

BIOCOMPATIBILIDADE E MICROINFILTRAÇÃO DIANTE DO MTA

Luciana Bittencourt

Orientador: Prof. Dr. Evandro Luiz Siqueira

Santo André

2007

MICROINFILTRAÇÃO E BIOCOMPATIBILIDADE DIANTE DO MTA¹

MICROLEAKAGE AND BIOCOMPATIBILITY OF THE MTA

Luciana Bittencourt*

Evandro Luiz Siqueira**

Marcelo dos Santos***

¹ Trabalho de Monografia do Curso de Especialização em Endodontia da APCD Santo André

* Aluna do Curso de Especialização em Endodontia da APCD Santo André

** Mestre e Doutor em Endodontia pela FOUSP, Professor do Curso de Especialização em Endodontia da APCD Santo André

*** Professor Livre-Docente em Endodontia pela FOUSP, Professor Associado da Disciplina de Endodontia da FOUSP, Professor Coordenador do Curso de Especialização em Endodontia da APCD Santo André

Endereço para correspondência:

Rua Dom Armando Lombardi, 471 apto. 61 – Morumbi

CEP: 05616-011 São Paulo - SP

MICROINFILTRAÇÃO E BIOCOMPATIBILIDADE DIANTE DO MTA

MICROLEAKAGE AND BIOCOMPATIBILITY OF THE MTA

Resumo

Quando o tratamento endodôntico não cirúrgico falha, a cirurgia paraendodôntica, frequentemente, é indicada. Normalmente, a retrobturação é realizada em conjunto com a ressecção do limite apical.

Um material retrobturador deve proporcionar um completo selamento apical prevenindo a infiltração de microorganismos e seus subprodutos e ser biocompatível aos tecidos perirradiculares.

Nos anos 90 um novo material, o agregado trióxido mineral (MTA) foi desenvolvido pela Universidade de Loma Linda para ser usado como material retrobturador no tratamento cirúrgico endodôntico. Inicialmente, foi produzido o MTA cinza e mais recentemente disponibilizou-se a versão branca.

Inúmeros estudos mostraram que o MTA é biocompatível. Mas há, no entanto, uma lacuna no conhecimento e compreensão sobre os constituintes desse material e suas interações com os tecidos periapicais.

Palavras-chave: infiltração bacteriana, biocompatibilidade, cirurgia paraendodôntica, cimento retrobturador.

MICROINFILTRAÇÃO E BIOCOMPATIBILIDADE DIANTE DO MTA

MICROLEAKAGE AND BIOCOMPATIBILITY OF THE MTA

Abstract

When nonsurgical treatment fails, surgical endodontic treatment is often indicated. A root-end filling is normally placed in conjunction with root-end resection.

The root-end filling material should provide a complete apical seal to prevent leakage of microorganisms and their by-products and be biocompatible with the periradicular tissues.

In the 90's a new material, mineral trioxide aggregate (MTA) was developed at Loma Linda University for use as a root-end filling material in surgical endodontic treatment. Initially a gray version was produced but more recently a white version has become available.

Innumerable studies had shown that the MTA is biocompatible. But it has, however, a lack of knowledge and understanding about the constituents of the material and its interactions with surrounding tissues.

Keywords: bacterial leakage, biocompatibility, endodontic surgery, root-end filling material.

Introdução

A Endodontia é a especialidade que estuda a morfologia, etiologia, fisiopatologia e o tratamento das afecções que envolvem o órgão pulpar e o periápice. As alterações do órgão pulpar que não comprometem sua viabilidade podem ser conduzidas a um tratamento conservador. Quando há comprometimento irreversível, o órgão pulpar e/ou seus remanescentes são removidos através do esvaziamento químico-cirúrgico e o sistema de canais deve ser obturado, o que constitui a terapia.

Por outro lado, o sucesso nem sempre é obtido pela execução consciente desses passos e, diante disso, a cirurgia periapical faz-se necessária, uma vez esgotados todos os recursos do tratamento. O insucesso dos tratamentos tanto cirúrgico como tradicional está invariavelmente relacionado com trocas existentes entre o endodonto e o periápice.

Microorganismos e seus produtos, além dos fluídos orgânicos, podem penetrar na interface da obturação ou através dos túbulos dentinários, quando expostos pela secção da raiz. Buscando elevar o índice de sucessos nesses casos muitos materiais de preenchimento de retrocavidades e cavidades radiculares vêm sendo testadas.

