimento do tratamento endodôntico primário (KOK et al., 2014). Além disso, as limas encontram dificuldade para penetrar no cimento devido à dureza gerada pela presa do material. A incapacidade de recuperar o comprimento de trabalho e/ou permeabilidade pode comprometer o retratamento, impedindo a limpeza adequada e modelagem do sistema de canais (CANDEIRO et al., 2012).

Porém, há controvérsias quanto à necessidade de remoção total destes materiais em caso de retratamento. Em estudo que comparou um cimento biocerâmico e o AH Plus, ambos não foram removidos completamente, sendo necessário remoção de 40-60% de dentina para completa remoção do material aderido. Assim, a total remoção é praticamente inviável, e considerando o objetivo de uma obturação hermética, a penetrabilidade do material não seria um fator de insucesso (KIM et al., 2015).

Outro ponto pertinente a estes materiais refere-se à estabilidade de cor que os primeiros cimentos à base de silicato de cálcio não possuíam. O MTA (agregado trióxido mineral) em sua forma original (cinza) causava descoloração intensa quando em contato com os dentes. Assim, o MTA branco surgiu com uma composição diferenciada sendo composto principalmente de silicato dicálcico e tricálcico com 20% de óxido de bismuto. Estudos foram realizados para detectar o componente envolvido nessa interação e o óxido de bismuto foi associado à descoloração dentária. Para evitar estas alterações de cor, surgiram duas alternativas. A primeira delas foi a substituição do óxido de bismuto pelo tungstato de cálcio ou pelo óxido de zircônio. O MTA HP e outros novos cimentos de silicato de cálcio, como Biodentine e BC Sealer,

transformaram o agente radiopacificante em tungstato de cálcio ou óxido de zircônio. Essas substâncias não causam alterações de cor. A segunda alternativa foi associar 5% de óxido de zinco ao MTA, fazendo assim com que o óxido de zinco impedisse a mudança de cor causada pela conversão do óxido de bismuto em bismita, evitando o discromatismo (DUARTE et al., 2018).

De maneira idêntica, uma revisão sistemática realizada entre os anos 2011-2016 incluiu apenas estudos em que os cimentos foram inseridos no tecido dentário e concluiu que resíduos de NaOCl podem penetrar na dentina até uma profundidade de 77–300 μm e sua incompleta remoção pode estar associada a descoloração dentária. O contato desta solução com o bismuto e outros metais pesados óxidos presentes nos cimentos obturadores é capaz de causar uma precipitação negra. Quando o cimento entra em contato apenas com a dentina, a mudança na cor do dente não reflete os efeitos de outros fatores (por exemplo, sangue). Na presença de sangue, a cor do dente muda em mais de 15% em apenas 24 horas, aumentando significativamente o discromatismo; a quantidade de mudança depende do tipo de material usado e da passagem do tempo (MOŻYŃSKA et al., 2017).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste estudo foi avaliar, utilizando Microscopia Confocal de Varredura à Laser (MCVL), a penetrabilidade intradentinária radicular do cimento endodôntico biocerâmico de pronto uso.

2.2 Objetivo específico

- Avaliar em raízes disto-vestibulares de molares humanos, através de MCVL, a ocorrência de penetração intratubular dentinária do cimento endodôntico biocerâmico Sealer Plus BC (SPBC) após três protocolos de irrigação final, tendo como fonte de variação três substâncias (hipoclorito de sódio, solução salina e água deionizada) como irrigantes que antecederam a irrigação final com a solução tampão de fosfato.

3. ARTIGO CIENTÍFICO

Avaliação da penetrabilidade intradentinária radicular de um cimento endodôntico biocerâmico após três protocolos de irrigação final.

(Formatado de acordo com as normas da revista Journal of Endodontics)

Avaliação da penetrabilidade intradentinária radicular de um cimento endodôntico biocerâmico após três protocolos de irrigação final.

Resumo

Introdução: Este estudo avaliou a ocorrência de penetração intradentinária radicular de um cimento biocerâmico de pronto uso, tendo como fonte de variação três substâncias químicas (hipoclorito de sódio, solução salina e água deionizada) como irrigantes que antecederam a irrigação final com a solução tampão de fosfato. **Métodos:** Trinta raízes disto-vestibulares de molares superiores foram selecionadas e radiografadas com sistema digital. Os condutos foram instrumentados com o sistema recíprocante X1 Blue #25.06 e #40.06 (MK Life, Porto Alegre, Brasil). Os espécimes foram alocados randomicamente em três grupos de acordo com o protocolo de irrigação associados à ativação ultrassônica passiva (AUP): G- NaOCl (irrigação com hipoclorito de sódio 2.5% + AUP), G- SS (irrigação com solução salina 0,9% + AUP) e G-H₂O (irrigação com água deionizada + AUP). Em seguida, todos os espécimes foram submetidos a irrigação com solução tampão de fosfato. Após, os canais foram obturados pela técnica de cone único e cimento biocerâmico (Sealer Plus BC – MK Life) com fluoróforo específico para compostos de cálcio. As raízes foram seccionadas transversalmente e cada terço radicular foi preparado para Microscopia Confocal de Varredura à Laser (MCLV). As imagens obtidas em MCLV foram analisadas quanto a penetração do cimento nos túbulos dentinários. **Resultados:** Não houve penetrabilidade intradentinária em nenhum terço radicular dos grupos estudados. **Conclusões:** Independente do protocolo de irrigação final testado neste estudo, não foi possível observar a penetração do cimento biocerâmico nos túbulos dentinários. A penetrabilidade intradentinária deste cimento biocerâmico pode estar relacionada à condições multifatoriais que podem interferir nesta propriedade do material.

Palavras-Chave: Penetrabilidade, tratamento de canal, cimentos à base de silicato de cálcio.

Introdução

O objetivo do tratamento endodôntico é erradicar os microrganismos, com ênfase na região apical, e prevenir a contaminação ou o crescimento bacteriano. Isto geralmente é obtido pela combinação do preparo químico-mecânico do sistema de canais radiculares, seguido da obturação tridimensional (1). A presença de complexidades anatômicas infectadas são uma provável causa de insucesso do tratamento endodôntico, assim, a penetração dos cimentos endodônticos nessas ramificações pode ajudar na desinfecção (2,3). Na etapa de obturação do sistema de canais, é importante que sejam utilizados materiais que promovam reparação tecidual e que causem menor irritabilidade aos tecidos circundantes (4).

Recentemente, cimentos à base de biocerâmica contendo silicato de cálcio e / ou fosfato de cálcio tem atraído atenção considerável devido às suas propriedades químicas, físicas e biológicas (4,5). Pelo fato de produzirem hidroxiapatita, proporcionam um elo de ligação entre a dentina radicular e o material obturador (6). Apresentam propriedades favoráveis como radiopacidade, escoamento, alta liberação de íons cálcio, pH alcalino, baixa citotoxicidade e genotoxicidade e adequada eficácia antibacteriana (2).

Uma medida do desempenho de um cimento é sua capacidade de penetrar nos túbulos dentinários, possibilitando a formação de uma barreira física, melhorando a retenção do preenchimento radicular, e sepultando bactérias residuais. Quanto mais um cimento penetra nos túbulos dentinários, mais ele poderá exercer sua atividade antibacteriana (se esta ação estiver presente) através do sepultamento de microrganismos resistentes ao preparo biomecânico (3). Dentre as propriedades físicas e químicas; granulometria, fluidez e tensão superficial influenciam a profundidade e a consistência da penetração do material no túbulo dentinário (7).

Para a mensuração da penetrabilidade intradentinária tem sido empregada a microscopia confocal de varredura a laser. Esta técnica associa aos cimentos endodônticos fluoróforos que possuem comprimentos de onda específicos e mecanismos de ligação que possibilitam sua avaliação (8). Atenção especial ao tipo de fluoróforo, tem sido recomendada para cimentos hidrofóbicos em associação com fluoróforos hidrofílicos (rhodamina B) e para cimentos hidrofílicos em associação com fluoróforos hidrofóbicos (9).

O objetivo deste estudo foi avaliar a ocorrência de penetração intratubular dentinária de um cimento endodôntico biocerâmico de pronto uso, tendo como fonte de variação três substâncias (hipoclorito de sódio, solução salina e água deionizada) como irrigantes que antecederam a irrigação final com solução tampão de fosfato.

A hipótese nula foi testar se a irrigação final com solução tampão de fosfato aumentaria o grau de penetrabilidade intratubular.

Materiais e métodos

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (CAEE nº 23173219.0.0000.5347).

Delineamento

Estudo experimental, *in vitro* e controlado.

Seleção dos dentes

Trinta raízes disto-vestibulares de molares superiores de pacientes com idade entre 45 e 70 anos, ápices completos, curvaturas menores que 5 graus e extraídos por cárie extensa ou motivos periodontais não relacionados à pesquisa foram selecionados para este estudo. Os espécimes foram armazenados em solução salina a 0,9% (Farmax, Divinópolis, Minas Gerais, Brasil) após a extração e então, submersos em hipoclorito de sódio a 2.5% (Asfer; São Caetano do Sul, São Paulo, Brasil) por 48h para realização de desinfecção.

