

Biocompatibilidade e capacidade de selamento do agregado de trióxido mineral em perfurações radiculares

Biocompatibility and sealing ability of mineral trioxide aggregate in root perforations

Manoel BRITO JÚNIOR¹
Carla Cristina CAMILO¹
Janir Alves SOARES²
Daniela Araújo Veloso POPOFF¹

RESUMO

As perfurações radiculares rompem a barreira biológica entre o endodonto e o espaço periodontal, podendo, em razão da sua extensão e localização, comprometerem, irreversivelmente, a longevidade do elemento dentário. Do ponto de vista terapêutico, o agregado de trióxido mineral é o material selador mais recomendado. O agregado de trióxido mineral é apresentado sob a forma de um pó branco ou cinza, contendo partículas hidrofílicas, cujos componentes principais são silicato tricálcico, aluminato tricálcico, óxido tricálcico, óxido silicato e o óxido de bismuto, responsável pela radiopacidade, além dos elementos cromo e chumbo. Quando incorporado à água destilada, resulta em um gel coloidal que é aplicado diretamente no sítio da perfuração. Seu tempo de presa final é de aproximadamente 3 horas. Esse agregado apresenta satisfatórias propriedades físicas e químicas, bem como compatibilidade com os tecidos periradiculares, independentemente da sua cor. In vitro, o agregado de trióxido mineral apresenta capacidade de selamento superior a outros biomateriais. No entanto, a maioria das investigações clínicas envolve relatos isolados de casos, com poucas evidências longitudinais dos resultados alcançados.

Termos de indexação: Cavidade pulpar. Cimentos dentários. Endodontia.

ABSTRACT

The alterations provoked by pathologies or iatrogenesis favor the invasion of the periodontium, communicating pulp cavity with periradiculares tissues. Currently, for the treatments of those root perforations, the sealer material more suitable is the mineral trioxide aggregate, that was reported for the first time in 1993 and introduced commercially in 1998. Mineral trioxide aggregate is presented under the form of a powder white or gray that, once incorporate to the distilled water, has an easy manipulation resulting in a colloidal gel whose final time setting is about 3 hours. That aggregate reaches appropriate physical and chemical properties as well as biocompatibility with the periradiculares tissues. In the current review, the use of mineral trioxide aggregate was approached as sealer material of root perforations in both in vitro and in vivo studies. It was evidenced that mineral trioxide aggregate presents good sealing ability, superior the other materials of larger longevity in the dentistry. However, most of the clinical investigations involve isolated case reports, with few longitudinal evidences of the reached results.

Indexing terms: Dental pulp cavity. Dental cements. Endodontics.

INTRODUÇÃO

Há aproximadamente duas décadas, um novo cimento reparador foi introduzido no mercado odontológico: o agregado trióxido mineral (MTA). Disponível comercialmente sob os nomes de ProRoot® (Dentsply, Tulsa, EUA) e MTA-Angelus® (Ângelus, Londrina, Brasil), o MTA é apresentado sob a forma de pó branco ou cinza, que contém partículas hidrofílicas, cujos componentes principais são silicato tricálcico, aluminato tricálcico, óxido tricálcico, óxido silicato e o óxido de bismuto, responsável pela radiopacidade¹⁻², além dos elementos cromo (Cr) e chumbo (Pb)³. Uma vez adicionado à água destilada

na proporção de 3:1, o MTA resulta em um gel coloidal. Inicialmente, seu pH=10,7 eleva-se para pH=12,5 após a presa, a qual se completa em, aproximadamente, 3 horas¹. Esse pH alcalino, semelhante ao do hidróxido de cálcio é, possivelmente, o indutor da formação de tecido mineralizado⁴⁻⁵. Para Song et al.⁶, a única diferença química entre o MTA branco e o MTA cinza reside na menor quantidade de íons de ferro no primeiro. Resende et al.³ verificaram que no ProRoot MTA cinza a quantidade de ferro é da ordem de 23,045mg/K, enquanto a quantidade de cromo no MTA Angelus cinza foi da ordem de 95,09mg/Kg, o equivalente a 146% da concentração do ProRoot MTA cinza e 1.900% a mais que o Angelus branco.