O MTA (Agregado Trióxido Mineral), ainda um material em estudo, foi desenvolvido pela Universidade de Loma Linda na década de 90 como um material retrobturador. Foi aceito pela FDA (Foods and Drugs Associates) e primeiramente comercializado como MTA ProRoot® (Tulsa Dental Products, Tulsa, OK, USA). Até recentemente duas formas eram vendidas pela ProRoot MTA, às formulações cinza e branca. Atualmente, MTA-Angelus® (Angelus Soluções

Odontológicas, Londrina, Brasil), uma marca nacional, iniciou a sua comercialização.

O propósito desta revisão é estabelecer parâmetros claros acerca da biocompatibilidade e microinfiltração, duas propriedades essenciais para que um material retrobturador seja utilizado em cirurgias paraendodônticas.

Acredita-se que, idealmente, os materiais retrobturadores do canal radicular devem promover selamento absoluto, serem biocompatíveis, não absorvíveis, estáveis dimensionalmente, de fácil manipulação, radiopacos, bacteriostáticos e, acima de tudo, aderentes à estrutura dentinária. Entretanto, nenhum material retrobturador do canal radicular, atualmente disponíveis, preenche os requisitos considerados ideais para o selamento endodôntico.

Revisão da Literatura

A cirurgia paraendodôntica envolve o desbridamento cirúrgico do tecido patológico periapical, a ressecção da extremidade da raiz, a preparação de uma cavidade e a colocação de material retrobturador na tentativa de selar o canal radicular (Gutmann & Harrison 1985).

As indicações clássicas para a apicectomia são:

- Incapacidade de realização de tratamento endodôntico convencional por alterações anatômicas (dilaceração radicular), patológicas (reabsorção interna ou externa no terço apical) ou iatrogênicas (perfuração do terço apical radicular), bem como obstruções mecânicas no conduto radicular;

- Insucesso em finalizar o tratamento endodôntico convencional, devido à persistência do processo infeccioso;

- Impossibilidade de prever o sucesso do retratamento endodôntico, quando da falha do tratamento endodôntico convencional;

- Necessidade de exérese e biópsia da patologia localizada no periápice.

Diversos materiais têm sido sugeridos para a retrobturação de canais radiculares. Os materiais mais empregados foram: guta-percha, resinas compostas, cimentos de ionômero de vidro, amálgama de prata e cimentos de óxido de zinco e eugenol. Outros têm sido utilizados com menor frequência, como ouro, óxido de alumínio, cianocrilatos e Teflon[®] (Johnson *et al.* 1999, Jou *et al.* 1997).

O material retrobturador deve proporcionar selamento ideal prevenindo que irritante tecidual e contaminante oral, do sistema de canais radiculares, interfira nos tecidos periapicais (Arens *et al.* 1998). O material de preenchimento ideal da extremidade radicular deve aderir-se e adaptar-se às paredes preparadas da

extremidade, impedir a infiltração dos microorganismos e de suas toxinas nos tecidos periapicais, ser biocompatível, ser insolúvel aos líquidos do tecido, dimensionalmente estável, e permanecer não afetado na presença da umidade (Arens *et al.* 1998).

Uma variedade de substâncias foi proposta para o uso como materiais retrobturadores da extremidade da raiz. O cimento de ionômero de vidro foi usado como material de preenchimento da extremidade radicular com ou sem um condicionador de dentina, onde a remoção da camada de smear-layer é removida para melhorar o selamento do material (Saunders & Saunders 1992, 1994). Dentro do grupo do cimento de ionômero de vidro, as fórmulas reforçadas por partículas de prata (Cermet[®]) e reforçados por resina (Vitrem[®]) também estão disponíveis. A guta-percha foi usada freqüentemente como material de preenchimento da extremidade da raiz no passado e é o material de preenchimento exposto apicalmente quando nenhum preenchimento da extremidade da raiz é colocado.