Radiografias periapicais digitais foram realizadas para a confirmação de apenas um conduto radicular, ausência de reabsorções internas, calcificações e tratamento endodôntico prévio. Em seguida, os elementos foram armazenados em solução salina até a próxima etapa experimental.

Preparo dos canais

Todas as etapas foram realizadas por um único profissional treinado previamente em um estudo piloto. As coroas dentárias foram removidas no limite da junção cimento-esmalte de forma a manter somente raízes com no mínimo 10 mm de comprimento utilizando-se disco diamantado (FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil) em baixa rotação. Todos os espécimes foram identificados e condicionados em eppendorfs preenchidos com solução salina a 0.9% (Farmax, Divinópolis, Minas Gerais, Brasil) para manter a hidratação. A patência foraminal foi determinada visualmente através da inserção de um instrumento tipo C pilot #10 (VDW, Munich, Germany) até atingir o forame.

Durante a instrumentação os espécimes foram irrigados com hipoclorito de sódio a 2.5% (5 ml) (Asfer; São Caetano do Sul, São Paulo, Brasil). Os condutos foram preparados a nível

foraminal com o sistema mecanizado recíprocante X1 Blue- File #25.06 e #40.06 (MK Life, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil) a 1mm aquém do comprimento de trabalho, na programação Wave One All do motor VDW Silver (VDW, Munich, Germany).

Ao final do preparo, os condutos foram irrigados com 3 ml de EDTA 17% (Asfer, São Caetano do Sul, São Paulo, Brasil). A ativação ultrassônica (AU) do EDTA foi efetuada com o inserto ultrassônico Irrisonic (Helse Ultrasonic, Ribeirão Preto, SP, Brazil) acoplado em aparelho piezoelétrico Satelec (Acteon, Indaiatuba, São Paulo, Brasil), na frequência de 28-36 kHz, 1 mm aquém do comprimento de trabalho, com movimentos de “vai e vem” em 3 intervalos de 20 segundos, a cada ml de EDTA utilizado, num tempo total de 3 minutos; permitindo assim a renovação constante da substância irrigadora.

Grupos experimentais

Após o preparo, os elementos foram randomizados (www.random.org) em três grupos de 10 espécimes cada um de acordo com o protocolo de irrigação a ser empregado: G-NaOCl= grupo NaOCl 2.5% + AUP; G-SS= grupo solução salina 0.9% + AUP e G-H₂O= grupo água deionizada + AUP (controle). Cada espécime recebeu 5 ml de solução correspondente ao grupo correspondente. A ativação ultrassônica foi realizada conforme anteriormente descrito. Ao final, todos os grupos foram somente irrigados com 5 ml de solução tampão de fosfato por 5 minutos.

Obturação dos canais radiculares

Previamente à obturação os condutos foram somente aspirados, tendo-se o cuidado para evitar remover excessivamente a umidade, importante para a reação de hidratação do cimento. Em uma balança analítica (Shimadzu, Tóquio, Japão) foi pesado 1 g do cimento biocerâmico Sealer Plus BC® (SPBC) (MK Life, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil). Em uma placa de vidro adicionou-se 0,1% (equivalente em peso do cimento) do corante fluorescente Fluo-3 AM (Thermo Fisher Scientific, Waltham, Massachusetts, EUA). O cimento foi levado aos condutos com o auxílio de uma espiral de lentulo #25 (MK Life, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil) e então foram obturados pela técnica de cone único #40.06 (MK Life, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil) 1 mm aquém do limite apical e compactação vertical. Cada elemento foi selado com Coltosol (Coltene, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil) e armazenado envolto em gaze umedecida por 72 h em temperatura ambiente até obtenção da presa do material. Radiografias digitais periapicais foram feitas para confirmar o preenchimento de toda extensão dos condutos.

Preparo das amostras para MCVL e Análise das imagens

Aproximadamente 40 dias após obturação, cada espécime foi seccionado transversalmente em fatias de 2 mm correspondendo aos terços apical, médio e cervical, a 2, 4 e 6 mm do ápice com o auxílio de máquina cortadeira (Extec Labcut 1010, Enfield, CT, USA) sob refrigeração. Previamente à análise microscópica, todos os cortes foram submetidos a uma sequência de lixas d'água de gramaturas 600, 1200, 1500, 2000 e 2500 (3M, Sumaré, São Paulo, Brasil), polidos em baixa rotação com auxílio de pasta diamantada de $\frac{1}{4}\mu$ granulação (Arotec, Cotia, São Paulo, Brasil) e discos de feltro (FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil).

As amostras foram avaliadas em microscopia confocal de varredura a laser (MCVL) Olympus Fluoview 100 (Olympus Corporation, Tokyo, Japan) com excitação de comprimento de onda de 488 nm. As imagens foram registradas no modo fluorescente, com 10x de magnificação e abertura numérica de 0.3 e 1.3 mm, respectivamente. A área de penetração do cimento nos túbulos intradentinários foi gerada através de imagens obtidas com o programa FluoView 10-ASW (Olympus Corporation, Tokyo, Japan) com 10 x de magnificação e analisadas por dois avaliadores.

Resultados

Em todos os grupos avaliados não foi observado qualquer grau de penetrabilidade intradentinária do cimento biocerâmico SPBC. Uma densidade óptica diferente contornando o material obturador foi observada em quase todos os espécimes. Esse achado pode sugerir a formação de uma interface mineral (hidroxiapatita) entre o cimento obturador e a dentina radicular (setas brancas). (Figura 1)

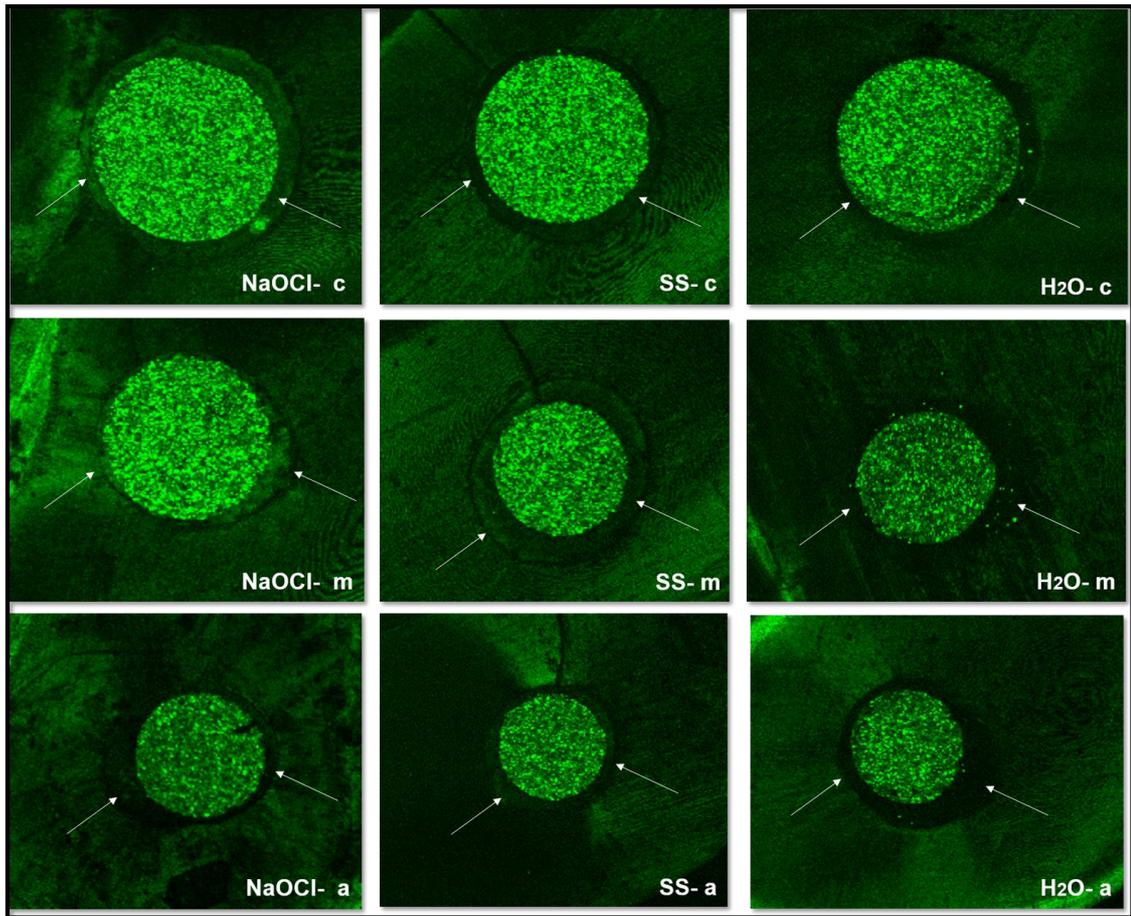


Figura 1: Imagens representativas dos grupos experimentais em MCVL, referentes aos terços radiculares (C,M,A).