¹ Universidade Estadual de Montes Claros, Curso de Odontologia. Campus Universitário Professor Darcy Ribeiro, Vila Mauricéia, 39401-089, Montes Claros, MG, Brasil. Correspondência para / Correspondence to: DAV POPOFF. E-mail: <danielaveloso@yahoo.com.br>.

² Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Curso de Odontologia. Diamantina, MG, Brasil.

Ademais, a quantidade de chumbo no MTA Angelus cinza foi de 51,28mg/kg. Neste sentido salientaram para o efeito tóxico cumulativo deste metal no organismo. Não obstante, recentemente, foi verificado que a capacidade de selamento e a biocompatibilidade dos dois tipos de MTA são similares^{2,7}.

O MTA apresenta como principal característica seu caráter hidrofílico^{1,6}. Por ser constituído de óxidos minerais, estes endurecem quando em contato com a água. Assim, a umidade presente nos tecidos age como ativador da reação química, assegurando-lhe satisfatório selamento⁷⁻⁸. O longo tempo de endurecimento não constitui problema durante aplicações clínicas, pois não é necessário aguardar a presa total do material para a sequência do tratamento⁹⁻¹¹.

No tocante à biocompatibilidade, como material retro-obturador, foi demonstrada, histologicamente, a superioridade do MTA em relação a outros materiais como o amálgama e cimentos à base de óxido de zinco e eugenol¹². Verificou-se também reduzido processo inflamatório junto ao MTA, bem como a deposição de cimento e re-estruturação do ligamento periodontal sobre sua superfície^{4,12-13}. Isso ocorre pelo fato das principais moléculas presentes no MTA serem íons cálcio e fósforo, que também são componentes dos tecidos dentários, decorrendo disso a ausência de toxicidade deste agregado^{12,14}, não interferindo, portanto, na resposta inflamatória mediada por macrófagos¹⁵.

Atualmente, o MTA representa um importante recurso terapêutico na solução de diversas condições clínico-patológicas, a exemplo da apicificação em sessão única¹⁶ e no tratamento das comunicações, acidentais ou patológicas, entre o endodonto e o periodonto, caracterizadas pelas perfurações radiculares, de furca e das reabsorções internas perfurantes^{9,17-18}. Por conseguinte, o presente estudo tem o objetivo de revisar a literatura acerca do MTA, destacando suas propriedades de selamento, biocompatibilidade e aplicações clínicas em perfurações radiculares.

Capacidade de selamento

Em estudo pioneiro, Lee et al.¹ realizaram perfurações radiculares em 50 molares humanos extraídos, as quais foram restauradas com amálgama, IRM® (Dentsply, Konstanz, Alemanha) e MTA. Microscopicamente, verificaram que o MTA proveu melhor barreira à infiltração do corante azul de metileno. Hardy et al.⁸ investigaram o selamento proporcionado pelo MTA associado ou não ao Super EBA® (Bosworth Corporation, Skokie, EUA) em 50 molares extraídos de humanos e tratados

endodonticamente. Perfurações de 1mm de diâmetro foram confeccionadas no centro da furca de cada dente e depois seladas. Verificaram melhor selamento quando o MTA foi usado isoladamente. Em outro experimento, avaliando a capacidade de selamento de perfurações de furca frente à infiltração de solução de nitrato de prata, num período final de avaliação de 8 meses, foi demonstrado que a associação de compômero/colágeno/MTA apresentou a melhor capacidade de selamento das perfurações¹⁹.

Avaliando in vitro o selamento proporcionado pelo MTA branco e MTA cinza, frente à invasão bacteriana em perfurações de furca, produzidas artificialmente em molares superiores e inferiores, Ferris & Baumgartner² verificaram que ambos os materiais apresentaram satisfatório vedamento, com similares resultados. Não obstante, observaram microinfiltração em torno de 15% a 25% dos casos analisados.

