



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA

Ricardo Honda

O uso do MTA em perfurações dentárias: revisão de literatura

Piracicaba
2016

Ricardo Honda

O uso do MTA em perfurações dentárias: revisão de literatura

Monografia apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de especialista em endodontia.

Orientador: Prof. Dr. Jose Flávio Affonso de Almeida

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA MONOGRAFIA APRESENTADA PELO ALUNO RICARDO HONDA E ORIENTADA PELO PROF. DR. JOSÉ FLÁVIO AFFONSO DE ALMEIDA

Piracicaba

2016

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba
Marilene Girello - CRB 8/6159

H755u Honda, Ricardo, 1990-
O uso do MTA em perfurações dentárias : revisão de literatura / Ricardo Honda. – Piracicaba, SP : [s.n.], 2016.

Orientador: José Flávio Affonso de Almeida.
Trabalho de Conclusão de Curso (especialização) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Endodontia. I. Almeida, José Flávio Affonso de, 1979-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

Informações adicionais, complementares

Palavras-chave em inglês:

Endodontics

Área de concentração: Endodontia

Titulação: Especialista

Banca examinadora:

José Flávio Affonso de Almeida

Fernanda Graziela Corrêa Signoretti

Alexandre Augusto Zaia

Data de entrega do trabalho definitivo: 01-02-2016

Dedicatória

Este trabalho é dedicado ao meu pai Sérgio, minha mãe Solimar, ao meu irmão Fernando e a minha namorada Mariane, que estiveram presentes ao meu lado durante toda essa caminhada, me apoiando e incentivando em todos os momentos e tornando possível a conclusão de mais uma importante etapa da minha vida.

Agradecimentos

Eu agradeço primeiramente aos meus pais, Sergio e Solimar, pelo apoio e o amor incondicional que sempre demonstraram por mim.

Ao meu irmão Fernando, pelo imenso companheirismo.

A minha amiga e companheira Mariane, por estar sempre presente em minha vida e me incentivando mesmo estando distante.

Aos meus amigos do curso, que tornaram a convivência ao longo desses dois anos muito mais agradável e com certeza inesquecível.

A todos os professores, pela disposição e por compartilharem os seus conhecimentos, permitindo o meu crescimento pessoal e profissional.

Agradeço em especial ao professor José Flávio Affonso de Almeida, pelos ensinamentos transmitidos e a oportunidade de orientação deste trabalho.

Enfim, a todo do departamento de Endodontia da FOP- Unicamp.

Obrigado!

Resumo

As perfurações dentárias são complicações indesejáveis que na maior parte dos casos resultam em um prognóstico desfavorável, pois permitem a entrada de microorganismos e/ou seus produtos aos tecidos que envolvem o dente. Em algumas situações, devido ao seu difícil diagnóstico, acesso limitado, ao tempo decorrido após a sua realização ou ao seu tamanho, resultará em um desafio para o profissional conseguir realizar um selamento adequado da área, sendo fundamental o conhecimento sobre o material que será empregado. O contato direto dos tecidos e fluidos perirradiculares com o material selador exige que este possua algumas características, como ser biocompatível, não ser citotóxico, ser insolúvel e possuir uma boa estabilidade dimensional. Na literatura, é possível encontrar uma série de estudos procurando, testando ou incorporando substâncias em diversos materiais com essa finalidade. Assim, com a introdução do uso do MTA, houve uma padronização na escolha do material a ser utilizado nas perfurações dentárias, devido a sua consolidação suportada por evidências científicas e apresentadas em diversos estudos realizados até a atualidade. Assim, este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão de literatura buscando os artigos dos últimos cinco anos com o intuito de detalhar as propriedades físicas, químicas e biológicas do MTA quando ele é empregado durante o selamento de perfurações dentárias.

Palavras-chave: MTA, trióxido mineral agregado, perfuração dentária, endodontia.

Abstract

The dental perforations are undesirable complications that in most cases result in an unfavorable prognosis because they allow the entrance of microorganisms and / or their products to tissues surrounding the tooth. In some situations, due to its difficult diagnosis, limited access, the time elapsed after its manufacture or its size, will result in a challenge to the professional able to perform a proper sealing of the area, and fundamental knowledge about the material that will be used. Direct contact of the periradicular tissues and fluids with sealants requires that it has some characteristics such as being biocompatible, not cytotoxic, be insoluble and has good dimensional stability. In the literature, one can find a number of studies looking for, testing or incorporating substances in various materials for this purpose. So, with the introduction of the MTA's use, there was a standardization in the choice of material to be used in dental drilling, due to its consolidation supported by scientific evidence and presented in several studies to the present. This work aimed to carry out a literature review seeking the articles of the last five years in order to detail the physical, chemical and biological MTA when it is employed for the sealing of dental drilling.

Key words: MTA, mineral trioxide aggregate, dental perforation, endodontics.

Sumário

1. Introdução	09
2. Preposição	11
3. Revisão de literatura	12
3.1. Biocompatibilidade	12
3.2. Capacidade seladora	13
3.3. Resistência ao deslocamento	15
3.4. Propriedades físicas e químicas do MTA	16
3.5. Revisão de literatura	17
3.6. Índice de sucesso do emprego do MTA	18
3.7. Casos clínicos	19
4. Discussão	22
5. Conclusão	28
6. Referências	29

1 INTRODUÇÃO

Entre as diversas situações indesejáveis que o cirurgião dentista pode estar exposto, encontram-se as perfurações dentárias. Elas podem ser de origem patológica, decorrentes de cáries ou reabsorções radiculares, ou ser causadas pelo profissional, gerando uma via de comunicação entre o dente e o periodonto (AAE), capaz de permitir a entrada de microrganismos da cavidade bucal ao sistema de canais radiculares e/ ou nos tecidos periodontais, ocasionando uma resposta inflamatória com potencial de promover reabsorções nos tecidos de suporte do dente (Tsesis e Fuss, 2006).

Desta forma, algumas medidas preventivas devem ser tomadas para minimizar as possíveis falhas que podem ocorrer durante o tratamento endodôntico, como a realização de uma minuciosa observação da anatomia interna do dente e das estruturas anatômicas adjacentes, a realização de um exame clínico detalhado, a utilização de exames complementares, como as radiografias periapicais e tomografia computadorizada de feixe cônico, dispor de novas tecnologias, dentre elas as limas flexíveis de níquel titânio e o microscópio operatório, e ter o domínio da técnica para realizar o tratamento da melhor maneira possível (Tsesis e Fuss, 2006). Todavia, mesmo recorrendo a todos esses recursos, o profissional está sujeito a se deparar com este tipo de situação. Isso acabou proporcionando intensos estudos na Endodontia, pois o seu potencial patológico pode comprometer o tratamento endodôntico, bem como a manutenção do dente na cavidade bucal (Alhadainy, 1994).

Assim, diversos materiais com diferentes propriedades físicas, químicas e biológicas foram estudados com o intuito de selar as perfurações de origem endodôntica, dentre eles o amálgama, IRM, Super EBA, guta percha, cimento de óxido de zinco e eugenol, MTA, entre outros, sempre com o intuito de realizar um bom vedamento, possuir estabilidade dimensional e ser biocompatível (Kakani et al., 2015).

Essa procura por um material mais próximo das características ideais fez com que no ano de 1993 o MTA fosse introduzido e, a partir desse momento, diversas pesquisas foram realizadas (Lee et al, 1993). Com resultados promissores, como apresentar uma boa estabilidade dimensional, não ser tóxico, não ser carcinogênico,

ser biocompatível, ser insolúvel aos fluidos teciduais e ter a capacidade de estimular a cementogênese, fez com que ele passasse a ser o material de escolha para o selamento de perfurações endodônticas e indicado para uma série de outros tratamentos odontológicos (Torabinejad et al., 1995 (a); Torabinejad e Chivian, 1999). A sua composição é semelhante ao cimento de Portland, e contém diversos óxidos responsáveis pelas suas características físicas e químicas. Apresenta em grande maioria, partículas hidrofílicas e, entre os seus principais constituintes estão o silicato tricálcico, óxido de tricálcio e o óxido de silicato (Torabinejad et al., 1995 (a); Song et al., 2006). Ele pode ser encontrado basicamente em duas apresentações. A primeira é de cor branca, que é a mais utilizada. Na sua composição, destacamos a presença de tricálcio fosfato e óxido de bismuto. Na apresentação de cor cinza, destacamos o dicálcio e o tricálcio fosfato, além do óxido de bismuto. Vale ressaltar que o MTA de coloração cinza apresenta grande potencial de descoloração (Kratchman, 2004; Torabinejad e Chivian, 1999). Em relação ao seu armazenamento, ele deve ser colocado em embalagens fechadas e livre de umidade, e a sua manipulação deve ser no momento da utilização, com água destilada na proporção 3:1 sobre uma superfície de vidro ou papel, com espátulas de metal ou plásticas, até ficar na consistência de gel (Torabinejad e Chivian, 1999).