Niederman & Theodosopoulou (2003) realizaram uma revisão dos materiais utilizados como retrobturadores em apicectomias. Esse estudo tinha como proposta determinar a efetividade dos materiais retrobturadores *in vivo*. Uma busca eletrônica conduzida pela Medline e a Cochrane (duas fontes de pesquisa específicas) colheu casos publicados entre janeiro de 1966 e outubro de 2002. Todos os artigos selecionados comparavam os eventos de cura/saúde depois do uso de um material de obturação retrógrada. Foram encontrados 10 materiais diferentes: amálgama de prata, cimento de ionômero de vidro, compósito com Gluma[®], óxido de zinco e eugenol reforçado (Super-EBA[®] e IRM[®]), guta-percha (como material ortobturador e retrobturador), folha de ouro, Retroplast[®] com prata e Gluma[®] (como agente de união). Treze dos catorze artigos utilizavam o amálgama de prata como sendo o

grupo controle e o comparavam com variações do mesmo material. Todos os artigos estavam incluídos no mesmo tipo de mensuração (presença ou ausência de sintomas/sinais clínicos, evolução radiográfica da neoformação óssea e lâmina dura em volta da região apical do dente) e foram acompanhados entre o período de cinco meses a cinco anos. Os resultados foram classificados como “sucesso”, “fracasso” e “incerto/ inconclusivo”, em números ou percentualmente em relação ao número de dentes. A avaliação *in vivo* sugestionou que:

1. Cimento de ionômero de vidro é quase equivalente ao amálgama de prata (2 estudos, 105 e 82 dentes, respectivamente).

2. Cimento de ionômero de vidro pode ser pior que o amálgama de prata (2 estudos, 25 e 189 dentes, respectivamente).

3. Cimento Super-EBA[®] (1 estudo, 103 dentes) pode ser melhor ou significativamente melhor (1 estudo, 359 dentes), mas também pode ser pior (1 estudo, 201 dentes) que o amálgama de prata.

4. IRM[®] (2 estudos, 423 e 145 dentes, respectivamente) é significativamente melhor (primeiro estudo) ou quase equivalente (segundo estudo) ao amálgama de prata.

5. Folha de ouro é melhor que o amálgama de prata (1 estudo, 66 dentes).

6. Amálgama de prata é melhor que a guta-percha como material retrobturador (1 estudo, 30 dentes), mas é pior que a ortobturação com a guta-percha (1 estudo, 473 dentes e 3 estudos, 222, 182 e 1000 dentes, respectivamente).

O mais interessante, talvez, seja o fato de que materiais como o MTA, embora baseado em triagens *in vitro* e casos reportados não acompanhados, recentemente,

têm sido muito usado como material retrobturador. No entanto, não há controle clínico em humanos identificados neste estudo.

Os autores, então, concluiu que o cimento de ionômero de vidro é tão efetivo quanto o amálgama de prata. O cimento Super-EBA[®], compósito com Gluma[®] e folha de ouro, assim como a ortobturação com guta-percha, podem ser mais efetivos que a retrobturação com o amálgama de prata. Então, devido ao número limitado de estudos *in vivo* para esses materiais, estudos adicionais são necessários para sua validação.

MTA

O MTA é um agregado trióxido mineral desenvolvido e reportado pela primeira vez em 1993 por Lee *et al.* e está indicado para diversas situações onde o controle da umidade é difícil. Os reparos da raiz com MTA apresentam baixos índices de microinfiltração, menor toxicidade e amplo efeito bacteriostático, quando comparado com outros materiais (Joffe 2002).

O MTA apresenta fácil manipulação e boa radiopacidade. Quando incorporado à água destilada ou soro fisiológico, atinge propriedades físicas adequadas e excelentes potenciais hidrogeniônico.

É um material hidrofílico que tem a capacidade de se converter em gel coloidal que se cristaliza com expansão, incrementando a capacidade de selamento marginal das cavidades. Possui na sua composição o SiO₂ (Dióxido de Silício), K₂O (Óxido de Potássio), Al₂O₃ (Óxido de Alumínio), Na₂O (Óxido de Sódio), Fe₂O₃ (Óxido de Ferro), SO₃ (Trióxido de Enxofre), CaO (Óxido de Cálcio), Bi₂O₃ (Óxido de Bismuto), MgO (Óxido de Magnésio) e ainda sílica cristalina e sulfato de potássio e sódio.