De-Deus et al.²⁰, em estudo laboratorial, compararam a capacidade do cimento Portland e do MTA em prevenir microinfiltração bacteriana em perfurações de furca, realizadas em molares inferiores extraídos de humanos. Foi constatado que 53% das 15 amostras do grupo do MTA e 60% das 15 amostras do grupo do cimento Portland, foram completamente contaminadas em um período de 50 dias, sem diferença estatisticamente significante entre essas duas versões do MTA.

No estudo de Hamad et al.²¹ a infiltração do corante foi avaliada em duas condições experimentais de aplicação do MTA: via endodôntica e via retrógrada. Foi utilizado um modelo de infiltração de corante para avaliar o selamento produzido pelo MTA branco e cinza, em perfurações de furca de molares inferiores extraídos. Não foram observadas diferenças significativas na capacidade de selamento entre os dois tipos de MTA. Todavia, o emprego do MTA via retrógrada proporcionou melhor selamento das perfurações.

Chogle et al.²² estudaram o efeito do tempo de presa do MTA em sua capacidade de selamento, utilizando dentes extraídos, cujos ápices radiculares foram amputados. Um modelo de infiltração bacteriana foi empregado para evidenciar o selamento apical proporcionado pelo MTA, colocado via endodôntica pelos períodos de 4 horas, 2 dias e uma semana. Verificou-se melhores condições de vedamento nos períodos mais avançados, constatando-se que o MTA demorou, pelo menos, 2 dias para atingir suas propriedades ideais de selamento. Avaliando a influência do ataque ácido no sítio de aplicação do MTA, Kubo et al.²³ verificaram que o EDTA 17% ou ácido fosfórico a 35% aumentaram a média de infiltração da rodamina B a 2%.

Biocompatibilidade

Em culturas de células de ligamento periodontal, Karimjee et al.²⁴ avaliaram a citotoxicidade do MTA branco associado à água ou a um gel, comparativamente a um cimento ionomérico e amálgama. Os períodos experimentais foram 24, 48 e 72 horas. A viabilidade das células foi menor no último período avaliado, e o amálgama, juntamente com MTA e seus diferentes veículos, apresentaram similares respostas celulares, as quais foram superiores ao cimento ionômero de vidro. Também, no estudo de Vajrabhaya et al.¹⁴ foi observado maior viabilidade de fibroblastos frente ao MTA comparativamente ao cimento ionômero de vidro. No estudo de Nakayama et al.²⁵ células da medula óssea de ratos cultivadas com MTA apresentaram, ao longo de 3 dias, menor proliferação celular, reduzida expressão de mRNA para colágeno tipo I, mas elevada atividade para fosfatase alcalina; contudo não se diferenciaram em células osteoblastóides.

Summer et al.²⁶ avaliaram a biocompatibilidade do amálgama, IRM®, e do MTA misturado com água ou com o digluconato de clorexidina a 0,12% em tecidos subcutâneos de ratos. Houve resposta favorável, com a formação de tecido conectivo fibroso ao redor dos materiais testados, num período experimental de até 60 dias. Recentemente, Faria et al.²⁷ implantaram tubos de polietileno e dentina, contendo MTA Ângelus cinza e um novo cimento MTA fotopolimerizável. Os autores verificaram que o MTA experimental determinou maior reação inflamatória e sem áreas de calcificações distróficas nos períodos de 30 e 60 dias.

Ford et al.¹² avaliaram histologicamente a reparação de perfurações de furca experimentalmente induzidas em 28 dentes de cães, as quais foram seladas com amálgama ou MTA, imediatamente, ou após a exposição das cavidades ao ambiente bucal. Decorridos 4 meses, as secções histológicas foram analisadas microscopicamente. O MTA apresentou melhores resultados, com menores índices de inflamação em ambas as situações experimentais. No estudo de Holland et al.⁴, o MTA foi utilizado no tratamento de perfurações radiculares laterais. Após 180 dias, os cães foram sacrificados e as peças processadas para análise histomorfológica. Verificaram ausência de inflamação e formação de tecido duro na maioria dos espécimes analisados.