2 PROPOSIÇÃO

Este trabalho teve como objetivo analisar os resultados dos estudos realizados nos últimos 5 anos para avaliar o comportamento do MTA no selamento de perfurações dentárias.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Biocompatibilidade:

No ano de 2011, Bidar et al. realizaram a análise da secreção de osteoblastos ao redor de 3 materiais seladores (MTA branco, MTA cinza e o IRM). Primeiramente eles foram colocados em placas e em seguida introduziram Osteoblastos humanos. Após 1, 3 e 7 dias conferiram a quantidade de Interleucina 1-Beta através do ELISA e observaram a proliferação e morfologia dos Osteoblastos com o auxílio de microscópio. Perceberam uma quantidade de secreção significativa de Interleucina 1- Beta e a presença de osteoblastos semelhantes aos normais nos dois grupos do MTA, sem diferença significativa entre eles.

No mesmo ano, Chang et al. (2011) analisaram a quantidade de metais pesados (Arsênio, Cromo, Cromo hexavalente e chumbo) presentes no MTA. A quantidade encontrada desses metais estava em níveis aceitáveis, dentro dos limites de segurança, o que é de extrema importância, visto que a quantidade de metais pesados pode influenciar em sua biocompatibilidade e determinar se o material é nocivo ou não a saúde.

Em um estudo de 2012, Estrela et al. compararam a quantidade de óxido de cálcio na composição química dos seguintes materiais seladores: MTA cinza, MTA branco, MTA cinza + 5% de óxido de cálcio, MTA cinza + 10% de óxido de cálcio e óxido de cálcio isoladamente, como padrão. Para realizar a análise, fizeram o uso da espectrometria de dispersão de raios- X. Entre os resultados obtidos, o cimento de Portland apresentou valores superiores a todos os outros materiais comparados, sendo que a quantidade de óxido de cálcio presente é importante porque está diretamente relacionada com a formação de hidróxido de cálcio, que estimula a formação de tecido duro (Estrela et al., 1995; Estrela e Holland, 2009).

Neste mesmo ano (2012), Silva Neto et al. após confeccionarem perfurações na região de furca em dentes de cães, realizaram o selamento delas com MTA, cimentos de Portland dos tipos II, V e branco, com total atenção durante a colocação para evitar a extrusão acidental deles ao periodonto. Notaram a presença

de neoformação óssea similar com todos os materiais, atribuindo a biocompatibilidade a eles.

Novamente em 2012, Zairi et al. fizeram um estudo para comparar a resposta tecidual inflamatória do MTA com o IRM e outros 4 diferentes fatores de crescimento, quando empregados para realizar o selamento de perfurações. Para a análise histológica, as lâminas foram preparadas com hematoxilina e fucsina de Mayer, a técnica modificada de Brown- Brenn ou coradas com Mallori Trichrome. Nas amostras de MTA, a quantidade de tecido duro similar a dentina foi superior a todos os outros materiais comparados.

Em um estudo de Lara et al. (2015), após realizarem perfurações na região de furca de molares de camundongos, selarem com MTA e sacrificaram os animais (nos períodos de 7, 14 e 21 dias) avaliaram a quantidade de citocinas induzidas por este material, utilizando o PCR. Eles perceberam um favorecimento da expressão de citocinas pró- inflamatórias na fase intermediária da resposta imuno- inflamatória, com posterior redução na fase tardia.

3.2 Capacidade seladora:

Em 2011, Lodiene et al. fizeram um estudo para comparar o índice de infiltração bacteriana entre o MTA branco e o MTA cinza. Para isso, o *Enterococcus faecalis* foram utilizados como marcadores microbianos e os resultados foram avaliados por meio de microscopia de varredura. Entre os resultados, a presença de infiltração bacteriana esteve presente em todas as amostras. Entretanto, não houve diferença significativa entre o selamento do MTA branco e o MTA cinza.

Além disso, em 2012, Camargo et al. avaliaram a dureza e o selamento marginal de diferentes materiais aplicados em perfurações radiculares, que posteriormente foram submetidos ao preparo biomecânico. Constataram que durante o preparo do canal, a utilização de agentes químicos e mecânicos ou o uso de materiais para o recobrimento e proteção da superfície do MTA não influenciaram na sua capacidade de selamento.

Haghgoo et al. (2013) realizaram um estudo laboratorial, em que compararam a capacidade seladora de dois materiais empregados em perfurações na região de furca de molares decíduos que posteriormente foram submersos a solução de fucsina. O ProRoot MTA apresentou uma capacidade de vedação significativamente maior que o Root MTA.

Também em 2013, Sahebi et al. compararam a capacidade de selamento do MTA e do CEM, para isso utilizaram água e o método de filtração de fluidos. O CEM apresentou uma capacidade de selamento significativamente maior que a do MTA.

No trabalho de Balachandran e Gurucharan (2013) estudaram a capacidade de selamento do cimento ósseo bioativo, do MTA e do Super EBA em perfurações de furca, por meio da infiltração do corante azul de metileno. Observaram valores semelhantes entre o cimento ósseo bioativo e o MTA, sendo que o Super EBA apresentou a capacidade de selamento significativamente menor que o deles.

No ano de 2014, Haghgoo et al. estudaram a capacidade de selamento do MTA e de um novo cimento endodôntico (NEC) frente ao *Enterococcus faecalis*. Os resultados mostraram que havia contaminação em 44% das amostras que foram seladas com MTA, após um período de 30 dias. Não foi observada diferença significativa na capacidade de selamento entre dois materiais.

Em um estudo para comparar o selamento proporcionado pelo MTA cinza e o MTA branco em áreas de furca, aplicaram o corante azul de Metileno sobre as amostras e fizeram a sua remoção com ácido nítrico. Perceberam que não há diferença na capacidade de selamento entre o MTA branco e o MTA cinza (Patel et al., 2014).

Em 2014, Moghadam et al. notaram que não há diferença significativa na infiltração bacteriana quando utilizaram o MTA, cimento enriquecido com cálcio (CEM) e cimento ósseo (BC) durante o reparo de perfurações em furca de molares. As amostras apresentaram uma contaminação total de 94%, 81% e 94%, respectivamente, após serem deixadas durante 30 dias em uma suspensão contendo *Enterococcus faecalis*.

Sinkar et al. (2015) utilizaram o ProRoot MTA, o Retro MTA e o Biodentine para realizar o selamento de perfurações presentes na região de furca de molares. Depois de deixarem expostos ao corante azul de metileno, fizeram a sua extração para quantificarem o quanto foi absorvido pelas amostras, com o auxílio de um espectrofotômetro. Apesar de encontrarem um selamento similar entre todos, o Biodentine apresentou a menor capacidade de absorção.

3.3 Resistência ao deslocamento:

Hashem e Wanees (2012) compararam a resistência ao deslocamento do MTA e do Bioaggregate durante o selamento de perfurações na região de furca. Ambos os cimentos foram expostos a ambientes com diferentes valores de pH e a vários períodos de tempo. Concluíram que o MTA tem uma diminuição da resistência quando submetido ao ambiente ácido. Entretanto, isso é revertido depois da sua exposição a um pH neutro. Mesmo assim, ele obteve valores superiores ao Bioaggregate na maioria das situações que foram expostos. Vale ressaltar que é importante ter cautela quando houver a necessidade de realizar o reparo de áreas inflamadas ou quando precisar aplicar substâncias químicas ácidas sobre o material selador.

Guneser et al. (2013) analisaram a resistência de união de alguns materiais utilizados para o selamento de perfurações (Biodentine, Pro Root MTA, Amálgama, Dyract AP e IRM) após serem deixados submersos durante um período de 30 minutos em diferentes soluções irrigadoras (Hipoclorito de sódio a 3,5%, Gluconato de clorexidina a 2% e solução salina). Notaram uma considerável diminuição da força de união do ProRoot MTA quando ele foi exposto ao Gluconato de Clorexidina a 2%. Além disso, os valores apresentados referentes ao MTA foram significativamente menores que os outros materiais estudados.

Em um estudo com o objetivo de comparar a capacidade de retenção entre o MTA e o CEM, realizaram o selamento de perfurações em dentes extraídos e deixaram expostos a contaminação sanguínea e a solução salina. Em seguida, aplicaram os testes de retenção após aguardarem um período de 24 horas, 72 horas

e 7 dias. Observaram que a resistência ao deslocamento dos dois materiais foi semelhante, independentemente da solução a que foram expostos. De acordo com os autores, é necessário ter cautela em situações que necessitam a confecção de restaurações em um intervalo de tempo de até 72 horas após o selamento, prevendo minimizar a possibilidade de deslocamento do material selador (Rahimi et al., 2013).