Discussão

Neste experimento foi utilizado o SPBC, um material à base de trissilicato de cálcio, dissilicato de cálcio, óxido de zirconia, hidróxido de cálcio e propilenoglicol. Este cimento apresenta pH alcalino, libera íons cálcio, possui tempo de presa e radiopacidade adequados (10).

Quanto ao método de análise, consideramos o uso de MCVL pelo fato de ser uma técnica bastante consolidada na literatura para mensuração da penetrabilidade intratubular (7,9,11–21). Esta avaliação e interpretação da penetração está diretamente relacionada à penetração de materiais marcados com fluorescência (22). Dentro das particularidades de uma análise por confocal, é importante salientarmos que o tipo de fluoróforo influencia a avaliação da penetração no túbulo dentinário dos cimentos de silicato de cálcio, mas não influencia o cimento à base de resina epóxi. Ao utilizar Rhodamina B, sua natureza hidrofílica gera resultados falso-positivos quando associada aos cimentos biocerâmicos, e esta combinação não deve ser realizada na avaliação por MCVL (8).

Fluo-3 é um corante de natureza hidrofóbica com alta afinidade por íons cálcio podendo ser usado tanto em combinação com cimentos à base de silicato de cálcio quanto com cimentos à base de resina epóxi (8). Neste trabalho utilizamos Fluo-3 a fim de controlar um fator confundidor e evitar interpretações errôneas de nossos resultados.

Há muito tempo se estuda a influência da qualidade do selamento e sua interação com a dentina radicular. A penetração do material nos túbulos dentinários é uma característica bastante estudada, no sentido de melhorar a capacidade de selamento e retenção do cimento através de um travamento micromecânico. A penetração de materiais obturadores nos túbulos dentinários pode também evitar a colonização de bactérias residuais e a reinfecção do canal radicular (17).

Apesar da falta de correlação entre essas variáveis, a penetração dos cimentos nos túbulos dentinários é considerada benéfica por uma corrente de autores, pois a presença de cimento nos túbulos dentinários aumenta o intertravamento mecânico criando uma barreira física que pode confinar os microrganismos remanescentes, aumentando o efeito antibacteriano do cimento (15,18). Ao contrário destes autores, há quem afirme que a interação do cimento com a dentina pode ser avaliada independentemente da capacidade de selamento e que a penetração no túbulo dentinário não indica melhor selamento, nem diminui o grau de infiltração (19).

Os cimentos à base de silicato de cálcio quando utilizados com a técnica de cone único foram capazes de apresentar penetrabilidade intradentinária em terço médio similar aos cimentos à base de resina epóxi; uma vez que a pressão de condensação vertical não é necessária para a obturação (20). Em nosso estudo utilizamos esta técnica, porém, não obtivemos resultados de penetrabilidade intratubular. Uma hipótese para isso é que a forma de inserção do cone de guta percha pode ter deslocado o cimento e o ar pode ter ficado aprisionado formando vazios (3), entretanto, é difícil sustentar que essa condição tenha acontecido com 100% dos espécimes.

A ausência na literatura de um protocolo de irrigação específico a ser empregado previamente à obturação com cimentos biocerâmicos reforça a importância de ficarmos atentos em relação ao assunto. Neste experimento, durante o preparo químico-mecânico irrigamos os espécimes com as soluções de NaOCl 2.5% e EDTA 17%. Após a randomização, cada grupo experimental recebeu irrigação com NaOCl 2.5%, solução salina 0.9% ou água deionizada.

Na prática clínica é comum utilizarmos solução salina 0.9% ou água destilada como último irrigante pelo fato de serem substâncias incapazes de dissolver a porção orgânica dentinária e neutralizarem a ação do NaOCl. Optamos por utilizar a água deionizada como

nosso grupo controle negativo por ser uma substância totalmente desprovida de íons, portanto, incapaz de interagir com as propriedades físico-químicas do material. Como irrigação final, todos os grupos receberam solução tampão de fosfato 0,01 M. O uso desta solução, similar ao fluido tissular presente no tecido dentinário, poderia incrementar ou inalterar o grau a penetrabilidade intradentinária do cimento SPBC, no entanto, nenhuma penetração foi observada.

É comprovado cientificamente que a concentração, o tempo e a sequência de uso de substâncias irrigadoras como NaOCl e EDTA são capazes de alterar as características estruturais dentinárias gerando diferentes graus de erosão e dissolução da matriz orgânica, podendo interferir na relação entre os materiais obturadores e restauradores com a dentina radicular (23).

Quanto à forma de irrigação, a literatura demonstra que a ativação ultrassônica favorece a penetrabilidade da substância irrigadora e do cimento em regiões de difícil acesso, favorecendo a capacidade de limpeza e promovendo a ação antibacteriana através de um melhor selamento e menor formação de espaços vazios, melhorando a interface cimento-dentina (21).

Ao comparar SPBC e AH Plus, resultados similares de penetrabilidade foram encontrados, porém com leve aumento no percentual de penetração do biocerâmico quando do uso de ativação ultrassônica do cimento SPBC. Durante a ativação pode ter ocorrido um leve aumento de temperatura do material, fazendo com que diminuísse sua viscosidade, aumentando assim o escoamento para o interior dos túbulos dentinários (24).

Em nosso experimento tal procedimento não foi realizado durante a inserção do cimento, somente durante as etapas de irrigação, o que pode ser uma hipótese para justificar a ausência de penetrabilidade dentinária. Outros autores compararam o grau de penetrabilidade intradentinária entre AH Plus e SPBC com diferentes métodos de ativação (espiral lentulo, easyclean e inserto ultrasônico) e reportaram nenhuma diferença de penetrabilidade de acordo com os dispositivos utilizados ou entre os terços radiculares avaliados (9).

A penetrabilidade intradentinária de SPBC pode estar relacionada às condições multifatoriais que possam ter interferido nesta propriedade do material. No que se refere a amostra estudada, podemos mencionar a idade dos pacientes doadores dos elementos dentários (45 a 70 anos). A amostra foi composta por dentes de pacientes que tiveram indicação de exodontia principalmente por motivos periodontais e lesões cáries extensas. Alinhados com outros autores (19), esta afirmativa reforça a presença de dentina reacional esclerótica, que está relacionada à dificuldade de penetração dos cimentos obturadores, fazendo com que nossa hipótese nula tenha sido rejeitada.

Diversos estudos disponíveis na literatura demonstraram graus variados de penetrabilidade dos cimentos obturadores nos diferentes terços radiculares, sendo o terço apical radicular o mais difícil de ser preenchido (2,7,12,16,20). Esta característica é associada à menor densidade e diâmetro dos túbulos (14,20,21,25), fornecimento ineficaz do irrigante (14,20,21), grau de esclerose (16,17), presença ou não de material orgânico e inorgânico, e também à complexidade de variações anatômicas nesta região (2).

Da mesma forma, a presença de tecido cementário na parede interna do canal na região apical é capaz de reduzir a penetrabilidade dos cimentos devido à obstrução, pois os túbulos tendem a desaparecer em direção ao cimento (20).

A variação de diâmetro dos túbulos dentinários é em torno de 2 a 3,2 micrometros, e para atingir a penetração intratubular, o tamanho de partícula do cimento deve ser menor que o diâmetro do túbulo (7). Conforme informações do fabricante, SPBC possui partículas nanométricas e expansão higroscópica de 0,2%. Entretanto, a literatura não reporta o tamanho da partícula do cimento biocerâmico empregado neste estudo.

Quanto às características relacionadas ao cimento obturador, verifica-se que o tamanho de partícula do material (17,25,26), o grau de escoamento e o potencial de expansão durante o tempo de presa possuem grande influência na limitação de penetrabilidade (7,24,25). Há um estudo comparando por meio microtomografia computadorizada o volume de SPBC quando imerso em água destilada e solução tampão de fosfato, e os resultados mostraram que SPBC teve perda de volume em ambas as substâncias, ao contrário do AH Plus que apresentou aumento de seu volume quando comparado ao valor inicial (27). Até o presente não encontra-se nenhum trabalho que comprove este grau de expansão do SPBC por meio de testes volumétricos de sorção de água.

Na composição dos cimentos obturadores, a presença de propilenoglicol e a quantidade deste veículo é capaz de alterar o escoamento, tempo de presa, pH e liberação de íons Ca^{+2} dos materiais à base de MTA. Entre as proporções de 20%, 50%, 80% ou 100% , a adição de 20% de propilenoglicol é capaz de aumentar o escoamento sem alterar o processo de hidratação do cimento e nem as demais propriedades (28). De acordo com as informações do fabricante, SPBC possui de 2,0% a 5,0% de propilenoglicol. Esta quantidade relativamente inferior à recomendada pela literatura talvez possa ter contribuído pelo baixo escoamento do material.

A constante preocupação em desinfetar o sistema de canais nos leva a compreender a importância da mensuração da tensão superficial das substâncias irrigadoras, pois, quanto menor este valor, maior a capacidade de molhamento e penetrabilidade dos irrigantes no tecido dentinário (29).