Yildirim et al.¹³ investigaram histologicamente, após períodos de 1, 3 e 6 meses, a resposta ao MTA e ao Super EBA® (Bosworth Corporation, Skokie, EUA), quando utilizados para o reparo de perfurações de furca em dentes de cães. Foram verificados índices de inflamação

moderados nos períodos iniciais que decresceram até o período final do experimento, com melhor performance para o MTA. Quanto aos eventos reparativos, foi observada formação de tecido conectivo nas áreas reparadas pelo Super EBA® (Bosworth Corporation, Skokie, EUA), enquanto o MTA induziu formação de neocimento nos sítios das perfurações.

Selamento de perfurações radiculares com MTA: aplicações clínicas

Arens & Torabinejad¹⁰ empregaram o MTA para o reparo de perfurações de furca em dois casos clínicos envolvendo molares inferiores. Após a descontaminação das áreas perfuradas com hipoclorito de sódio a 2,5% e procedimentos de desinfecção da câmara pulpar, o MTA foi aplicado nos locais das perfurações. No controle pós-operatório foi constatado o sucesso do tratamento e ausência de efeitos adversos na região perirradicular.

O MTA foi empregado em situações complexas de tratamento de cinco casos clínicos: fratura radicular vertical, apicificação, reparo de perfuração radicular e defeito de reabsorção interna. Todos os procedimentos realizados foram bem sucedidos, permitindo reparação óssea com ausência de sinais e sintomas clínicos²⁸. Torabinejad & Chivian¹⁷ descreveram vários procedimentos clínicos para a aplicação do MTA, dentre eles, o reparo cirúrgico ou conservador de perfurações radiculares. Os autores destacaram as propriedades benéficas do agregado tais como: biocompatibilidade, capacidade de prevenir microinfiltração e potencial de induzir reparação tecidual.

Joffe¹¹ empregou o MTA em três situações clínicas de perfurações radiculares iatrogênicas e resultados positivos na reparação periapical foram obtidos. O autor relatou que não houve interferência do sangramento nos procedimentos clínicos de selamento das perfurações, já que o MTA atua em ambiente úmido e tem baixa solubilidade.

Hsiang et al.¹⁸ comprovaram a eficácia do MTA após ter sido usado em um caso de reabsorção interna perfurante, envolvendo um incisivo central superior, com extensa lesão e exudação contínua. Após intervenção cirúrgica, o terço apical do canal radicular foi obturado com guta-percha, e a área perfurada foi reparada com MTA. Decorridas duas semanas da intervenção, o quadro clínico-radiográfico estava aceitável, com ausência de sinais e sintomas. Em um ano de acompanhamento foi observado satisfatório reparo perirradicular.

No estudo de Main et al.⁹, 16 casos clínicos de perfurações radiculares reparadas com MTA foram

acompanhadas por um período mínimo de 1 ano. Os resultados mostraram normalidade perirradicular nos locais das perfurações seladas com o cimento na totalidade das amostras. Houve remissão de áreas radiolúcidas naquelas situações de lesões pré-operatórias, bem como a manutenção da integridade perirradicular nos casos que inicialmente mostravam ausência de rarefação óssea.

Bargholz²⁹ apresentou dois casos clínicos de perfuração radicular cujos tratamentos foram conduzidos utilizando uma técnica que associa uma matriz de colágeno absorvível ao MTA. Tal matriz reconstrói a forma externa da raiz e facilita a adaptação do MTA no defeito radicular provocado pela perfuração. A técnica relatada foi bem sucedida em ambos os casos, com período de controle de 5 anos.

Yildirim & Dalci³⁰ relataram um caso clínico de perfuração radicular iatrogênica, observada em um incisivo central superior, em cujo tratamento cirúrgico foi empregado o MTA. Em um período de controle de 15 meses, o sucesso da terapia instituída foi observado.