Apresenta inúmeras vantagens, tais como a qualidade de vedamento marginal possibilitando aceitável controle da invasão microbiana e de fluídos para o interior do canal radicular. Pela sua biocompatibilidade é capaz de atuar como revestimento biológico de perfurações em diversas localizações. A sua composição favorece a formação de cimento perirradicular, funcionando também na indução de barreira dentinária quando utilizado em tratamento conservador diretamente depositado sobre a polpa viável. Além disso, não exige campo operatório absolutamente seco, para que mantenha suas propriedades físicas, químicas e biológicas.

Cabe aclarar ainda como vantagens que apresenta potencial hidrogeniônico altamente alcalino (12,0) tornando o meio inadequado para o desenvolvimento de microrganismos por longo período.

Sua radiopacidade é superior à da dentina e do tecido ósseo, do IRM[®], do Super-EBA[®] e guta-percha proporcionando a observação diagnóstica, o que o torna material de escolha (Torabinejad *et al.* 1995; Adamo *et al.* 1999; Schwartz *et al.* 1999).

Como visto anteriormente, o MTA apresenta propriedades físico-químicas situadas nos parâmetros próximos ao satisfatório, porém, dependentes da proporção pó e líquido, da temperatura e da presença de umidade e ar. Assim sendo, deve ser misturado com água estéril obedecendo à proporção 3:1. Poderão ocorrer algumas dúvidas sobre o tempo de endurecimento, porém, o fato não constitui problema durante o protocolo clínico, pois não é necessário aguardar a presa do material para a seqüência do tratamento.

O MTA, além de material retrobturador, ainda pode ser utilizado em pulpotomias, capeamento pulpar direto, tampão apical em apicificação, perfuração

radicular, perfuração de furcas, retrobturação, tampão cervical em clareamento dentário interno e fratura radicular vertical.

A superioridade do comportamento MTA quando comparado ao IRM[®] e Super-EBA[®] no que diz respeito ao selamento marginal e biocompatibilidade já foi verificada (Torabinejad 1993; Tanomaru 1995; Aqrabawi 2000; Bernabé *et al.* 2002; Chong *et al.* 2003).

Segundo Torabinejad *et al.* (1997) e Busato *et al.* (1999), o MTA possui uma série de vantagens sobre outros materiais retrobturadores: facilidade de manipulação, de inserção na cavidade preparada e de adaptação às paredes dentinárias, necessitando de menor força de condensação; a presença de um campo seco não é essencial e o contato do material com umidade serve de estímulo para o início das reações químicas de endurecimento.

Selamento Marginal e Microinfiltração

Os trabalhos de Torabinejad *et al.* (1995) e Fischer *et al.* (1998) concluíram que a capacidade de selamento do MTA pode estar relacionada à sua natureza hidrofílica e ao fato desse material sofrer uma pequena expansão quando em ambiente úmido.

A capacidade de selamento do MTA como material retrobturador utilizando-se preparo apical com ultra-som foi testada por alguns autores, como Fischer *et al.* (1998) e Yatsushiro *et al.* (1998), através de cultura de células e condução de fluídos. Esses autores observaram que o MTA apresentou melhores resultados quando comparado a outros materiais retrobturadores. Entretanto, Bates *et al.* (1996), utilizando transporte de fluídos, e Adamo *et al.* (1999), utilizando a infiltração bacteriana, não observaram diferenças estatisticamente significativa entre o MTA,

Super-EBA[®], resina TPH[®] com agente de união ProBond[®] e o amálgama de prata (Dispersalloy[®]) com ou sem agente de união, testados no período de 12 semanas.

Aqrabawi (2000) avaliando a capacidade de selamento do amálgama, Super-EBA[®] e MTA, observou que o MTA apresentou o menor índice de infiltração e que não houve penetração pelo corante além do material de retrobturação. Entretanto, 56 % dos espécimes no grupo do amálgama e 20% dos espécimes no grupo do Super-EBA[®] apresentaram infiltração além do material retrobturador. O autor verificou que nenhuma retrobturação realizada com MTA, permitiu a infiltração pelo corante através de toda extensão da interface material-preparo cavitário, bem como no material obturador do canal radicular.