Em nosso experimento utilizamos solução salina 0.9%, EDTA 17% e NaOCl 2.5% durante o preparo químico-mecânico e solução tampão de fosfato 0,1 M como último irrigante. Encontramos na literatura registro apenas de mensuração da tensão superficial da solução salina (66 dyne/cm), EDTA (46 dyne/cm) e do NaOCl (41 dyne/cm) (29), portanto não descartamos que este último irrigante possua um alto valor de tensão superficial que possa ter dificultado a penetrabilidade intradentinária do cimento SPBC.

Outros autores relataram que precipitados são formados ao longo da interface cimento-dentina e dentro da dentina interfacial, o que leva a crer que contribuem para reduzir o escoamento não apenas preenchendo a lacuna ao longo da interface, mas também via interações com a dentina, como a deposição de apatita intrafibrilar (16,30). Em um trabalho que comparou AH Plus e Bio Root foi possível observar que Bio Root exibiu uma zona mineral desprovida de partículas maiores mas que possuía partículas menores intercaladas com a interface; este cimento apresentou menor penetrabilidade dentinária após análise confocal (31).

O resultado do presente estudo demonstrou a presença de uma banda fluorescente na dentina próxima ao cimento, sugestiva da formação de uma interface mineral (hidroxiapatita), já observada em outros estudos, decorrente da reação de hidratação do cimento de silicato de cálcio (11,32,33). Entretanto, a penetrabilidade do cimento biocerâmico deveria ocorrer antes da formação da interface mineral, e isso não foi observado neste estudo.

Como protocolo final para todos os grupos avaliados realizamos uma irrigação de 5 ml de solução tampão de fosfato a 0,01 M com o propósito de avaliar se haveria alguma interferência no grau de penetração do cimento biocerâmico. Recente revisão sistemática demonstrou que ocorre uma interação destes cimentos com o meio quando em contato com solução salina tamponada com fosfato, favorecendo a precipitação de cristais de hidroxiapatita de cálcio, confirmando sua bioatividade e aumentando este efeito de mineralização (34).

Este estudo não põe fim a essa discussão com base no uso do SPBC, e encoraja o avanço na busca de respostas que expliquem melhor nossos resultados, descortinando análises com vistas a comprovação do porquê da ausência de penetração intradentinária, bem como de uma sugestiva interface mineral observada nas imagens de MCVL, que possa ser comprovada através da microscopia eletrônica de varredura com dispersão de raios X ou espectroscopia Raman.

Conclusão

Nenhum dos protocolos de irrigação após a utilização final de solução tampão de fosfato favoreceu a penetrabilidade intradentinária do cimento SPBC pronto para uso.

Agradecimentos

Os autores declaram não haver conflitos de interesses.

Referências

1. Hachem R El, Le Brun G, Le Jeune B, Pellen F, Khalil I, Abboud M. Influence of the EndoActivator irrigation system on dentinal tubule penetration of a novel tricalcium silicate-based sealer. *Dent J*. 2018;6(3).
2. Candeiro GT de M, Lavor AB, Lima IT de F, Vasconcelos BC de, Gomes NV, Iglecias EF, et al. Penetration of bioceramic and epoxy-resin endodontic cements into lateral canals. *Braz Oral Res*. 2019;33:1–7.
3. Russell A, Friedlander L, Chandler N. Sealer penetration and adaptation in root canals with the butterfly effect. *Aust Endod J*. 2018;44(3):225–34.
4. Colombo M, Poggio C, Dagna A, Meravini MV, Riva P, Trovati F, et al. Biological and physico-chemical properties of new root canal sealers. *J Clin Exp Dent*. 2018;10(2):e120–6.
5. Hess D, Solomon E, Spears R, He J. Retreatability of a bioceramic root canal sealing material. *J Endod* [Internet]. 2011;37(11):1547–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2011.08.016>
6. Chybowski EA, Glickman GN, Patel Y, Fleury A, Solomon E, He J. Clinical Outcome of Non-Surgical Root Canal Treatment Using a Single-cone Technique with Endosequence Bioceramic Sealer: A Retrospective Analysis. *J Endod* [Internet]. 2018;44(6):941–5. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.02.019>
7. McMichael, Greer E.; Primus, Carolyn M.; Opperman LA. Dentinal Tubule Penetration of Tricalcium Silicate Sealers. *J Endod*. 2016;42(4):632–6.
8. Furtado TC, de Bem IA, Machado LS, Pereira JR, Marcus Vinícius Reis S, da Rosa RA. Intratubular penetration of endodontic sealers depends on the fluorophore used for CLSM assessment. *Microsc Res Tech*. 2020;84(2):305–12.
9. Coronas VS, Villa N, Nascimento AL Do, Duarte PHM, da Rosa RA, Só MVR. Dentinal tubule penetration of a calcium silicate-based root canal sealer using a specific calcium fluorophore. *Braz Dent J*. 2020;31(2):109–15.
10. Mendes AT, Da Silva PB, Só, Bruna Barcellos; Hashizume, Lina Naomi; Vivian RR, Da Rosa, Ricardo Abreu; Duarte MAH, Só MVR. Evaluation of Physicochemical Properties of a New Calcium Silicate-based Sealer. *Braz Dent J*. 2018;29(6):536–40.

11. Jeong JW, DeGraft-Johnson A, Dorn SO, Di Fiore PM. Dentinal Tubule Penetration of a Calcium Silicate-based Root Canal Sealer with Different Obturation Methods. *J Endod* [Internet]. 2017;43(4):633–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2016.11.023>
12. Kara Tuncer A, Tuncer S. Effect of different final irrigation solutions on dentinal tubule penetration depth and percentage of root canal sealer. *J Endod* [Internet]. 2012;38(6):860–3. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2012.03.008>
13. Kok D, Da Rosa RA, Barreto MS, Busanello FH, Santini MF, Pereira JR, et al. Penetrability of AH plus and MTA fillapex after endodontic treatment and retreatment: A confocal laser scanning microscopy study. *Microsc Res Tech*. 2014;77(6):467–71.
14. Piai GG, Duarte MAH, Nascimento AL do, Rosa RA da, Marcus Vinícius Reis S, Vivan RR. Penetrability of a new endodontic sealer: A confocal laser scanning microscopy evaluation. *Microsc Res Tech*. 2018;81(11):1246–9.
15. Tedesco M, Chain MC, Felipe WT, Alves AMH, Garcia LDFR, Bortoluzzi EA, et al. Correlation between bond strength to dentin and sealers penetration by push-out test and CLSM analysis. *Braz Dent J*. 2019;30(6):555–62.
16. Viapiana R, Moizadeh AT, Camilleri L, Wesselink PR, Tanomaru Filho M, Camilleri J. Porosity and sealing ability of root fillings with gutta-percha and BioRoot RCS or AH Plus sealers. Evaluation by three ex vivo methods. *Int Endod J*. 2016;49(8):774–82.
17. Akcay M, Arslan H, Durmus N, Mese M, Capar ID. Dentinal tubule penetration of AH Plus, iRoot SP, MTA fillapex, and guttaflow bioseal root canal sealers after different final irrigation procedures: A confocal microscopic study. *Lasers Surg Med*. 2016;48(1):70–6.
18. Aktemur Türker S, Uzunoğlu E, Purali N. Evaluation of dentinal tubule penetration depth and push-out bond strength of AH 26, BioRoot RCS, and MTA Plus root canal sealers in presence or absence of smear layer. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2018;12(4):294–8.
19. De-Deus G, Brandão MC, Leal F, Reis C, Souza EM, Luna AS, et al. Lack of correlation between sealer penetration into dentinal tubules and sealability in nonbonded root fillings. *Int Endod J*. 2012;45(7):642–51.
20. El Hachem R, Khalil I, Le Brun G, Pellen F, Le Jeune B, Daou M, et al. Dentinal tubule penetration of AH Plus, BC Sealer and a novel tricalcium silicate sealer: a confocal laser scanning microscopy study. *Clin Oral Investig*. 2019;23(4):1871–6.
21. Guimarães BM, Amoroso-Silva PA, Alcalde MP, Marciano MA, Bombarda De Andrade