Ghoddusi et al.³¹ avaliaram clínica e radiograficamente, por um período de 6 a 12 meses, a evolução de 28 casos de perfurações radiculares tratadas com MTA. A seleção dos casos incluiu dentes com pequenas áreas de perfuração mecânica e localização intra-óssea, sem doença periodontal associada. Foi observado um índice de sucesso de 92%, caracterizado pela remissão de sinais e sintomas clínicos e diminuição ou reparação de áreas radiolúcidas pré-existentis

DISCUSSÃO

As reabsorções internas e as perfurações radiculares são as principais responsáveis pela comunicação endo-periodontal. Quanto à localização, podem ocorrer ao nível do assoalho da câmara pulpar ou ao longo da raiz dentária, sendo as dimensões da área afetada um dos principais condicionantes do prognóstico do dente acometido^{17,31}. Nas perfurações de assoalho, mormente ocasionadas por brocas, a área atingida geralmente é de grande amplitude e sua maior proximidade com a cavidade oral a torna facilmente contaminada comparativamente às perfurações radiculares localizadas nos terços médio e apical³¹. A presença de microrganismos acarreta destruição do periodonto local, desencadeando um processo inflamatório, que pode progredir com concomitante perda do osso alveolar circunjacente^{10,29}. Frente a esses problemas, o êxito do tratamento dependerá da prevenção

e eliminação da infecção no sítio da perfuração, bem como do seu eficaz selamento, preferencialmente com material biocompatível^{9-10,17}. Nesse aspecto, o MTA, cinza ou branco, apresenta similares respostas em cultura de células²⁵ e no conjuntivo subcutâneo de ratos²⁶. Ademais, nos tecidos perirradiculares tem-se observado deposição de tecido mineralizado justaposto a esse mineral⁷

A despeito da diversidade de materiais, a intensa evolução biológica e aprimoramento dos procedimentos técnicos elevaram o índice de sucesso das perfurações radiculares, possibilitando às estruturas dentárias o retorno aos seus aspectos de normalidade. Nesse cenário, o MTA, reportado pela primeira vez em 1993¹, tornou-se, no transcorrer da última década, a mais notável contribuição para o reparo de perfurações radiculares, sendo muito pesquisado em estudos *in vitro* e *in vivo*^{1,31}.

Verifica-se assim que a abordagem terapêutica conservadora constitui recurso de primeira escolha para o tratamento de perfurações radiculares, sendo o MTA o material selador mais apropriado^{9,28-29,31}. Quando comparado a outros materiais de maior longevidade na odontologia, como amálgama e cimentos a base de óxido de zinco e eugenol ou ionômero de vidro, pode-se considerar que o MTA é de uso recente, uma vez que seu lançamento comercial acaba de completar 15 anos. Todavia, o grande número de pesquisas laboratoriais^{1,4,7-9,14-16,19-22,24}, em modelos animais^{5,7,12,26} e relatos de casos clínicos^{9-10,17,28-31}, com inegável sucesso, trouxeram rápida notoriedade a esse material, incorporando-o no arsenal terapêutico da endodontia contemporânea.

Previamente ao MTA, no tratamento de perfurações radiculares, escolhia-se geralmente os materiais restauradores convencionais (amálgama, resinas, cimentos de ionômero de vidro e cimentos à base de óxido de zinco e eugenol), os quais, na presença de umidade, não apresentam bom selamento, além de questionável biocompatibilidade. Buscou-se por muito tempo um novo material que permitisse um selamento adequado, afinidade por água, baixa citotoxicidade, biocompatibilidade e que estimulasse a reparação tecidual.

O MTA, por apresentar a maioria das características desejáveis citadas^{1,5,6,16-17,27} trouxe novas perspectivas terapêuticas para a recuperação das estruturas dentárias destruídas conseqüentes da perfuração. Mesmo considerando todas essas vantagens um olhar crítico deve ser lançado para análise mais imparcial dos efeitos benéficos do MTA como material selador.