Andelin *et al.* (2002) avaliaram a microinfiltração marginal comparando dois grupos de dentes. O Grupo I foi obturado pelo MTA e os dentes pertencentes ao Grupo II foram obturados com guta-percha e cimento obturador. Ambos os grupos foram armazenados em um humidificador por 48h e posteriormente, foi realizada a ressecção apical. Apenas os dentes do Grupo II receberam preparo e foram retrobturados com MTA. Não houve infiltração discernível nos dentes que foram obturados pelo MTA (grupo I) e os dentes que só receberam a retrobturação com o MTA (grupo II). Não foram encontradas diferenças significativas de infiltração entre os grupos I e II. Baseados nos resultados do estudo, os autores demonstraram que a habilidade seladora do MTA, usado na obturação dos canais, permanece e permite seu uso na ressecção de canais não infectados.

Assis *et al.* (2003) avaliaram a infiltração marginal ocorrida na interface entre dois materiais odontológicos (amálgama e MTA) e as paredes cavitárias, em dentes que receberam apicectomia, preparo cavitário e retrobturação. O MTA proporcionou selamento marginal superior ao amálgama independentemente do método de

preparo cavitário apical (brocas ou ultra-som). Quanto à infiltração marginal por corante, quando o material retrobturador foi o MTA, não ocorreram diferenças estatisticamente significativas em relação ao tipo de preparo. E, quando o material retrobturador foi o amálgama, ocorreram diferenças estatisticamente significantes em relação ao tipo de preparo, sendo os piores resultados obtidos com ultra-som.

Maltezos *et al.* (2006) propuseram um estudo em que foi comparada à capacidade seladora do MTA (ProRoot®), do Super-EBA® e do sistema Resilon/Epiphany® (RES), usando um modelo de infiltração bacteriana *in vitro*. Baseados nas condições do experimento, o Super-EBA® apresentou capacidade seladora significativamente inferior comparado ao MTA e RES que comportaram de maneira equivalente quanto à resistência de infiltração bacteriana.

Biocompatibilidade

A biocompatibilidade do MTA tem sido investigada de várias formas, usando células expressivas e crescimento, implantação subcutânea e intra-óssea e contato direto com os tecidos dentais *in vivo*.

1-Células Expressivas e Crescimento

A maioria dos estudos em células mostrou bom crescimento das mesmas sobre o MTA com a formação de *monolayer* sobre o material. Em comparação, Haglund *et al.* (2003) mostraram que o MTA (ProRoot) apresentou citotoxicidade aos macrófagos e aos fibroblastos.

O MTA endurecido é uma matriz de silicato contendo hidróxido de cálcio. O hidróxido de cálcio é um produto da reação do silicato de cálcio hidratado com as soluções de fosfato, produzindo cristais de fosfato de cálcio sobre a interface do

material. A presença do hidróxido de cálcio atribui ao cimento um pH altamente alcalino, o que caracteriza sua biocompatibilidade (Camilleri *et al.* 2005a).

Alto crescimento celular foi demonstrado sobre um extrato do material quando testou sua citotoxicidade (Keiser *et al.* 2000, Huang *et al.* 2003, Camilleri *et al.* 2005b). Os níveis de osteoclastos também aumentaram na presença de MTA (ProRoot®; Thomsom *et al.* 2003). MTA (ProRoot®) também induziu expressões de fosfatase alcalina e atividade no ligamento periodontal e fibroblastos gengivais (Bonson *et al.* 2004). Algumas citotoxinas foram acompanhadas pela lise das células de desnaturação das proteínas ao redor ao MTA (Haglund *et al.* 2003).

2-Implantação Subcutânea e Intra-óssea

A avaliação histológica da reação dos tecidos ao MTA tem sido avaliada através da implantação do material no tecido subcutâneo e intra-ósseo em testes com animais. A implantação subcutânea em ratos mostrou que o MTA (ProRoot®) inicialmente estimula severas reações como necrose por coagulação e calcificação distrófica (Moretton *et al.* 2000, Yaltirik *et al.* 2004). As reações, no entanto, cessam com o tempo. A osteogênese não foi observada com MTA implantado no tecido subcutâneo indicando que o material não é ósteo indutor neste tecido (Holland *et al.* 2001a, 2002).

Reações ao implante do MTA (ProRoot®) intra-ósseo foram menos intensas que a implantação no tecido subcutâneo. Moretton *et al.* (2000) observaram osteogênese na associação do implante intra-ósseo. Com a implantação intra-óssea a reação tecidual ao material foi observada após um período de 12 semanas (Sousa *et al.* 2004).