- F, Hungaro Duarte MA. Influence of ultrasonic activation of 4 root canal sealers on the filling quality. *J Endod*. 2014;40(7):964–8.
22. Aksel H, Arslan E, Puralı N, Uyanık Ö, Nagaş E. Effect of ultrasonic activation on dentinal tubule penetration of calcium silicate-based cements. *Microsc Res Tech*. 2019;82(5):624–9.
 23. Wagner MH, da Rosa RA, de Figueiredo JAP, Duarte MAH, Pereira JR, Só MVR. Final irrigation protocols may affect intraradicular dentin ultrastructure. *Clin Oral Investig*. 2017;21(7):2173–82.
 24. De Bem IA, de Oliveira RA, Weissheimer T, Bier CAS, Só MVR, Rosa RA da. Effect of Ultrasonic Activation of Endodontic Sealers on Intratubular Penetration and Bond Strength to Root Dentin. *J Endod* [Internet]. 2020;46(9):1302–8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.06.014>
 25. Eymirli A, Sungur DD, Uyanik O, Puralı N, Nagas E, Cehreli ZC. Dentinal Tubule Penetration and Retreatability of a Calcium Silicate–based Sealer Tested in Bulk or with Different Main Core Material. *J Endod* [Internet]. 2019;45(8):1036–40. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.04.010>
 26. Duarte MAH, Marciano MA, Vivian RR, Tanomaru Filho M, Tanomaru JMG, Camilleri J. Tricalcium silicate-based cements: properties and modifications. *Braz Oral Res*. 2018;32(suppl 1):111–8.
 27. Torres FFE, Zordan-Bronzel CL, Guerreiro-Tanomaru JM, Chávez-Andrade GM, Pinto JC, Tanomaru-Filho M. Effect of immersion in distilled water or phosphate-buffered saline on the solubility, volumetric change and presence of voids within new calcium silicate-based root canal sealers. *Int Endod J*. 2020;53(3):385–91.
 28. Duarte MAH, Alves de Aguiar K, Zeferino MA, Vivian RR, Ordinola-Zapata R, Tanomaru-Filho M, et al. Evaluation of the propylene glycol association on some physical and chemical properties of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J*. 2012;45(6):565–70.
 29. Taşman F. Surface tension of root canal irrigants. *J Endod*. 2000;26(10):586–7.
 30. Han L, Kodama S, Okiji T. Evaluation of calcium-releasing and apatite-forming abilities of fast-setting calcium silicate-based endodontic materials. *Int Endod J*. 2015;48(2):124–30.
 31. Kebudi Benezra M, Schembri Wismayer P, Camilleri J. Interfacial Characteristics and Cytocompatibility of Hydraulic Sealer Cements. *J Endod* [Internet]. 2018;44(6):1007–17. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.11.011>

32. Zeid STA, Alamoudi RA, Neel EAA, Saleh AAM. Morphological and spectroscopic study of an apatite layer induced by fast-set versus regular-set endosequence root repair materials. *Materials (Basel)*. 2019;12(22).
33. Shokouhinejad N, Nekoofar MH, Razmi H, Sajadi S, Davies TE, Saghiri MA, et al. Bioactivity of EndoSequence Root Repair Material and Bioaggregate. *Int Endod J*. 2012;45(12):1127–34.
34. Donnermeyer D, Bürklein S, Dammaschke T, Schäfer E. Endodontic sealers based on calcium silicates: a systematic review. *Odontology [Internet]*. 2019;107(4):421–36. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s10266-018-0400-3>

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização dos cimentos biocerâmicos está cada vez mais presente na prática clínica do Endodontista. São considerados materiais bastantes promissores, porém, ressaltamos a necessidade de vencerem a barreira do tempo, com estudos robustos sobre suas propriedades biológicas e físico-químicas, para que o clínico tenha motivos baseados em evidências científicas na decisão de trocar os cimentos à base de resina epóxi por biocerâmicos.

De acordo com a metodologia utilizada neste estudo e os resultados obtidos podemos evidenciar que nenhum dos protocolos associados à solução tampão de fosfato favoreceu a penetrabilidade intradentinária do cimento biocerâmico SPBC. Com certeza isso não deve ser considerado como uma desvantagem pois até mesmo a literatura não mostra consenso com relação a essa propriedade.

Esta ausência de penetrabilidade pode ser decorrente de condições multifatoriais tais como diâmetro e número de túbulos dentinários, grau de esclerose tubular, presença de smear layer, bem como relacionadas às propriedades físico-químicas do material, como fluidez, escoamento e falta de informações precisas sobre o tamanho de partícula.

A ausência de informações na literatura à respeito de um protocolo de irrigação específico que possa contribuir para um melhor aproveitamento das propriedades físico-químicas dos cimentos biocerâmicos nos direciona a continuar pesquisando a resposta para este questionamento.

A formação de uma interface mineral entre a dentina e o material obturador tende a ser um fator positivo relacionado a esses cimentos. A utilização de uma solução tampão de fosfato como irrigante final antecedendo a obturação com o cimento biocerâmico SPBC, sugerida neste e em outros estudos, parece propiciar uma elevação no padrão de nucleação de íons mineralizantes presentes no tecido dentinário, necessitando sua confirmação com mais estudos.

REFERÊNCIAS

- AKCAY, M. et al. Dentinal tubule penetration of AH Plus, iRoot SP, MTA fillapex, and guttaflow bioseal root canal sealers after different final irrigation procedures: A confocal microscopic study. **Lasers in Surgery and Medicine**, v. 48, n. 1, p. 70–76, 2016.
- AKSEL, H. et al. Effect of ultrasonic activation on dentinal tubule penetration of calcium silicate-based cements. **Microscopy Research and Technique**, v. 82, n. 5, p. 624–629, 2019.
- AKTEMUR TÜRKER, S.; UZUNOĞLU, E.; PURALI, N. Evaluation of dentinal tubule penetration depth and push-out bond strength of AH 26, BioRoot RCS, and MTA Plus root canal sealers in presence or absence of smear layer. **Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects**, v. 12, n. 4, p. 294–298, 2018.
- AL-HADDAD, A.; AZIZ, Z. A. C. A. Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Review. **International Journal of Biomaterials**, v. 2016, 2016.
- ARIKATLA, SAMPATH KUMAR; CHALASANI, UMA; MANDAVA, JYOTHI; YELISELA, R. K. Interfacial adaptation and penetration depth of bioceramic endodontic sealers. **Journal of Conservative Dentistry**, v. 21, n. 4, p. 373–377, 2018.
- CAMPS, J. et al. Bioactivity of a Calcium Silicate-based Endodontic Cement (BioRoot RCS): Interactions with Human Periodontal Ligament Cells In Vitro. **Journal of Endodontics**, v. 41, n. 9, p. 1469–1473, 2015.
- CANDEIRO, G. T. D. M. et al. Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer. **Journal of Endodontics**, v. 38, n. 6, p. 842–845, 2012.
- CANDEIRO, G. T. DE M. et al. Penetration of bioceramic and epoxy-resin endodontic cements into lateral canals. **Brazilian Oral Research**, v. 33, p. 1–7, 2019.
- CHYBOWSKI, E. A. et al. Clinical Outcome of Non-Surgical Root Canal Treatment Using a Single-cone Technique with Endosequence Bioceramic Sealer: A Retrospective Analysis. **Journal of Endodontics**, v. 44, n. 6, p. 941–945, 2018.
- COLOMBO, M. et al. Biological and physico-chemical properties of new root canal sealers. **Journal of Clinical and Experimental Dentistry**, v. 10, n. 2, p. e120–e126, 2018.
- CORONAS, V. S. et al. Dentinal tubule penetration of a calcium silicate-based root canal sealer using a specific calcium fluorophore. **Brazilian Dental Journal**, v. 31, n. 2, p. 109–115, 2020.
- DA SILVA, E. J. N. L.; ZAIA, A. A.; PETERS, O. A. Cytocompatibility of calcium silicate-based sealers in a three-dimensional cell culture model. **Clinical Oral Investigations**, v. 21, n. 5, p. 1531–1536, 2017.
- DE-DEUS, G. et al. Lack of correlation between sealer penetration into dentinal tubules and sealability in nonbonded root fillings. **International Endodontic Journal**, v. 45, n. 7, p. 642–651, 2012.

DE BEM, I. A. et al. Effect of Ultrasonic Activation of Endodontic Sealers on Intratubular Penetration and Bond Strength to Root Dentin. **Journal of Endodontics**, v. 46, n. 9, p. 1302–1308, 2020.

DEL MONACO, R. J. et al. Influence of Nd:YAG laser on the penetration of a bioceramic root canal sealer into dentinal tubules: A confocal analysis. **PLoS ONE**, v. 13, n. 8, p. 1–11, 2018.
DONNERMEYER, D. et al. Endodontic sealers based on calcium silicates: a systematic review. **Odontology**, v. 107, n. 4, p. 421–436, 2019.

DUARTE, M. A. H. et al. Evaluation of the propylene glycol association on some physical and chemical properties of mineral trioxide aggregate. **International Endodontic Journal**, v. 45, n. 6, p. 565–570, 2012.

DUARTE, M. A. H. et al. Tricalcium silicate-based cements: properties and modifications. **Brazilian Oral Research**, v. 32, n. suppl 1, p. 111–118, 2018.

EL HACHEM, R. et al. Dentinal tubule penetration of AH Plus, BC Sealer and a novel tricalcium silicate sealer: a confocal laser scanning microscopy study. **Clinical Oral Investigations**, v. 23, n. 4, p. 1871–1876, 2019.

ERSAHAN, S.; AYDIN, C. Solubility and apical sealing characteristics of a new calcium silicate-based root canal sealer in comparison to calcium hydroxide-, methacrylate resin- and epoxy resin-based sealers. **Acta Odontologica Scandinavica**, v. 71, n. 3–4, p. 857–862, 2013.

EYMIRLI, A. et al. Dentinal Tubule Penetration and Retreatability of a Calcium Silicate-based Sealer Tested in Bulk or with Different Main Core Material. **Journal of Endodontics**, v. 45, n. 8, p. 1036–1040, 2019.

FERNÁNDEZ, R. et al. Evaluation of the filling ability of artificial lateral canals using calcium silicate-based and epoxy resin-based endodontic sealers and two gutta-percha filling techniques. **International Endodontic Journal**, v. 49, n. 4, p. 365–373, 2016.