Nessa revisão, vários estudos in vitro mostraram superioridade do MTA em relação a outros materiais utilizando a metodologia de infiltração por corantes^{1,8,19,21} que, definitivamente, não representa uma situação clínica fidedigna. Em modelos de infiltração bacteriana, mais condizentes com a realidade clínica, O MTA não se mostrou 100% eficaz no selamento de perfurações de furca^{8,21}, além de ser mais efetivo, posteriormente, após o período de presa²⁶.

Outro aspecto diz respeito ao desempenho clínico desse material. Apesar de já existir investigações^{9,31} com casuística considerável acerca do emprego bem sucedido do MTA nas perfurações radiculares, a maioria dos trabalhos^{10-11,17-18,28-31} envolve relatos isolados de sucesso sem, contudo, mostrarem um número maior de casos com longo tempo de controle. Desta maneira, pelo caráter recente do MTA, estudos clínicos longitudinais envolvendo uma amostragem abrangente, em longo prazo de preservação, tornam-se necessários. Estes estudos seriam de

grande importância para a consolidação deste novo biomaterial na reparação das perfurações radiculares.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na revisão realizada pode-se inferir que, devido às suas satisfatórias propriedades de selamento e biocompatibilidade, o MTA apresenta-se, atualmente, como o melhor material para tratamento conservador das comunicações endo-periodontais patológicas ou iatrogênicas e que, apesar dos expressivos índices de sucesso em situações clínicas complexas, ainda faltam evidências longitudinais comprovando o êxito do MTA nas perfurações radiculares.

Colaboradores

M BRITO-JÚNIOR, CC CAMILO, JA SOARES e DAV POPOFF foram responsáveis pela revisão e pela redação. DAV POPOFF foi responsável pela redação e pela normalização.

REFERÊNCIAS

- Lee SJ, Monsef M, Torabinejad M. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *J Endod.* 1993;19(11):541-4.
- Ferris DM, Baumgartner JC. Perforation repair comparing two types of Mineral Trioxide Aggregate. *J Endod.* 2004;30(6):422-4.
- Resende LM, Braga NMA, Sousa-Neto MD, Paschoalato CFPR, Silva-Sousa YTC, Figueiredo-Júnior IC, et al. Avaliação da presença de cálcio, cromo, chumbo e ferro nos cimentos retro-obturadores ProRoot MTA, Ângelus MTA e Portland. *Braz Oral Res.* 2007;21:293.
- Holland R, Otoboni-Filho JA, De Souza V, Nery MJ, Bernabe PF, Dezan Júnior E. Mineral trioxide aggregate repair of lateral root perforations. *J Endod.* 2001;27(4):281-4.
- 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;23(4):225-8.
- 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;102(6):809-15.
- Bernabé PEF, Holland R, Morandi R, 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.
- Hardy I, Liewehr FR, Joyce AP, Agee K, Pashley DH. Sealing ability of one-up bond and MTA with and without a secondary seal as furcation perforation repair materials. *J Endod.* 2004;30(9):658-61.
- Main C, Mirzayan N, Shabahang S, Torabinejad M. Repair of root perforations using mineral trioxide aggregate: a long-term study. *J Endod.* 2004;30(2):80-3.
- Arens ED, Torabinejad M. Repair of furcal perforations with mineral trioxide aggregate: two case reports. *Oral Sug Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1996;82(1):84-8.
- Joffe E. Use of mineral trioxide aggregate (MTA) in root repairs: clinical cases. *N Y State Dent J.* 2002;68(6):34-6.
- Ford TR, Torabinejad M, Mckendry J, Hong C, Kariyawasam SP. Use of mineral trioxide aggregate for repair of furcal perforations. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1995;79(6):756-63.
- Yildirim T, Gençoglu N, Firat I, Perk C, Guzel O. Histologic study of furcation perforations treated with MTA or Super EBA in dogs' teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2005;100(1):120-4.
- Vajrabhaya LO, Korsuwannawong S, Jantarat J, Korre S. Biocompatibility of furcal perforation repair material using cell culture technique: Ketac molar versus ProRoot MTA. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006;102(6):48-50.