Além disso, Aggarwal et al. (2013) realizaram um estudo *in vitro* cujo objetivo era comparar a resistência ao deslocamento de 3 materiais seladores em perfurações na região de furca, quando houver contaminação sanguínea. Para a realização dos testes, foram aguardados 24 horas ou 7 dias após o selamento. Os resultados mostraram que em 7 dias, houve um aumento da resistência independentemente do material utilizado ou da presença de contaminação sanguínea, destacando a importância que se deve tomar quando houver a necessidade de realizar restaurações imediatamente após o selamento. Além disso, em 24 horas, o Biodentine apresentou valores significativamente maiores que o MTA. O MTA Plus sofreu diminuição da sua resistência em todos os períodos de tempo, quando exposto ao sague.

Nagas et al. (2014) avaliaram a resistência ao deslocamento do MTA em perfurações encontradas em diferentes localidades de raízes de 80 caninos, situadas nos terços coronário, médio e apical. Os testes foram feitos depois de decorrerem 7 dias do selamento. Utilizaram diferentes protocolos de irrigação com Hipoclorito de sódio a 5,25%, EDTA, ácido paracético ou a associação deles. Não encontraram diferenças nos valores da resistência ao deslocamento do MTA com qualquer solução utilizada ou localidade que a perfuração se encontrava.

3.4 Propriedades físicas e químicas do MTA:

Dorilleo et al. (2014) avaliaram as características físicas e químicas de alguns materiais seladores. A avaliação do pH ocorreu por meio da imersão em água destilada por períodos de tempo pré-definidos. A condutividade elétrica foi analisada com o auxílio de um medidor de condutividade. Seguindo as normas de especificação de número 57 da ANSI/ ADA, avaliaram a solubilidade, alteração dimensional e

radiopacidade dos materiais. Todos eles apresentaram valores de pH e condutividade elétrica similares. Os cimentos a base de MTA (ProRoot MTA e MTA Bio) responderam de forma positiva a todos os testes, comprovando as suas características.

3.5 Revisões de literatura:

Dawood et al. (2015) realizaram uma revisão de literatura afim de mostrar outros cimentos a base de silicato de cálcio, assim como as suas propriedades e indicações. Apesar da semelhança na composição, eles apresentam características físicas que os diferem, como o tempo de endurecimento. Dessa forma, apesar do MTA ter algumas deficiências, ele já possui uma gama de estudos sobre as suas características e comportamento, sendo que os outros cimentos a base de silicato de cálcio são promissores alternativas ao MTA, entretanto necessitam de maiores estudos.

Somando-se a isso, Kakani et al. (2015) listaram as características ideais de um material selador e descreveu brevemente sobre todos os materiais já utilizados para essa finalidade até o momento. Enfatizaram a importância do conhecimento dos fatores que irão influenciar no prognóstico de uma perfuração, incluindo o conhecimento sobre os materiais seladores.

Em uma revisão sistemática para avaliar os fatores que influenciam na reparação das perfurações radiculares, constataram que 72,5% dos casos selados foram reparados sem a realização de procedimentos cirúrgicos. Outro dado obtido foi que houve um aumento dessa taxa para 80,9% quando o MTA foi empregado (não houve diferença estatística). Além disso, a presença de lesões perirradiculares adjacentes a perfurações e a localização do elemento dental (maior índice de sucesso em dentes superiores) influenciaram no prognóstico (Siew et al., 2015).

Tawil et al. (2015), comentando exclusivamente sobre o MTA e discorre um pouco sobre a sua história, composição e as mais variadas indicações clínicas na endodontia.

3.6 Índice de sucesso no emprego do MTA:

Krupp et al. (2013) fizeram um estudo com o objetivo de avaliar a taxa de reparo de perfurações seladas com MTA. Dos 90 dentes avaliados, conseguiram uma taxa de 73,3% de reparo. Esses dentes foram acompanhados em um intervalo de tempo entre 1 e 10 anos após a conclusão do tratamento. Constataram maiores taxas de insucesso nos dentes que continham lesões adjacentes as perfurações previamente ou quando elas estavam expostas a cavidade oral.

Pontius et al. (2013) avaliaram o sucesso do selamento com MTA na perfuração de 50 dentes, em um intervalo de tempo entre 6 e 116 meses após a conclusão do tratamento. Foi obtida uma taxa de sucesso de 90%. Além disso, perceberam um pior prognóstico em perfurações na altura ou próximo a crista óssea, em pacientes do sexo masculino ou quando estão presentes restaurações classificadas como “inaceitáveis” antes da intervenção.

Mente et al. (2014) avaliaram clinicamente e radiograficamente o índice de sucesso do selamento de perfurações em 64 dentes, dentro de um período de 12 a 107 meses após o término do tratamento. Foi alcançado um índice de sucesso de 86%, sendo que 48% dos dentes foram avaliados em um período entre 1 e 2 anos, seguido de 22% no intervalo de tempo entre 2 e 4 anos e 30% deles entre 4 anos e 107 meses. Os resultados comprovam a capacidade seladora do MTA a longo prazo.

Gorni et al. (2015) ao avaliarem 110 pacientes com perfurações radiculares, perceberam que em 101 deles houve o início do processo de reparo entre 1 a 2 anos (reparo primário). Nos 9 casos restantes não observaram nenhum sinal de cura. Entre os fatores que influenciaram os resultados negativos estão a idade avançada do paciente (acima de 50 anos houve uma taxa menor de cura), a localização da perfuração (os piores índices foram encontrados em perfurações de terço médio, coronária e apical, respectivamente), e o tamanho da localização (as que possuem um tamanho maior que 3 mm). Após o reparo primário, o sexo, a profundidade de sondagem, o tamanho e a localização da perfuração poderão influenciar no insucesso do selamento.

3.7 Casos clínicos:

Comin e Cavalleri (2011) publicaram um caso clínico em que durante a colocação do MTA em uma perfuração, ocorreu a extrusão do material para dentro da lesão. Durante o acompanhamento clínico e radiográfico, observaram o reparo da área que correspondia a lesão. Atribuíram isso a biocompatibilidade que o MTA possui nos tecidos periapicais (Masuda et al., 2005). Ree e Schwartz (2012) relataram o sucesso clínico alcançado no selamento das perfurações de 4 casos. Os acompanhamentos realizados foram de médio a longo prazo, dentro de um período de 4,5 a 13 anos. Em todos os casos os dentes foram mantidos na cavidade bucal.

Somando-se a isso, Bains et al. (2012) utilizaram uma associação de técnicas para a resolução de uma perfuração na região de furca de um molar inferior, presente há, pelo menos, 4 meses. O MTA foi aplicado sobre a perfuração e, associado a ele, foi utilizado plasma rico em fibrina (PRF) para estimular a regeneração dos tecidos periodontais. Após um controle de 18 meses, notou-se regressão da área radiolúcida, visualizada por meio de exame radiográfico, e a diminuição da profundidade de sondagem.

Ashouri et al. (2012) optaram pela remoção do fragmento apical da raiz, obturação do canal com MTA e utilização de enxerto ósseo para a resolução de um caso que havia reabsorção radicular interna associada com uma comunicação periodontal. Após 14 meses, não havia sintomatologia, mobilidade dentária ou aspectos radiográficos sugestivos de insucesso.

Da Silva et al. (2012) solucionaram um caso clínico onde foi necessário realizar o selamento da perfuração com MTA e, logo em seguida, optaram pelo recobrimento imediato com resina composta, para evitar um possível deslocamento do material. Para favorecer o endurecimento dele, aproveitaram a umidade originada do sangramento da perfuração para manter o material hidratado.

Abuabara et al. (2013) relataram o sucesso do selamento de uma perfuração em um incisivo central superior. Durante a investigação, notaram que a perfuração radicular era de origem iatrogênica e havia a presença de reabsorção radicular interna. Realizaram a obturação com guta percha na porção mais apical da

raiz e o preenchimento com MTA no local relativo a reabsorção radicular. Não foi constatado nenhum sinal ou sintoma após a realização do acompanhamento de 30 meses.

Nagpal et al. (2013) executaram o selamento de uma perfuração em um incisivo central superior em um paciente de 13 anos. Para isso, tiveram que colocar o MTA através da via cirúrgica, devido à dificuldade de acessá-la via canal. Após três meses de controle, não houve a presença de sinais ou sintomas nos exames clínico e radiográfico.