FURTADO, T. C. et al. Intratubular penetration of endodontic sealers depends on the fluorophore used for CLSM assessment. **Microscopy Research and Technique**, v. 84, n. 2, p. 305–312, 2020.

GUIMARÃES, B. M. et al. Influence of ultrasonic activation of 4 root canal sealers on the filling quality. **Journal of Endodontics**, v. 40, n. 7, p. 964–968, 2014.

HACHEM, R. EL et al. Influence of the EndoActivator irrigation system on dentinal tubule penetration of a novel tricalcium silicate-based sealer. **Dentistry Journal**, v. 6, n. 3, 2018.

HAN, L.; KODAMA, S.; OKIJI, T. Evaluation of calcium-releasing and apatite-forming abilities of fast-setting calcium silicate-based endodontic materials. **International Endodontic Journal**, v. 48, n. 2, p. 124–130, 2015.

HAN, L.; OKIJI, T. Bioactivity evaluation of three calcium silicate-based endodontic materials. **International Endodontic Journal**, v. 46, n. 9, p. 808–814, 2013.

HESS, D. et al. Retreatability of a bioceramic root canal sealing material. **Journal of Endodontics**, v. 37, n. 11, p. 1547–1549, 2011.

JAFARI, F.; JAFARI, S. Composition and physicochemical properties of calcium silicate based sealers: A review article. **Journal of Clinical and Experimental Dentistry**, v. 9, n. 10, p. e1249–e1255, 2017.

JARDINE, A. P. et al. Antimicrobial effect of bioceramic cements on multispecies microcosm biofilm: a confocal laser microscopy study. **Clinical Oral Investigations**, 2018.

JEONG, J. W. et al. Dentinal Tubule Penetration of a Calcium Silicate–based Root Canal Sealer with Different Obturation Methods. **Journal of Endodontics**, v. 43, n. 4, p. 633–637, 2017.

KARA TUNCER, A.; TUNCER, S. Effect of different final irrigation solutions on dentinal tubule penetration depth and percentage of root canal sealer. **Journal of Endodontics**, v. 38, n. 6, p. 860–863, 2012.

KEBUDI BENEZRA, M.; SCHEMBRI WISMAYER, P.; CAMILLERI, J. Interfacial Characteristics and Cytocompatibility of Hydraulic Sealer Cements. **Journal of Endodontics**, v. 44, n. 6, p. 1007–1017, 2018.

KIM, H. et al. Comparisons of the Retreatment Efficacy of Calcium Silicate and Epoxy Resin-based Sealers and Residual Sealer in Dentinal Tubules. **Journal of Endodontics**, v. 41, n. 12, p. 2025–2030, 2015.

KIM, Y. et al. The Penetration Ability of Calcium Silicate Root Canal Sealers into Dentinal Tubules Compared to Conventional Resin-Based Sealer: A Confocal Laser Scanning Microscopy Study. **Materials**, v. 12, n. 3, p. 531, 2019.

KOK, D. et al. Penetrability of AH plus and MTA fillapex after endodontic treatment and retreatment: A confocal laser scanning microscopy study. **Microscopy Research and Technique**, v. 77, n. 6, p. 467–471, 2014.

KUÇI, A. et al. Sealer penetration into dentinal tubules in the presence or absence of smear layer: A confocal laser scanning microscopic study. **Journal of Endodontics**, v. 40, n. 10, p. 1627–1631, 2014.

LEE, J. K. et al. Physicochemical Properties of Epoxy Resin-Based and Bioceramic-Based Root Canal Sealers. **Bioinorganic Chemistry and Applications**, v. 2017, n. 57, p. 1–8, 2017.

MCMICHAEL, GREER E.; PRIMUS, CAROLYN M.; OPPERMAN, L. A. Dentinal Tubule Penetration of Tricalcium Silicate Sealers. **Journal of Endodontics**, v. 42, n. 4, p. 632–636, 2016.

MENDES, A. T. et al. Evaluation of Physicochemical Properties of a New Calcium Silicate–based Sealer. **Brazilian Dental Journal**, v. 29, n. 6, p. 536–540, 2018.

MOŻYŃSKA, J. et al. Tooth Discoloration Induced by Different Calcium Silicate–based Cements: A Systematic Review of In Vitro Studies. **Journal of Endodontics**, v. 43, n. 10, p. 1593–1601, 2017.

PAMUKÇU GÜVEN, E. et al. Human tooth germ stem cell response to calciumsilicate based endodontic cements. **Journal of Applied Oral Science**, v. 21, n. 4, p. 351–357, 2013.

PIAI, G. G. et al. Penetrability of a new endodontic sealer: A confocal laser scanning microscopy evaluation. **Microscopy Research and Technique**, v. 81, n. 11, p. 1246–1249, 2018.

RAJASEKHARAN, S. et al. Effect of exposed surface area, volume and environmental pH on the calcium ion release of three commercially available tricalcium silicate based dental cements. **Materials**, v. 11, n. 1, 2018.

RUSSELL, A.; FRIEDLANDER, L.; CHANDLER, N. Sealer penetration and adaptation in root canals with the butterfly effect. **Australian Endodontic Journal**, v. 44, n. 3, p. 225–234, 2018.

SAGHIRI, MOHAMMAD ALI; GUTMANN, JAMES L.; ORANGI, JAFAR; ASATOURIAN, ARMEN; SHEIBANI, N. Radiopacifier Particle Size Impacts the Physical Properties of Tricalcium Silicate-based Cements. **Journal of Endodontics**, v. 41, n. 2, p. 225–230, 2015.

SHOKOUHINEJAD, N. et al. Bioactivity of EndoSequence Root Repair Material and Bioaggregate. **International Endodontic Journal**, v. 45, n. 12, p. 1127–1134, 2012.

SILVA ALMEIDA, L. H. et al. Are Premixed Calcium Silicate-based Endodontic Sealers Comparable to Conventional Materials? A Systematic Review of In Vitro Studies. **Journal of Endodontics**, v. 43, n. 4, p. 527–535, 2017.

TAŞMAN, F. Surface tension of root canal irrigants. **Journal of Endodontics**, v. 26, n. 10, p. 586–587, 2000.

TEDESCO, M. et al. Correlation between bond strength to dentin and sealers penetration by push-out test and CLSM analysis. **Brazilian Dental Journal**, v. 30, n. 6, p. 555–562, 2019.

TORRES, F. F. E. et al. Effect of immersion in distilled water or phosphate-buffered saline on the solubility, volumetric change and presence of voids within new calcium silicate-based root canal sealers. **International Endodontic Journal**, v. 53, n. 3, p. 385–391, 2020.

VIAPIANA, R. et al. Porosity and sealing ability of root fillings with gutta-percha and BioRoot RCS or AH Plus sealers. Evaluation by three ex vivo methods. **International Endodontic Journal**, v. 49, n. 8, p. 774–782, 2016.

WAGNER, M. H. et al. Final irrigation protocols may affect intraradicular dentin ultrastructure. **Clinical Oral Investigations**, v. 21, n. 7, p. 2173–2182, 2017.

WANG, Y.; LIU, S.; DONG, Y. In vitro study of dentinal tubule penetration and filling quality of bioceramic sealer. **PLoS ONE**, v. 13, n. 2, p. 1–11, 2018.

WANG, Z.; SHEN, Y.; HAAPASALO, M. Dentin extends the antibacterial effect of endodontic sealers against *Enterococcus faecalis* biofilms. **Journal of Endodontics**, v. 40, n. 4, p. 505–508, 2014.

ZAFAR, K.; JAMAL, S.; GHAFOOR, R. Bio-active cements-mineral trioxide aggregate based calcium silicate materials: A narrative review. **Journal of the Pakistan Medical Association**, v. 70, n. 3, p. 497–504, 2020.

ZEID, S. T. A. et al. Morphological and spectroscopic study of an apatite layer induced by fast-set versus regular-set endosequence root repair materials. **Materials**, v. 12, n. 22, 2019.

ZHANG, H. et al. Antibacterial Activity of Endodontic Sealers by Modified Direct Contact Test Against *Enterococcus faecalis*. **Journal of Endodontics**, v. 35, n. 7, p. 1051–1055, 2009.

APÊNDICE 1 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL****FACULDADE DE ODONTOLOGIA****TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Prezado Sr.(a),

Como é de seu conhecimento, existe a indicação para a extração do(s) dente(s) _____ com o propósito de melhorar sua saúde, conforme registro no prontuário. Estamos realizando uma pesquisa com dentes extraídos com o título: **“MENSURAÇÃO DA PENETRABILIDADE INTRADENTINÁRIA RADICULAR DO CIMENTO ENDODÔNTICO BIOCERÂMICO APÓS UTILIZAÇÃO DE TRÊS PROTOCOLOS DE IRRIGAÇÃO FINAL”**. Tal pesquisa tem por objetivo comparar se o nível de penetrabilidade intradentinária radicular do cimento endodôntico biocerâmico é modificado após a utilização dos protocolos de irrigação final com solução salina e com solução tampão de fosfato. Este trabalho poderá nos fornecer dados para uma melhor conduta de tratamento, uma vez que ajudará na decisão de escolha de protocolos de irrigação diferenciados e que proporcionem uma melhor utilização das propriedades do material obturador utilizado neste estudo.