15. Rezende TM, Vargas DL, Cardoso FP, Sobrinho AP, Vieira LQ. Effect of mineral trioxide aggregate on cytokine production by peritoneal macrophages. *Int Endod J.* 2005;38(12):896-903.
16. Simon S, Rilliard F, Berdal A, Machtou P. The use of mineral trioxide aggregate in one-visit apexification treatment: a prospective study. *Int Endod J.* 2007;40(3):186-97.
17. Torabinejad M, Chivian N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *J Endod.* 1999;25(3):197-205.
18. Hsiang HC, Cheng Y, Lee Y, Lanw, Lin C. Repair of perforating internal resorption with mineral trioxide aggregate: a case report. *J Endod.* 2003;29(8):538-9
19. Tsatsas DV, Meliou HA, Kerezoudis NP. Sealing effectiveness of materials used in furcation perforation in vitro. *Int Dent J.* 2005;55(3):133-41.
20. De-Deus G, Petrucceli V, Gurgel-Filho E, Coutinho-Filho T. MTA versus Portland cement as repair material for furcal perforations: a laboratory study using a polymicrobial leakage model. *Int Endod J.* 2006;39(4):293-8.
21. Hamad HA, Tordik PA, Mc Clanahan SB. Furcation perforation repair comparing gray and white MTA: a dye extraction study. *J Endod.* 2006;32(4):337-40.
22. Chogel S, Mickel AK, Chan DM, Huffaker K, Jones JJ. Intracanal assessment of mineral trioxide aggregate setting and sealing properties. *Gen Dent.* 2007;55(4):306-11.
23. Kubo CH, Gomes APM, Mancini MNG. In vitro evaluation of apical sealing in root apex treated with demineralization agents and retro filled with mineral aggregate through marginal dye leakage. *Braz Dent J.* 2005;16(3):187-91.
24. Karimjee CK, Koka S, Rallis DM, Gound TG. Celular toxicity of mineral trioxide aggregate mixed with an alternative delivery vehicle. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006;102(4):115-20.
25. Nakayama A, Ogiso B, Tanabe N, Takeichi O, Matsuzaka K, Inoue T. Behavior of bone marrow osteoblast-like cells on mineral trioxide aggregated: morphology and expression of type I collagen and bone-related protein mRNAs. *Int Endodo J.* 2005;38:203-10.
26. Summer M, Muglali M, Bodrumlu E, Guvenc T. Reactions of connective tissue to amalgam, intermediate restorative material, mineral trioxide aggregate and mineral trioxide aggregate mixed with clorexidine. *J Endod.* 2006;32(11):1094-6.
27. Faria MD, Gomes-Filho JE, Bernabé PFE, Costa MMTM, Gomes AC. Avaliação da biocompatibilidade do MTA Ângelus e do MTA fotopolimerizável experimental. *Braz Oral Res.* 2007;21:298.
28. Schwartz RS, Mauger M, Clement DJ, Walker WA 3rd. Mineral trioxide aggregate: a new material for endodontics. *J Am Dent Assoc.* 1999;130(7):967-75 .
29. Bargholz C. Perforation repair with mineral trioxide aggregate: a modified matrix concept. *Int Endod J.* 2005;38(1):59-69.
30. Yildirim G, Dalci K. Treatment of lateral root perforation with mineral trioxide aggregate: a case report. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006;102(5):55-8.
31. Ghoddusi J, Saaan A, Shahrami F. Clinical and radiographic evaluation of root perforation repair using MTA. *N Y State Dent J.* 2007;73(3):46-9.

Submetido em: 3/8/2010

Versão final reapresentada em: 3/4/2011

Aprovado em: 26/7/2011