Em um dente selado com MTA previamente, havia um extenso defeito ósseo. Azim et al. (2014) substituíram o selamento anterior por um novo e, com o auxílio de manobras periodontais, utilizando enxertos ósseos e membranas reabsorvíveis, promoveram a regeneração tecidual guiada, reduzindo consideravelmente a profundidade de sondagem da área, que inicialmente era de 10 mm, passando a ser de 4 a 5 mm após 19 meses.

Carnio e Neiva (2014) optaram pelo emprego do MTA como material selador em três casos de perfurações de origem iatrogênica que haviam comprometimento estético (estavam presentes recessões gengivais). As perfurações foram seladas e as raízes previamente expostas foram recobertas com enxertos de tecido conjuntivo. Após o acompanhamento dos casos durante dois meses, seis meses e um ano, constataram que houve recuperação da estética e da saúde periodontal. Além disso, foi perceptível a formação de epitélio juncional longo sobre a raiz e o material selador, similar ao que ocorre em situações com superfícies de raízes intactas (Palcanis, 1996; Carnio et al., 2002).

Perlea et al. (2014) relataram o selamento de uma perfuração com MTA no terço médio da raiz mesial de um molar inferior, resultante de uma reabsorção interna. Após um ano realizaram a avaliação clínica, radiográfica e análise com tomografia computadorizada de feixe cônico. O dente encontrava-se assintomático e com integridade óssea na raiz mesial.

Kerner e Bronnec (2015) associaram dois tipos de tratamento para reparar uma perfuração em um incisivo central superior. A perfuração foi selada com MTA e, em um segundo momento, efetuaram um enxerto de tecido conjuntivo devido a persistência de uma cicatriz na gengiva, no local que era encontrado uma fístula. Após

dois anos, o dente era completamente assintomático e o paciente encontrava-se totalmente satisfeito com a aparência do local.

Bendyk-Szeffer et al. (2015) diagnosticaram uma reabsorção radicular interna que resultou em uma perfuração na raiz palatina de um molar superior. Constataram que o paciente apresentava sinusite. Após a realização do tratamento endodôntico, foi feito o selamento do espaço e da perfuração referente a reabsorção interna. Não encontraram sinais ou sintomas clínicos no dente ou da sinusite, sendo a última de origem odontogênica (Maillet et al., 2011; Nair e Nair, 2010).

4 DISCUSSÃO

O principal motivo pelo qual o MTA vem sendo utilizado para o selamento de perfurações dentárias se deve a sua biocompatibilidade e pela de induzir a formação de tecidos duros. Isso foi evidenciado em diversos estudos (Bidar et al., 2011; Chang et al., 2011; Estrela et al., 2012; Silva Neto et al., 2012; Zairi et al., 2012; Lara et al., 2015). As propriedades biocompatíveis dele resultam por não desencadear alterações na circulação em tecidos conjuntivos (Masuda et al., 2005) promover pouca reação inflamatória e estar associado com a cicatrização óssea (Torabinejad et al., 1998). De acordo com Lara et al. (2015) a boa compatibilidade do MTA pode estar relacionada ao fato de promover uma diminuição da produção de citocinas pró-inflamatórias, como TNF- α , IL-4, INF- γ , RANKL, após 21 dias do seu uso em perfurações (Colić et al., 2009; Takayanagi et al., 2005; Guven et al., 2007). Lembrando que elas estão intimamente ligadas à degradação de tecido ósseo (Masuda et al., 2005; Takayanagi et al., 2005; Hahn e Liewehr, 2007). Além disso, observaram que houve um aumento da citocina anti-inflamatória IL-10, que é correlacionada com a diminuição das citocinas pró-inflamatórias, o que sugere que a modulação da resposta imune conferida ao MTA é dependente da produção de IL-10 (Sasaki et al., 2000).

De acordo com Bidar et al. (2011) a secreção de IL-1 β pelos odontoblastos ao redor do MTA está relacionada com a prevenção de doenças no tecido pulpar, pois promove um aumento da proliferação e diferenciação de células progenitoras em odontoblastos (Ashraf e George, 2008). Além disso, estudos relatam que o MTA pode ser uma alternativa viável para o reparo de regiões de furca (Saghiri et al., 2008). Isso pode ser atribuído a sua capacidade de criar um ambiente propício para que ocorra o reparo (Sarkar et al., 2005), além de permitir a formação de tecido duro similar a dentina e influenciar no aumento da produção de osteopontina (Ford et al., 1995).

A formação de tecidos duros está relacionada com a presença de óxido de cálcio, um dos componentes do MTA, visto que o mesmo é convertido em hidróxido de cálcio quando reage com os fluídos teciduais (Holland et al., 2002), resultando em características como elevado pH, a formação de carbonato de cálcio e cristais de

hidroxiapatita, e conseqüentemente a formação de tecidos duros (Holland et al., 2001, Torabinejad et al., 1995 (a), Min et al., 2007, Reyes-Carmona et al., 2009).

Diversos estudos têm sido realizados para verificar as propriedades físicas e químicas do MTA, principalmente quanto a sua infiltração (Lodiene et al., 2011; Camargo et al., 2012; Haghgoo et al., 2013, Sahebi et al., 2013, Balachandran e Gurucharan, 2013; Haghgoo et al., 2014; Patel et al., 2014; Moghadam, 2014; Sinkar et al., 2015) a sua resistência ao deslocamento (Hashem e Wanees, 2012; Guneser et al., 2013; Rahimi et al., 2013; Aggarwal et al., 2013; Nagas et al., 2014) e a sua composição em relação aos componentes tóxicos presentes (Chang et al., 2011).

A infiltração de componentes bacterianos para o interior das perfurações se dá entre a interface do material selador e o dente. Além disso, existe a possibilidade de infiltração bacteriana através dos túbulos dentinários ou outros canais ao longo do dente (Vertucci, 2005; Haznedaroglu et al., 2003). A capacidade de selamento do MTA se deve a algumas características, como a ligeira expansão após o endurecimento, permitindo uma boa adaptação as paredes dentinárias e por ele ser hidrofílico, gerando um molhamento da dentina que facilita a entrada de suas moléculas aos túbulos dentinários (Asgary et al., 2008).

Dorileu et al. (2014) relataram que o MTA apresenta valores aceitáveis em relação a sua solubilidade. Esta característica é importante porque permite que o material fique exposto a diversos fluídos teciduais ou soluções químicas (Torabinejad et al., 1995 (a)). Além disso, a alteração dimensional do MTA ficou dentro dos parâmetros aceitáveis. Isso resultará na qualidade do selamento dele (Camilleri, 2007; Silva Neto et al., 2010). Os valores de pH e condutividade elétrica são favoráveis, visto que os elevados valores de pH podem induzir a formação de tecidos duros (Torabinejad et al., 1995 (a)). Já a condutividade elétrica está relacionada com a quantidade de íons que será liberada para o meio (Duarte et al., 2003). O MTA possui uma boa radiopacidade devido a presença de óxido de bismuto em sua composição (Torabinejad et al., 1995 (a)).

Em relação a presença de componentes tóxicos, Chang et al. (2011) concluíram que o MTA (ProRoot MTA) possui quantidades seguras de Arsênio, Cromo, Cromo hexavalente e chumbo. A quantidade encontrada de Arsênio foi de 1,16 ppm, abaixo do nível considerado seguro de 2 ppm determinado pela ISO 9917-

1. O Cromo apresentou uma quantidade de 5,88 ppm, estatisticamente menor que 87, 71 ppm, encontrado em um outro estudo (Schembri et al., 2010). Já o Cromo hexavalente e o chumbo não foram encontrados nas amostras de MTA. Assim, o MTA foi considerado um material seguro por apresentar quantidades adequadas de metais pesados. (Léonard e Lauwerys 1980; García-Lestón, 2010; Nickens et al., 2010).