Todas as informações obtidas a partir deste estudo poderão ser publicadas, com finalidade de tornar pública os resultados do trabalho, de forma anônima.

Essa pesquisa não lhe trará benefícios diretos. O benefício desta pesquisa ao(a) Sr.(a) se dará de forma indireta, pois essa pesquisa irá gerar maiores conhecimentos acerca do desempenho e influência do material utilizado na etapa de obturação endodôntica.

O risco desta pesquisa ao(a) Sr.(a) é a perda do sigilo e confidencialidade de seus dados pessoais, porém isso será evitado através deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, que garante que qualquer publicação dos resultados dessa pesquisa ocorrerá de forma anônima, o qual será assinado pelo pesquisador responsável. Além disso, este termo ficará retido, sobre responsabilidade do pesquisador responsável, por um período de cinco anos.

O risco da extração dentária dos dentes doados à pesquisa não está associado a esta pesquisa, visto que os dentes foram indicados para a extração por outros motivos e não pela própria pesquisa a ser desenvolvida.

Pelo presente instrumento que atende as exigências legais, o(a) Sr.(a) _____, ciente dos procedimentos à que será submetido, não restando quaisquer dúvidas a respeito do lido e explicado, firma seu **CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO** concordando em doar o(s) referido(s) dente(s) à pesquisa informada. Informamos que este(s) será(ão) utilizado(s) exclusivamente na pesquisa a ser realizada na Faculdade de Odontologia da UFRGS somente após certificação do Comitê de Ética responsável.

Caso tiver novas perguntas sobre este estudo e/ou sobre o(s) dente(s) doado(s), poderá solicitar informações ao Prof. Marcus Vinícius Reis Só (pesquisador responsável) no telefone (51) 33085357 ou para o Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos da UFRGS no telefone (51) 3308-3738.

Finalmente, ressaltamos que caso o(a) Sr.(a) não concorde em doar o(s) dente(s) para a pesquisa, não haverá qualquer interferência em seu atendimento odontológico.

Declaro ter lido - ou me foi lido - as informações acima antes de assinar este formulário. Foi-me dada ampla oportunidade de fazer perguntas, esclarecendo plenamente minhas dúvidas. Por este instrumento, tomo parte, voluntariamente, da doação do(s) meu(s) órgão(s) (dente(s)) para o presente estudo.

_____, ____ de _____ de 201__.

Assinatura do doador ou responsável

Assinatura do pesquisador responsável
Prof. Marcus Vinícius Reis Só

Assinatura e número do CRO do CD responsável pelo atendimento

ATENÇÃO:

- A sua participação em qualquer tipo de pesquisa é voluntária. Em caso de dúvida quanto aos seus direitos, Sr(a) pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa UFRGS, localizado a Av. Paulo Gama, 110 - 7º andar - Porto Alegre/RS - CEP: 90040-060 - Fone: (51) 3308.4085. E-mail: etica@propesq.ufrgs.br
- Esse termo de consentimento será impresso em duas cópias, sendo uma de propriedade do participante da pesquisa e a outra de propriedade dos pesquisadores.

APÊNDICE 2 - TERMO DE DOAÇÃO DE DENTES HUMANOS**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL****FACULDADE DE ODONTOLOGIA****BANCO DE DENTES HUMANOS****TERMO DE DOAÇÃO DE DENTES HUMANOS**

Eu, _____, aceito doar o meu dente _____ e concordo em doá-lo à pesquisa intitulada **MENSURAÇÃO DA PENETRABILIDADE INTRADENTINÁRIA RADICULAR DO CIMENTO ENDODÔNTICO BIOCERÂMICO APÓS UTILIZAÇÃO DE TRÊS PROTOCOLOS DE IRRIGAÇÃO FINAL**. Estou ciente de que o dente foi extraído por indicação terapêutica para a melhoria da minha saúde, como documentado no prontuário da Faculdade. A pesquisa citada anteriormente deverá ter sido previamente aprovada pela Comissão de Pesquisa (COMPESQ) da Faculdade de Odontologia e, a seguir, pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS, sendo preservada a identidade do doador na divulgação dos resultados.

Porto Alegre, ____ de _____ de 2019.

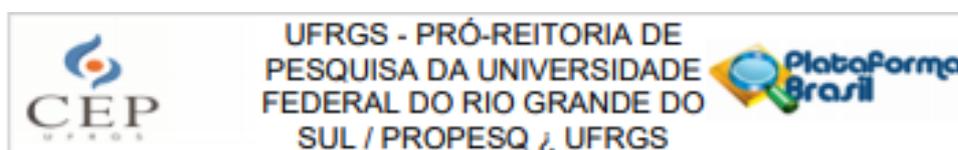
Assinatura do doador ou responsável

Testemunha

Assinatura do pesquisador responsável
Prof. Marcus Vinícius Reis Só

ATENÇÃO: Este termo é referente apenas a uma unidade dentária doada

ANEXO 1 – Parecer de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UFRGS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Mensuração da penetrabilidade intradentária radicular do cimento endodôntico biocerâmico após utilização de dois protocolos de irrigação final.

Pesquisador: Marcus Vinícius Reis Sô

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 23173219.0.0000.5347

Instituição Proponente: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.717.007

Apresentação do Projeto:

O projeto "Mensuração da penetrabilidade intradentária radicular do cimento endodôntico biocerâmico após a utilização de dois protocolos de irrigação final" é coordenado pelo Prof Marcus Vinícius Reis Sô e conta com a participação de Angélica Fensterseifer Lemos.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo geral da pesquisa será avaliar, por meio de microscopia confocal de varredura à Laser, o nível de penetrabilidade intradentária radicular do cimento endodôntico biocerâmico.

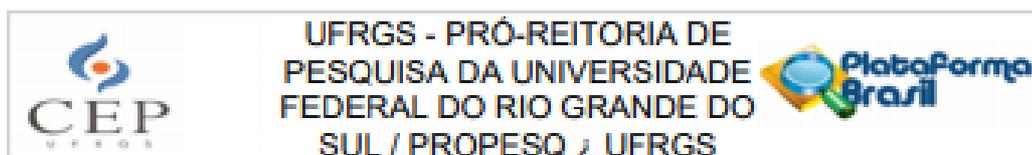
Os objetivos específicos serão:

- a) Comparar através de Microscopia Confocal de Varredura à Laser, o nível de penetrabilidade intradentária obtido com a obturação endodôntica com o cimento biocerâmico após aplicação de cada um dos protocolos de irrigação final associados à solução tampão de fosfato.
- b) Investigar se alguma das substâncias utilizadas nos protocolos de irrigação final interfere na adaptação do cimento endodôntico biocerâmico na parede de dentina baseado na ausência de falhas na obturação (interface cimento-dentina).

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

RISCOS AOS PARTICIPANTES: Descritos de forma adequada. Segundo os pesquisadores, "o risco desta pesquisa é a perda do sigilo e confidencialidade dos dados pessoais do participante, porém isso será evitado através de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, que garante que

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 321 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha **CEP:** 90.040-060
UF: RS **Município:** PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 **Fax:** (51)3308-4085 **E-mail:** etica@propesq.ufrgs.br



Continuação do Parecer: 3.7.17.007

qualquer

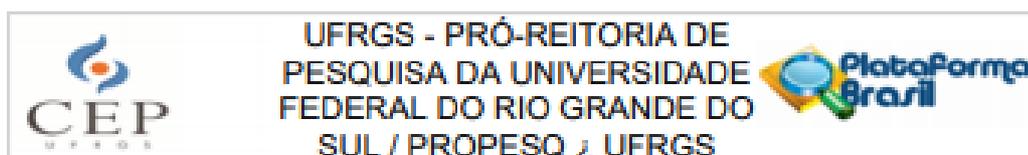
publicação dos resultados dessa pesquisa ocorrerá de forma anônima, o qual será assinado pelo pesquisador responsável. Além disso, este termo ficará retido, sobre responsabilidade do pesquisador responsável, por um período de cinco anos. O risco da extração dentária dos dentes doados à pesquisa não está associado a esta pesquisa, visto que os dentes foram indicados para a extração por outros motivos e não pela própria pesquisa a ser desenvolvida.