Yaltirik *et al.* (2004) examinaram histopatologicamente a biocompatibilidade do MTA e da liga de amálgama implantando-os no tecido conjuntivo dorsal de ratos

por 7, 15, 30, 60 e 90 dias. Eles encontraram respostas inflamatórias favoráveis do MTA e do amálgama no período de observação de 90 dias e calcificação distrófica no tecido adjacente ao MTA.

Apaydin *et al.* (2004) examinaram a formação de tecido duro adjacente ao MTA recém-manipulado e ao MTA endurecido, quando usado como material retrobturador em cães. Não encontraram diferenças significantes entre os grupos, e embora o MTA recém-manipulado tenha resultado em um aumento significativo na incidência de formação de cimento, não há diferenças significativas na quantidade do cimento ou formação de osso e densidade óssea entre o MTA recém-manipulado e o MTA endurecido colocado.

Em outro estudo, o MTA mostrou biocompatibilidade e não produziu nenhum efeito adverso na microcirculação do tecido conectivo (Masuda *et al.* 2005).

Shahi *et al.* (2006) em seu estudo onde a biocompatibilidade do MTA cinza e branco e do amálgama de prata foram testadas histopatologicamente, após o implante sob o tecido conjuntivo subcutâneo de ratos, verificaram que de três dias a uma semana tanto o MTA cinza como o branco possuem biocompatibilidades melhor que o amálgama. Após três dias a resposta tecidual ao amálgama apresentou-se significativamente mais severa.

3-Contato Direto com os Tecidos Dentais *in vivo*

A melhor característica da reação tecidual ao MTA é a presença de um tecido conectivo organizado com ocasionais sinais de inflamação depois da primeira semana de pós-operatório (Economides *et al.* 2003). Novos eventos de tecidos saudáveis depois de retrobturados com MTA são caracterizados pela intensa formação tecidual, ativado progressivamente pela interface MTA-tecido mole (Economides *et al.* 2003).

Economides *et al.* (2003) avaliaram, em curto prazo, a resposta dos tecidos perirradiculares ao MTA, quando usado como material retrobturador em tecidos com ótimas condições. Os autores concluíram que o MTA é um material biocompatível quando usado em retrocavidades, estimulando a reparação dos tecidos perirradiculares. A natureza da formação das células e do novo tecido duro formado, assim como o mecanismo de controle do MTA ativando a formação tecidual, necessita de maiores investigações.

O MTA (ProRoot®) recém-manipulado e o MTA endurecido causam a deposição de cimento quando utilizado logo após a cirurgia apical (Apaydin *et al.* 2004). Adicionalmente, o MTA (ProRoot®) mostrou melhor resposta dos tecidos quando comparado a outros três materiais testados, com formação de um cimento sobreposto ao MTA (Baek *et al.* 2005).

Reações Pulpares

O MTA usado em capeamentos pulpares ou na pulpotomia parcial estimulou a formação de dentina reparativa. O capeamento pulpar com MTA mostrou completa formação de uma ponte de dentina sem sinais de inflamação (Pitt Ford *et al.* 1996, Tziafas *et al.* 2002, Andelin *et al.* 2003, Faraco & Holland 2004). Os mesmos resultados foram obtidos quando o MTA foi colocado como um tampão depois da pulpotomia (Holland *et al.* 2001b).

Essa ponte de tecido duro que se forma acima da polpa foi documentada depois do uso do cimento de MTA ProRoot® e MTA Angelus® e ambos os cimentos de Portland cinza e branco (cinza: Votorantim-Cimentos®, São Paulo, Brasil e branco Irajazinho (Votorantin – Cimentos®) (Menezes *et al.* 2004).

A incidência da formação da ponte de dentina é maior com o MTA (Loma Linda University) que com o hidróxido de cálcio (Faraco & Holland 2001).