Em relação ao deslocamento, alguns estudos mostraram que o MTA possui uma menor resistência ao deslocamento frente ao pH ácido (Hashem e Wanees, 2012). Eles observaram que a estrutura dos cristais formados após 4 dias e expostos ao ambiente ácido se apresentam em menor quantidade, menor tamanho e contendo um maior número de sinais de erosão, ou seja, são afetados pelos baixos valores de pH (Saghiri et al., 2008; Namazikhah et al., 2008; Shie et al., 2009). Todavia, após serem colocados em um ambiente com pH de 7,4 durante 30 dias, ocorreu uma reversão das ligações comprometidas pelo ambiente ácido, havendo um aumento da resistência ao deslocamento. Isso pode ser justificado pela deposição de apatita entre as fibras colágenas da dentina, formando tags que irão desencadear em uma união efetiva entre o cimento e a dentina (Reyes-Carmona et al., 2009; Sarkar et al., 2005). A hidratação prolongada do MTA é outro fator que aumenta consideravelmente os seus valores de retenção, visto que o seu tempo de endurecimento pode durar até sete dias (Gancedo e Garcia, 2006). Além disso, Gunesser et al. (2013) relataram que o gluconato de clorexidina a 2% afetou negativamente a união do MTA com a dentina, gerando sinais de erosão em sua superfície. Isto ocasionará em uma redução da dureza superficial do material, em uma diminuição da capacidade de vedamento e um maior tempo de endurecimento, resultando em uma menor resistência as forças de deslocamento (Hong et al., 2010; Nandini et al., 2010; Kogan et al., 2006; Holt et al., 2007). Quando o MTA é exposto a uma solução salina, ele sofre uma ação hidratante adicional, podendo aumentar a sua resistência ao deslocamento (Loxley et al., 2003). Neste mesmo trabalho, o hipoclorito de sódio não alterou a união do material a dentina, diferentemente de outros resultados obtidos na literatura (Hong et al., 2010; Loxley et al., 2003; Kogan et al., 2006). Além disso, assim como encontrado em outros estudos, foram encontradas falhas em todas as amostras na interface entre o MTA e a dentina, podendo ser justificada pelo tempo aguardado, de apenas dois dias após a colocação do material para a realização dos testes (Saghiri et al., 2010).

Buscando avaliar a interferência que o sangramento pode ter sobre a retenção de alguns materiais seladores na região de furca, Rahimi et al. (2013) testaram o MTA branco em diferentes períodos de tempo. Verificaram que a união do MTA é diretamente proporcional ao período de tempo, aumentando no decorrer das 24 horas, 72 horas e 7 dias. Além disso, a presença de sangramento causou um efeito deletério sobre a união do MTA, independentemente do tempo de exposição. Estes resultados são semelhantes a outros encontrados na literatura (Sluyk et al., 1998; Vanderweele et al., 2006). Uma justificativa é a interferência que as proteínas sanguíneas podem causar entre a ligação cimento/ dentina, pois elas podem obstruir os túbulos dentinários e assim impedir uma união efetiva do material (Rahimi et al., 2013). Esses resultados sugerem que a colocação de restaurações sobre o material selador deve ser cuidadosa, e quando optarem pelo amálgama, deverá ser aguardado 72 horas. Lembrando que eles tomaram como referência os valores de força de aplicação do amálgama de 9,17 MPa em cavidades pequenas e 5,5 MPa em cavidades médias (Hashem e Amin, 2012). Outro estudo semelhante foi realizado em 2013 por Aggarwal et al. onde foi verificado que o MTA livre de contaminação apresentou uma força de 5.2 ± 0.4 MPa após 24 horas e 9.0 ± 0.9 MPa após 7 dias. Quando houve a contaminação sanguínea, após as 24 horas a força era de $4,8 \pm 0,56$ MPa, e após 7 dias era de $9,2 \pm 0,72$ Mpa, ou seja, os resultados foram semelhantes nas duas situações. Além disso, esses valores ressaltam que é possível a realização de restaurações sem comprometer a resistência ao deslocamento, tomando como referência que os valores de força aplicada durante a condensação do amálgama é de $3,7 \pm 1,3$ Mpa (Lussi et al., 1995). Outros fatores que podem aumentar essa força de união é a presença de umidade, a exposição a solução de fosfato tamponada e o tempo decorrido desde a sua colocação (Reyes-Carmona et al., 2010 (a); Reyes-Carmona et al., 2010 (b); Sluyk et al., 1998).

O relato de diversos casos clínicos permitiu classificar o MTA como um bom material selador, mesmo em situações desfavoráveis. Isso foi possível devido ao sucesso clínico obtido durante os acompanhamentos realizados em diferentes períodos de tempo, inclusive a longo prazo.

A escolha pelo MTA como material selador ocorreu nas mais variadas circunstâncias, como em situações passíveis dele ser colocado de maneira não cirúrgica (Comin e Cavalleri. 2011; da Silva et al., 2012; Ree et al., 2012) ou cirúrgica

(Nagpal et al., 2013) durante o selamento de perfurações decorrentes de reabsorções radiculares internas (Ashouri et al., 2012; Abuabara et al., 2013; Perlea et al., 2014; Bendyk-Szeffer et al., 2015) e em situações que foram necessárias a associação de diferentes áreas da odontologia, principalmente a periodontia (Bains et al., 2012; Azim et al., 2014; Carnio e Neiva, 2014; Kerner e Bronnec, 2015).

Para analisar de maneira efetiva a porcentagem de sucesso, realizaram um estudo retrospectivo para avaliar 90 perfurações seladas em um consultório exclusivamente de Endodontia, após realizarem um acompanhamento no período de 1 a 10. Notaram uma taxa de cura de 73,3% dos casos (Krupp et al., 2013). Este número é inferior ao encontrado em um trabalho similar, que foi de 86% (Mente et al., 2010). Durante a investigação, listaram os fatores que influenciaram negativamente na taxa de cura, entre eles o aumento do tempo decorrido entre a perfuração e o selamento, visto que isso poderá estar associado com a presença ou não de lesão (Fuss e Trope, 1996; Holland et al., 2007), a presença de lesão associada a perfuração (Ford et al., 1995; Holland et al., 2007), uma vez que nesse trabalho houve uma diferença de 57,8% de sucesso nos dentes com lesão e 88,9% de sucesso nos dentes sem lesão. Por último, a presença de uma comunicação entre a cavidade oral e a perfuração, permitindo a entrada constante de microrganismos (Fuss e Trope, 1996).

Pontius et al. (2013) encontraram uma taxa de sucesso de 90% no selamento de 50 perfurações, em um intervalo de tempo entre 6 e 116 meses após término do tratamento. Essa taxa foi semelhante a encontrada na literatura, de 86% (Mente et al., 2010). Entre os fatores diretamente ligados ao sucesso ou insucesso dos casos presentes nesse estudo, estão as perfurações localizadas próximas a crista óssea, que alcançaram os menores índices de sucesso (Ng et al., 2011 (b)). O sexo dos pacientes, sendo que os pacientes de sexo feminino alcançaram os maiores valores de sucesso. Este resultado foi diferente dos encontrados em outros trabalhos, que não constataram diferença entre os sexos (Mente et al., 2010, Ng et al., 2011 (a), (b)). Por último, o estado da restauração antes do tratamento, que podem influenciar na contaminação bacteriana local (Ng et al., 2011 (b)).

Assim, é possível notar que a escolha pelo MTA para a resolução dos casos descritos acima se deve a sua capacidade de estimular o reparo de estruturas do periodonto (Torabinejad et al., 1995 (a); Holland et al., 2001), promover um selamento eficaz (Torabinejad et al., 1994; Pitt Ford, 1996), ser biocompatível (Torabinejad et al.,

1995 (b); Pitt Ford et al., 1996) e não ser citotóxico (Pitt Ford et al., 1996, Torabinejad et al., 1997).

Outros trabalhos foram realizados para abordar de maneira mais ampla sobre os materiais no selamento de perfurações dentárias, como a revisão de literatura de Dawood et al. (2015) que comenta de maneira breve sobre a composição, propriedades e indicações clínicas de diferentes materiais seladores a base de silicato de cálcio. Apesar de suas semelhanças, como durante a sua solidificação (Camilleri, 2007, 2008), componentes básicos e propriedades biológicas, existem diferenças consideráveis em relação ao tempo de endurecimento e propriedades físicas. Os autores destacam o Biodentine como uma possível alternativa ao MTA no futuro. De maneira semelhante, Kakani et al. (2015) lista e comenta de maneira sucinta sobre todos os materiais utilizados no reparo de perfurações. Por último, em uma revisão sistemática de casos clínicos que possuíam perfurações radiculares e foram selados de maneira não cirúrgica, Siew et al. (2015) chegou a uma taxa de 72,5% de sucesso no vedamento quando foi utilizado qualquer material, e 80,9% quando foi utilizado o MTA. Observaram uma taxa de sucesso de 90% quando o selamento ocorria no primeiro tratamento de canal e variava entre 50% a 90% quando o selamento era realizado em casos de retratamento endodôntico. Assim, entre as principais vantagens do MTA em relação aos outros materiais seladores estão: permitir a deposição de cimento pelos odontoblastos em sua superfície (Holland et al., 2007; Wang, 2015), diferentemente de outros materiais, onde há formação de tecido fibroso e a presença de infiltrado inflamatório crônico (Bernabé et al., 2005). Outra importante característica é permitir trabalhar em locais úmidos (Lee et al., 1993).