BENEFÍCIOS AOS PARTICIPANTES: Descritos de forma adequada. Segundo os pesquisadores "essa pesquisa não trará benefícios diretos aos participantes. O benefício desta pesquisa se dará de forma indireta, pois esta irá gerar maiores conhecimentos acerca do desempenho de um material de preenchimento utilizado na etapa final de obturação endodôntica.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

- Introdução e revisão da literatura: apresentadas de forma adequada.
- Justificativa para a realização do estudo: de acordo com os pesquisadores, não existem estudos que avaliem se o nível de penetrabilidade do cimento biocerâmico é alterado de acordo com a substância irrigadora utilizada no protocolo de irrigação final previamente a sua utilização na etapa de obturação endodôntica.
- Delineamento experimental: estudo experimental in vitro, controlado, com mascaramento para os avaliadores.
- Número de participantes: 30. Cálculo amostral realizado em pacote estatístico e com base na literatura (Sluis et al, 2007).
- Critérios de inclusão dos participantes: idade superior a 18 anos, independentemente de sexo.
- Forma de convite dos participantes: não descrita.
- Critérios de exclusão dos participantes: não descritos.
- Os procedimentos experimentais serão realizados em dentes extraídos (30 molares superiores)
- Os grupos experimentais serão divididos de acordo com o protocolo de irrigação final pré-obturação endodôntica.
- Análise dos dados: descrita.
- Orçamento: total previsto de R\$ 2.376,85, sendo os recursos a cargo do pesquisador coordenador.
- In cio do projeto: 01/01/2020 (abordagem dos participantes e coleta dos dentes).

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 321 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha **CEP:** 90.040-080
UF: RS **Município:** PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 **Fax:** (51)3308-4085 **E-mail:** etica@propesq.ufrgs.br



Continuação do Parecer: 3.717.007

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

- Folha de Rosto: presente.
- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE): apresenta a pesquisa (objetivos e justificativa), indica que a participação na pesquisa se dará por meio de doação de dentes, indica que os dentes serão extraídos por motivo independente da pesquisa, apresenta riscos e benefícios (indiretos), há o contato do pesquisador responsável e do CEP-UFRGS, há garantia que o participante irá receber uma cópia do termo, há garantia de proteção de dados (sigilo e confidencialidade), indica de que forma os dados serão publicados.
- Termo de Doação de Dentes: presente.
- Carta de Anuência do Regente da Disciplina de Cirurgia e Traumatologia Bucocomaxilofacial I da Faculdade de Odontologia da UFRGS: presente.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Os pesquisadores responderam todos os questionamentos encaminhados em parecer anterior. O projeto de pesquisa pode ser aprovado quanto aos aspectos éticos de pesquisa em seres humanos, conforme as Resoluções 466/2012 e 510/2016 do MS/CNS/CONEP.

QUESTIONAMENTOS ENCAMINHADOS EM PARECER ANTERIOR

- Adequar a linguagem do TCLE para que o participante possa compreender de forma mais clara o seu conteúdo. Há espaço para assinatura do doador ou responsável. Alterar o termo "doador" por "participante". Haverá participação de pacientes menores de 18 anos? Em caso afirmativo, inserir Termo de Assentimento Livre e Esclarecido para o paciente menor de 18 anos.

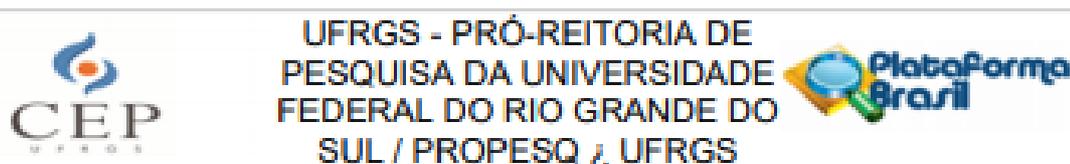
ATENDIDO. A linguagem do TCLE foi adequada. Não está prevista a inclusão de participantes menores de 18 anos.

- Remover cabeçalho institucional e símbolo da UFRGS do TCLE e do Termo de Doação de Dentes. ATENDIDO.

- Adequar o telefone de contato e o e-mail do CEP-UFRGS no TCLE. ATENDIDO.

- No Termo de Doação de Dentes, há espaço para assinatura do doador ou responsável. Alterar o termo "doador" por "participante". Haverá participação de pacientes menores de 18 anos? Em caso

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 321 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha **CEP:** 90.040-000
UF: RS **Município:** PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 **Fax:** (51)3308-4085 **E-mail:** etica@propesq.ufrgs.br



Continuação do Parecer: 3.717.007

afirmativo, inserir Termo de Assentimento Livre e Esclarecido para o paciente menor de 18 anos.

ATENDIDO. O termo doador foi substituído por participante. Não está previsto inclusão de participante menor de 18 anos.

- Os critérios de inclusão deve ser descritos considerando-se o participante da pesquisa (idade, etc). O dente não é o participante da pesquisa. Caso esteja prevista a inclusão de participantes com menos de 18 anos, deve ser incluído o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido e um TCLE dirigido ao seu responsável.

ATENDIDO. Não participarão da pesquisa pacientes com menos de 18 anos de idade, independente de sexo.

- Descrever a forma de abordagem dos participantes para a pesquisa. Em que momento eles serão convidados? Antes ou após a extração dos dentes? Como serão aplicados os critérios de exclusão dos dentes? Há perdas após a inclusão?

ATENDIDO. Por meio de convite verbal, previamente ao procedimento cirúrgico. Foram descritos os critérios de não inclusão. Não estão previstas perdas.

- Incluir Carta de Ciência do Responsável pelo Laboratório de Materiais Dentários.

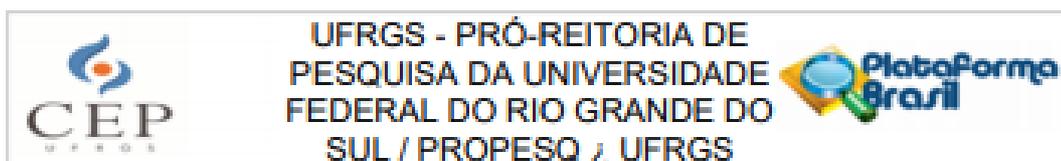
ATENDIDO. Não foi incluída carta, pois não serão realizados procedimentos experimentais no referido laboratório.

- Os pesquisadores informam que serão selecionadas 30 raízes disto-vestibulares de molares superiores extraídos e "armazenados em frascos da disciplina de Cirurgia e Traumatologia Bucocomaxilofacial I da Faculdade de Odontologia da UFRGS". Prestar esclarecimentos. O CEP-UFRGS não avalia projetos que já tiveram sua coleta de dados (amostras biológicas) realizada. Informa-se aos pesquisadores que não há banco de amostras biológicas regulamentado na UFRGS.

Os pesquisadores informaram que houve um equívoco na descrição do projeto quanto à forma que os elementos dentários serão armazenados. A coleta de dados somente será iniciada após aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS.

- Incluir Carta de Anuência do Regente da Disciplina de Cirurgia e Traumatologia Bucocomaxilofacial I da Faculdade de Odontologia da UFRGS. ATENDIDO.

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 321 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farróupilha **CEP:** 90.040-060
UF: RS **Município:** PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 **Fax:** (51)3308-4085 **E-mail:** etica@propesq.ufrgs.br



Continuação do Parecer: 3.717.007

- Informar local aonde serão realizadas as análises de microscopia. Incluir carta de ciência do responsável pelo laboratório. ATENDIDO. As análises serão realizadas no CME. Consta carta de ciência do responsável.

- ORÇAMENTO: Os custos da microscopia devem ser considerados. ATENDIDO.

Considerações Finais a critério do CEP:

Aprovado.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_1448778.pdf	04/11/2019 18:26:28		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLEmodificado.pdf	25/10/2019 21:01:43	Marcus Vinicius Reis Só	Aceito
Outros	cartaresposta.pdf	25/10/2019 20:56:39	Marcus Vinicius Reis Só	Aceito
Outros	Projetoaparecer1.pdf	25/10/2019 20:56:19	Marcus Vinicius Reis Só	Aceito
Outros	anuenciaciurgia.pdf	25/10/2019 20:55:19	Marcus Vinicius Reis Só	Aceito
Outros	laboratoriomicroscopia.pdf	25/10/2019 20:53:04	Marcus Vinicius Reis Só	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.pdf	09/10/2019 22:19:17	Marcus Vinicius Reis Só	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	09/10/2019 22:16:16	Marcus Vinicius Reis Só	Aceito
Folha de Rosto	folhaderosto.pdf	09/10/2019 22:12:50	Marcus Vinicius Reis Só	Aceito

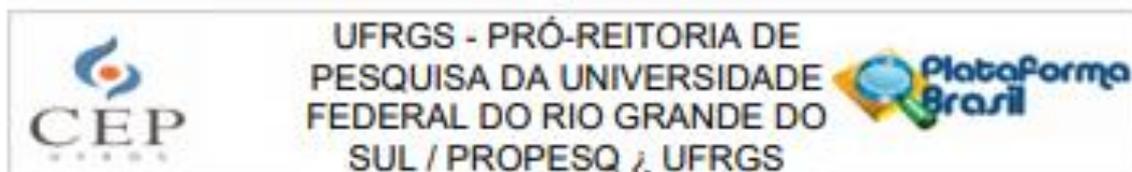
Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 321 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
 Bairro: Fátima CEP: 90.040-060
 UF: RS Município: PORTO ALEGRE
 Telefone: (51)3308-3738 Fax: (51)3308-4085 E-mail: etica@propesq.ufrgs.br



Continuação do Processo: 3.717.007

PORTO ALEGRE, 21 de Novembro de 2019

Assinado por:
MARIA DA GRAÇA CORSO DA MOTTA
(Coordenador(a))