5 CONCLUSÃO

Diante dos resultados apresentados, concluímos que o MTA pode ser considerado um bom material para o selamento de perfurações dentárias devido as suas propriedades físicas, químicas e biológicas.

6 REFERÊNCIAS

1 Abuabara A, Costa RG, Morais EC, Furuse AY, Gonzaga CC, Filho FB. Prosthetic rehabilitation and management of an MTA-treated maxillary central incisor with root perforation and severe internal resorption. *J Prosthodont*. 2013 Jul;22(5):413-8. doi: 10.1111/jopr.12018.

2 Aggarwal V, Singla M, Miglani S, Kohli S. Comparative evaluation of push-out bond strength of ProRoot MTA, Biodentine, and MTA Plus in furcation perforation repair. *J Conserv Dent*. 2013 Sep;16(5):462-5. doi: 10.4103/0972-0707.117504. Erratum in: *J Conserv Dent*. 2014 Jan;17(1):95.

3 Alhadainy HA. Root perforations. A review of literature. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1994 Sep;78(3):368-74.

4 American association of endodontists, 2012.

5 Asgary S, Shahabi S, Jafarzadeh T, Amini S, Kheirieh S. The properties of a new endodontic material. *J Endod*. 2008 Aug;34(8):990-3. doi: 10.1016/j.joen.2008.05.006.

6 Ashraf FF, George TJH. Inflammation and immunological responses. In: Ingle, Bakland, Baumgartner, editors. *Endodontics*. 6th Edition. 2008. pp. 366-7.

7 Ashouri R, Rekabi AR, Parirokh M. Surgical intervention for treating an extensive internal resorption with unfavorable crown-to-root ratio. *J Conserv Dent*. 2012 Oct;15(4):388-91. doi: 10.4103/0972-0707.101922.

8 Azim AA, Lloyd A, Huang GT. Management of longstanding furcation perforation using a novel approach. *J Endod*. 2014 Aug;40(8):1255-9. doi:

10.1016/j.joen.2013.12.013.

9 Bains R, Bains VK, Loomba K, Verma K, Nasir A. Management of pulpal floor perforation and grade II Furcation involvement using mineral trioxide aggregate and platelet rich fibrin: A clinical report. *Contemp Clin Dent*. 2012 Sep;3(Suppl 2): S223-7. doi: 10.4103/0976-237X.101100.

10 Balachandran J, Gurucharan. Comparison of sealing ability of bioactive bone cement, mineral trioxide aggregate and Super EBA as furcation repair materials: A dye extraction study. *J Conserv Dent*. 2013 May;16(3):247-51. doi: 10.4103/0972-0707.111326.

11 Bendyk-Szeffer M, Łagocka R, Trusewicz M, Lipski M, Buczkowska-Radlińska J. Perforating internal root resorption repaired with mineral trioxide aggregate caused complete resolution of odontogenic sinus mucositis: a case report. *J Endod*. 2015 Feb;41(2):274-8. doi: 10.1016/j.joen.2014.10.007.

12 Bernabé PF, Holland R, Morandi R, de Souza V, Nery MJ, Otoboni Filho JA, et al. Comparative study of MTA and other materials in retrofilling of pulpless dogs' teeth. *Braz Dent J*. 2005;16(2):149-55.

13 Bidar M, Zarrabi MH, Tavakol Afshari J, Aghasizadeh N, Naghavi N, Forghanirad M, Attaran N. Osteoblastic cytokine response to gray and white mineral trioxide aggregate. *Iran Endod J*. 2011 Summer;6(3):111-5.

14 Camargo CH, Fonseca MB, Carvalho AS, Camargo SE, Cardoso FG, Valera MC. Microhardness and sealing ability of materials used for root canal perforations. *Gen Dent*. 2012 Nov-Dec;60(6): e393-7.

15 Camilleri J. Hydration mechanisms of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J*. 2007 Jun;40(6):462-70.

16 Camilleri J. The chemical composition of mineral trioxide aggregate. *J Conserv Dent.* 2008 Oct;11(4):141-3. doi: 10.4103/0972-0707.48834.

17 Carnio J, Camargo PM, Kenney EB, Schenk RK. Histological evaluation of 4 cases of root coverage following a connective tissue graft combined with an enamel matrix derivative preparation. *J Periodontol.* 2002 Dec;73(12):1534-43.

18 Carnio J, Neiva RF. Mineral trioxide aggregate and subepithelial connective tissue graft for treatment of iatrogenic gingival recession: long-term results. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2014 Jan-Feb;34(1):71-7. doi: 10.11607/prd.1674.

19 Chang SW, Baek SH, Yang HC, Seo DG, Hong ST, Han SHe t al. Heavy metal analysis of ortho MTA and ProRoot MTA. *J Endod.* 2011 Dec;37(12):1673-6. doi: 10.1016/j.joen.2011.08.020.

20 Colić M, Gazivoda D, Vucević D, Vasilijić S, Rudolf R, Lukić A. Proinflammatory and immunoregulatory mechanisms in periapical lesions. *Mol Immunol.* 2009 Nov;47(1):101-13. doi: 10.1016/j.molimm.2009.01.011.

21 Comin Chiaramonti L, Cavalleri G. Effect of unintentionally extruded mineral trioxide aggregate in treatment of root perforation with periradicular lesion: a case report. *Minerva Stomatol.* 2011 Apr;60(4):217-22.

22 da Silva EJ, Andrade CV, Tay LY, Herrera DR. Furcal-perforation repair with mineral trioxide aggregate: Two years follow-up. *Indian J Dent Res.* 2012 Jul-Aug;23(4):542-5. doi: 10.4103/0970-9290.104967.

23 Dawood AE, Parashos P, Wong RH, Reynolds EC, Manton DJ. Calcium silicate-based cements: composition, properties, and clinical applications. *J Investig Clin Dent.* 2015 Oct 5. doi: 10.1111/jicd.12195.

24 Dorileo MC, Pedro FL, Bandeca MC, Guedes OA, Villa RD, Borges AH. Comparative analysis of physicochemical properties of root perforation sealer materials. *Restor Dent Endod*. 2014 Aug;39(3):201-9. doi: 10.5395/rde.2014.39.3.201.

25 Duarte MA, Demarchi AC, Yamashita JC, Kuga MC, Fraga Sde C. pH and calcium ion release of 2 root-end filling materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2003 Mar;95(3):345-7.

26 Estrela C, Sydney GB, Bammann LL, Felipe Júnior O. Mechanism of action of calcium and hydroxyl ions of calcium hydroxide on tissue and bacteria. *Braz Dent J*. 1995;6(2):85-90.

27 Estrela C, Holland R. Calcium hydroxide. In: Estrela C. *Endodontic Science* 2nd ed. São Paulo Artes Médicas; 2009. p.746-821.

28 Estrela C, Sousa-Neto MD, Guedes OA, Alencar AH, Duarte MA, Pécora JD. Characterization of calcium oxide in root perforation sealer materials. *Braz Dent J*. 2012;23(5):539-46.

29 Ford TR, Torabinejad M, McKendry DJ, Hong CU, Kariyawasam SP. Use of mineral trioxide aggregate for repair of furcal perforations. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1995 Jun;79(6):756-63.

30 Fuss Z, Trope M. Root perforations: classification and treatment choices based on prognostic factors. *Endod Dent Traumatol*. 1996 Dec;12(6):255-64.

31 Gancedo-Caravia L, Garcia-Barbero E. Influence of humidity and setting time on the push-out strength of mineral trioxide aggregate obturations. *J Endod*. 2006 Sep;32(9):894-6.

32 García-Lestón J, Méndez J, Pásaro E, Laffon B. Genotoxic effects of lead: an updated review. *Environ Int*. 2010 Aug;36(6):623-36. doi:

10.1016/j.envint.2010.04.011.

33 Gorni FG, Andreano A, Ambrogi F, Brambilla E, Gagliani M. Patient and Clinical Characteristics Associated with Primary Healing of Iatrogenic Perforations after Root Canal Treatment: Results of a Long-term Italian Study. *J Endod.* 2015 Dec 30. pii: S0099-2399(15)01003-1. doi: 10.1016/j.joen.2015.11.006.

34 Guneser MB, Akbulut MB, Eldeniz AU. Effect of various endodontic irrigants on the push-out bond strength of biodentine and conventional root perforation repair materials. *J Endod.* 2013 Mar;39(3):380-4. doi: 10.1016/j.joen.2012.11.033.

35 Guven G, Cehreli ZC, Ural A, Serdar MA, Basak F. Effect of mineral trioxide aggregate cements on transforming growth factor beta1 and bone morphogenetic protein production by human fibroblasts in vitro. *J Endod.* 2007 Apr;33(4):447-50.

36 Haghgoo R, Arfa S, Asgary S. Microleakage of CEM Cement and ProRoot MTA as Furcal Perforation Repair Materials in Primary Teeth. *Iran Endod J.* 2013 Fall;8(4):187-90. Epub 2013 Oct 7.

37 Haghgoo R, Niyakan M, Nazari Moghaddam K, Asgary S, Mostafaloo N. An In vitro Comparison of Furcal Perforation Repaired with Pro-root MTA and New Endodontic Cement in Primary Molar Teeth- A Microleakage Study. *J Dent (Shiraz).* 2014 Mar;15(1):28-32.

38 Hahn CL, Liewehr FR. Update on the adaptive immune responses of the dental pulp. *J Endod.* 2007 Jul;33(7):773-81. Epub 2007 Feb 23.

39 Hashem AA, Wanees Amin SA. The effect of acidity on dislodgment resistance of mineral trioxide aggregate and bioaggregate in furcation perforations: an in vitro comparative study. *J Endod.* 2012 Feb;38(2):245-9. doi: 10.1016/j.joen.2011.09.013.

- 40 Haznedaroğlu F, Ersev H, Odabaşı H, Yetkin G, Batur B, Aşçi S, et al. Incidence of patent furcal accessory canals in permanent molars of a Turkish population. *Int Endod J*. 2003 Aug;36(8):515-9.
- 41 Holland R, de Souza V, Nery MJ, Faraco Júnior IM, Bernabé PF, Otoboni Filho JA, et al. Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tube filled with mineral trioxide aggregate, Portland cement or calcium hydroxide. *Braz Dent J*. 2001;12(1):3-8.
- 42 Holland R, de Souza V, Nery MJ, Bernabé oF, Filho JA, Junior ED, et al. Calcium salts deposition in rat connective tissue after the implantation of calcium hydroxide-containing sealers. *J Endod*. 2002 Mar;28(3):173-6.
- 43 Holland R, Bisco Ferreira L, de Souza V, Otoboni Filho JA, Murata SS, Dezan E Jr. Reaction of the lateral periodontium of dogs' teeth to contaminated and noncontaminated perforations filled with mineral trioxide aggregate. *J Endod*. 2007 Oct;33(10):1192-7.
- 44 Holt DM, Watts JD, Beeson TJ, Kirkpatrick TC, Rutledge RE. The anti-microbial effect against enterococcus faecalis and the compressive strength of two types of mineral trioxide aggregate mixed with sterile water or 2% chlorhexidine liquid. *J Endod*. 2007 Jul;33(7):844-7.
- 45 Hong ST, Bae KS, Baek SH, Kum KY, Shon WJ, Lee W. Effects of root canal irrigants on the push-out strength and hydration behavior of accelerated mineral trioxide aggregate in its early setting phase. *J Endod*. 2010 Dec;36(12):1995-9. doi: 10.1016/j.joen.2010.08.039.
- 46 Kakani AK, Veeramachaneni C, Majeti C, Tummala M, Khiyani L. A Review on Perforation Repair Materials. *J Clin Diagn Res*. 2015 Sep;9(9): ZE09-13. doi:

10.7860/JCDR/2015/13854.6501.

47 Kerner S, Bronnec F. Conservative treatment of a large facial midroot perforation. *Case Rep Dent.* 2015; 2015:326302. doi: 10.1155/2015/326302. Epub 2015 Mar 9.

48 Kogan P, He J, Glickman GN, Watanabe I. The effects of various additives on setting properties of MTA. *J Endod.* 2006 Jun;32(6):569-72.

49 Kratchman SI. Perforation repair and one-step apexification procedures. *Dent Clin North Am.* 2004 Jan;48(1):291-307.

50 Krupp C, Bargholz C, Brüsehaber M, Hülsmann M. Treatment outcome after repair of root perforations with mineral trioxide aggregate: a retrospective evaluation of 90 teeth. *J Endod.* 2013 Nov;39(11):1364-8. doi: 10.1016/j.joen.2013.06.030.

51 Lara Vde P, Cardoso FP, Brito LC, Vieira LQ, Sobrinho AP, Rezende TM. Experimental Furcal Perforation Treated with MTA: Analysis of the Cytokine Expression. *Braz Dent J.* 2015 Jul-Aug;26(4):337-41. doi: 10.1590/0103-6440201300006.

52 Lee SJ, Monsef M, Torabinejad M. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *J Endod.* 1993 Nov;19(11):541-4.

53 Léonard A, Lauwerys RR. Carcinogenicity and mutagenicity of chromium. *Mutat Res.* 1980 Nov;76(3):227-39.

54 Lodiene G, Kleivmyr M, Bruzell E, Ørstavik D. Sealing ability of mineral trioxide aggregate, glass ionomer cement and composite resin when repairing large furcal perforations. *Br Dent J.* 2011 Mar 12;210(5):E7. doi:

10.1038/sj.bdj.2011.198.

55 Loxley EC, Liewehr FR, Buxton TB, McPherson JC 3rd. The effect of various intracanal oxidizing agents on the push-out strength of various perforation repair materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003 Apr;95(4):490-4.

56 Lussi A, Brunner M, Portmann P, Buergin W. Condensation pressure during amalgam placement in patients. *Eur J Oral Sci.* 1995 Dec;103(6):388-93.

57 Maillet M, Bowles WR, McClanahan SL, John MT, Ahmad M. Cone-beam computed tomography evaluation of maxillary sinusitis. *J Endod.* 2011 Jun;37(6):753-7. doi: 10.1016/j.joen.2011.02.032.

58 Masuda YM, Wang X, Hossain M, Unno A, Jayawardena JA, Saito K, Nakamura Y, Matsumoto K. Evaluation of biocompatibility of mineral trioxide aggregate with na improved rabbit ear chamber. *J Oral Rehabil.* 2005 Feb;32(2):145-50.

59 Mente J, Hage N, Pfefferle T, Koch MJ, Geletneky B, Dreyhaupt J, Martin N, Staehle HJ. Treatment outcome of mineral trioxide aggregate: repair of root perforations. *J Endod.* 2010 Feb;36(2):208-13. doi: 10.1016/j.joen.2009.10.012.

60 Mente J, Leo M, Panagidis D, Saure D, Pfefferle T. Treatment outcome of mineral trioxide aggregate: repair of root perforations-long-term results. *J Endod.* 2014 Jun;40(6):790-6. doi: 10.1016/j.joen.2014.02.003.

61 Min KS, Kim HI, Park HJ, Pi SH, Hong CU, Kim EC. Human pulp cells response to Portland cement in vitro. *J Endod.* 2007 Feb;33(2):163-6.

62 Nagas E, Cehreli ZC, Uyanik MO, Durmaz V, Vallittu PK, Lassila LV. Bond strength of mineral trioxide aggregate to root dentin after exposure to different

irrigation solutions. *Dent Traumatol.* 2014 Jun;30(3):246-9. doi: 10.1111/edt.12070.

63 Nagpal R, Manuja N, Pandit IK, Rallan M. Surgical management of iatrogenic perforation in maxillary central incisor using mineral trioxide aggregate. *BMJ Case Rep.* 2013 Jul 10;2013. pii: bcr2013200124. doi: 10.1136/bcr-2013-200124.

64 Nair UP, Nair MK. Maxillary sinusitis of odontogenic origin: cone-beam volumetric computerized tomography-aided diagnosis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010 Dec;110(6): e53-7. doi: 10.1016/j.tripleo.2010.06.020.

65 Namazikhah MS, Nekoofar MH, Sheykhrezae MS, Salariyeh S, Hayes SJ, Bryant ST, et al. The effect of pH on surface hardness and microstructure of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J.* 2008 Feb;41(2):108-16. Epub 2007 Nov 27.

66 Nandini S, Natanasabapathy V, Shivanna S. Effect of various chemicals as solvents on the dissolution of set white mineral trioxide aggregate: an in vitro study. *J Endod.* 2010 Jan;36(1):135-8. doi: 10.1016/j.joen.2009.09.005.

67 Nazari Moghadam K, Aghili H, Rashed Mohasel A, Zahedpasha S, Moghadamnia AA. A in-vitro comparative study on bacterial leakage of mineral trioxide aggregate, calcium enriched cement and bone cement in furcal perforations. *Minerva Stomatol.* 2014 Jul 8.

68 Ng YL, Mann V, Gulabivala K. A prospective study of the factors affecting outcomes of nonsurgical root canal treatment: part 1: periapical health. *Int Endod J.* 2011 Jul;44(7):583-609. doi: 10.1111/j.1365-2591.2011.01872.x. (a)

69 Ng YL, Mann V, Gulabivala K. A prospective study of the factors affecting outcomes of non-surgical root canal treatment: part 2: tooth survival. *Int Endod*

J. 2011 Jul;44(7):610-25. doi: 10.1111/j.1365-2591.2011.01873.x. (b)

70 Nickens KP, Patierno SR, Ceryak S. Chromium genotoxicity: A double-edged sword. *Chem Biol Interact.* 2010 Nov 5;188(2):276-88. doi: 10.1016/j.cbi.2010.04.018. Epub 2010 Apr 27.

71 Palcanis KG. Surgical pocket therapy. *Ann Periodontol.* 1996 Nov;1(1):589-617.

72 Patel N, Patel K, Baba SM, Jaiswal S, Venkataraghavan K, Jani M. Comparing gray and white mineral trioxide aggregate as a repair material for furcation perforation: an in vitro dye extraction study. *J Clin Diagn Res.* 2014 Oct;8(10): ZC70-3. doi: 10.7860/JCDR/2014/9517.5046.

73 Perlea P, Nistor CC, Suci I, Iliescu MG, Iliescu AA. Rare multiple internal root resorption associated with perforation - a case report. *Rom J Morphol Embryol.* 2014;55(4):1477-81.

74 Pitt Ford TR, Torabinejad M, Abedi HR, et al. Using mineral trioxide aggregate as a pulp-capping material. *J Am Dent Assoc* 1996; 127:1491–4.

75 Pontius V, Pontius O, Braun A, Frankenberger R, Roggendorf MJ. Retrospective evaluation of perforation repairs in 6 private practices. *J Endod.* 2013 Nov;39(11):1346-58. doi: 10.1016/j.joen.2013.08.006.

76 Rahimi S, Ghasemi N, Shahi S, Lotfi M, Froughreyhani M, Milani AS, et al. Effect of blood contamination on the retention characteristics of two endodontic biomaterials in simulated furcation perforations. *J Endod.* 2013 May;39(5):697-700. doi: 10.1016/j.joen.2013.01.002.

77 Ree M, Schwartz R. Management of perforations: four cases from two private

practices with medium- to long-term recalls. *J Endod.* 2012 Oct;38(10):1422-7. doi: 10.1016/j.joen.2012.06.029.

78 Reyes-Carmona JF, Felipe MS, Felipe WT. Biomineralization ability and interaction of mineral trioxide aggregate and white portland cement with dentin in a phosphate-containing fluid. *J Endod.* 2009 May;35(5):731-6. doi: 10.1016/j.joen.2009.02.011.

79 Reyes-Carmona JF, Felipe MS, Felipe WT. The biomineralization ability of mineral trioxide aggregate and Portland cement on dentin enhances the push-out strength. *J Endod.* 2010 Feb;36(2):286-91. doi: 10.1016/j.joen.2009.10.009. (a)

80 Reyes-Carmona JF, Felipe MS, Felipe WT. A phosphate-buffered saline intracanal dressing improves the biomineralization ability of mineral trioxide aggregate apical plugs. *J Endod.* 2010 Oct;36(10):1648-52. doi: 10.1016/j.joen.2010.06.014. (b)

81 Saghiri MA, Lotfi M, Saghiri AM, Vosoughhosseini S, Fatemi A, Shiezadeh V,

82 Saghiri MA, Shokouhinejad N, Lotfi M, Aminsobhani M, Saghiri AM. Push-out bond strength of mineral trioxide aggregate in the presence of alkaline pH. *J Endod.* 2010 Nov;36(11):1856-9. doi: 10.1016/j.joen.2010.08.022.

83 Sahebi S, Moazami F, Sadat Shojaee N, Layeghneghad M. Comparison of MTA and CEM Cement Microleakage in Repairing Furcal Perforation, an In Vitro Study. *J Dent (Shiraz).* 2013 Mar;14(1):31-6.

84 Sarkar NK, Caicedo R, Ritwik P, Moiseyeva R, Kawashima I. Physicochemical basis of the biologic properties of mineral trioxide aggregate. *J Endod.* 2005 Feb;31(2):97-100.

85 Schembri M, Peplow G, Camilleri J. Analyses of heavy metals in mineral trioxide aggregate and Portland cement. *J Endod.* 2010 Jul;36(7):1210-5. doi: 10.1016/j.joen.2010.02.011.

86 Sasaki H, Hou L, Belani A, Wang CY, Uchiyama T, Müller R, et al. IL-10, but not IL-4, suppresses infection-stimulated bone resorption in vivo. *J Immunol.* 2000 Oct 1;165(7):3626-30.

87 Shie MY, Huang TH, Kao CT, Huang CH, Ding SJ. The effect of a physiologic solution pH on properties of white mineral trioxide aggregate. *J Endod.* 2009 Jan;35(1):98-101. doi: 10.1016/j.joen.2008.09.015. Epub 2008 Oct 31.

Siew K, Lee AH, Cheung GS. Treatment Outcome of Repaired Root Perforation: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Endod.* 2015 Nov;41(11):1795-804. doi: 10.1016/j.joen.2015.07.007.

88 Silva Neto JD, Brito RH, Schnaider TB, Gragnani A, Engelman M, Ferreira LM. Root perforations treatment using mineral trioxide aggregate and Portland cements. *Acta Cir Bras.* 2010 Dec;25(6):479-84.

89 Silva Neto JD, Schnaider TB, Gragnani A, Paiva AP, Novo NF, Ferreira LM. Portland cement with additives in the repair of furcation perforations in dogs. *Acta Cir Bras.* 2012 Nov;27(11):809-14.

90 Sinkar RC, Patil SS, Jogad NP, Gade VJ. Comparison of sealing ability of ProRoot MTA, RetroMTA, and Biodentine as furcation repair materials: An ultraviolet spectrophotometric analysis. *J Conserv Dent.* 2015 Nov-Dec;18(6):445-8. doi: 10.4103/0972-0707.168803.

91 Sluyk SR, Moon PC, Hartwell GR. Evaluation of setting properties and retention characteristics of mineral trioxide aggregate when used as a furcation perforation repair material. *J Endod.* 1998 Nov;24(11):768-71.

92 Song JS, Mante FK, Romanow WJ, Kim S. Chemical analysis of powder and set forms of Portland cement, gray ProRoot MTA, white ProRoot MTA, and gray MTA-Angelus. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006 Dec;102(6):809-15.

93 Takayanagi H, Sato K, Takaoka A, Taniguchi T. Interplay between interferon and other cytokine systems in bone metabolism. *Immunol Rev.* 2005 Dec; 208:181-93.

94 Tawil PZ, Duggan DJ, Galicia JC. Mineral trioxide aggregate (MTA): its history, composition, and clinical applications. *Compend Contin Educ Dent.* 2015 Apr;36(4):247-52; quiz 254, 264.

95 Torabinejad M, Higa RK, McKendry DJ, Pitt Ford TR. Dye leakage of four root end filling materials: effects of blood contamination. *J Endod.* 1994 Apr;20(4):159-63.

96 Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endod.* 1995 Jul;21(7):349-53. (a)

97 Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR, Kaiyawasam SP. Tissue reaction to implanted super-EBA and mineral trioxide aggregate in the mandible of guinea pigs: a preliminary report. *J Endod.* 1995 Nov;21(11):569-71. (b)

98 Torabinejad M, Pitt Ford TR, McKendry DJ, Abedi HR, Miller DA, Kariyawasam SP. Histologic assessment of mineral trioxide aggregate as a root-end filling in monkeys. *J Endod.* 1997 Apr;23(4):225-8.

99 Torabinejad M, Ford TR, Abedi HR, Kariyawasam SP, Tang HM. Tissue reaction to implanted root-end filling materials in the tibia and mandible of guinea pigs. *J Endod.* 1998 Jul;24(7):468-71.

100 Torabinejad M, Chivian N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. J Endod. 1999 Mar;25(3):197-205.

101 Tsesis I, Fuss Z. Diagnosis and treatment of accidental root perforations. Endodontic Topics. 2006, 13, 95–107.

102 Vanderweele RA, Schwartz SA, Beeson TJ. Effect of blood contamination on retention characteristics of MTA when mixed with different liquids. J Endod. 2006 May;32(5):421-4.

103 Vertucci F. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. Endod Topics 2005; 10: 3–29.

104 Wang Z. Bioceramic materials in endodontics. Endod Topics 2015; 32:3–30.

105 Zairi A, Lambrianidis T, Pantelidou O, Papadimitriou S, Tziafas D. Periradicular Tissue Responses to Biologically Active Molecules or MTA When Applied in Furcal Perforation of Dogs' Teeth. Int J Dent. 2012; 2012:257832. doi: 10.1155/2012/257832.