Comparação em entre o cimento MTA e Portland

Os cimentos MTA e Portland têm se mostrado biocompatíveis. A biocompatibilidade do cimento de Portland foi testada usando um estudo de cultura de células e o material permitiu uma confluência completa das células (Abdullah *et al.* 2002). A implantação do cimento de Portland e MTA (Loma Linda University e ProRoot[®], respectivamente) no tecido conjuntivo de ratos e mandíbulas de porcos mostrou que ambos os materiais são biocompatíveis (Holland *et al.* 2001a, Saidon *et al.* 2003). A avaliação histológica das pulpotomias de cães usando MTA (ProRoot[®] e Angelus[®]) e cimento de Portland (Irajazinho; Votorantim-Cimentos[®]) mostrou para ambos os cimentos semelhante efetividade na proteção pulpar (Menezes *et al.* 2004).

Comparação entre o MTA cinza e branco

A maioria dos estudos é realizada com o MTA cinza, devido à recente introdução do MTA branco no mercado. Há certo conflito de dados de biocompatibilidade dos MTA cinza e branco. Holland *et al.* (1999ab, 2001abc, 2002) mostraram que ambos os tipos são biocompatíveis quando implantados no tecido conjuntivo de ratos, no entanto, ambos os materiais não foram testados no mesmo experimento. Em contrapartida, Perez *et al.* (2003) usando diferentes tipos de células mostraram que o MTA branco (White MTA[®]) não se apresentou tão biocompatível quanto à versão cinza (ProRoot[®]) e postulou que as diferenças podem ser devido à superfície morfológica dos materiais. Camilleri *et al.* (2004) verificaram

que os tipos de MTA não mostraram diferenças, no entanto, ambos os materiais exibiram redução no crescimento celular quando observado por 28 dias. Então, o material com presa final pode não ser tão biocompatível quanto uma mistura recém-manipulada do material. Isso pode indicar que a biocompatibilidade pode estar associada ao hidróxido de cálcio produzido durante a reação de hidratação.

Shahi *et al.* (2006) em estudo comparativo da biocompatibilidade do MTA cinza, MTA branco e o amálgama, constataram que o MTA cinza e branco tiveram comportamentos distintos em relação à resposta inflamatória. Eles concluíram que essa diferença pode estar ligada ao fato desses materiais apresentarem composições químicas e reações de liberação do hidróxido de cálcio diferentes.

Proposição

A finalidade deste estudo é fazer uma revisão da literatura em torno de duas propriedades primordiais para um material retrobturador: a biocompatibilidade e a relação selamento marginal/microinfiltração bacteriana.

Discussão

Haglund *et al.* (2003) constataram que o alto pH do MTA na mistura recém-manipulada causou a lise de células e desnaturação de proteínas. Após essa fase, o MTA mostrou biocompatibilidade favorável, sem efeitos na morfologia das células e limitado impacto no crescimento celular. Já Camilleri *et al.* (2004) mostraram que após 28 dias, amostras de MTA apresentaram menos biocompatíveis. Essa biocompatibilidade precoce pode estar relacionada à produção de hidróxido de cálcio durante a manipulação do MTA. A reação primária de manipulação desse cimento envolve o silicato tricálcio produzindo a maior parte do hidróxido de cálcio. Uma explicação para a baixa dos níveis de hidróxido de cálcio é a reação completa do silicato tricálcio, então menos hidróxido de cálcio apresenta-se disponível para a solução e essa pode ser a causa da redução da sua biocompatibilidade. A diminuição da biocompatibilidade do MTA também pode estar relacionada ao decréscimo dos níveis de hidróxido de cálcio, possivelmente, causada por reações de carbonatação observada no cimento endurecido. O processo de carbonatação ocorre quando, na presença de uma mistura, o CO₂ reage com o hidróxido de cálcio presente. Neste estudo, o processo de carbonatação foi acelerado por um fator crítico durante a secagem utilizando CO₂ livre, em altas temperaturas e pressão. Apesar disso, a metodologia usada neste estudo para preparar os espécimes para o uso do MEV não é recomendada para avaliar a biocompatibilidade do MTA ou outros materiais que possuem afinidade química com os artefatos usados produzindo reações químicas entre os materiais a serem avaliados e reagentes utilizados durante o processo.

Yaltirik *et al.* (2004) avaliaram as reações dos tecidos conectivos subcutâneo de ratos implantando tubos de polietileno contendo MTA e amálgama de prata. Neste estudo, tubos de polietileno foram usados para simular condições clínicas e promovendo a estabilidade do implante e uma standardização da interface material-tecido. Nas amostras de MTA as células do infiltrado inflamatório apresentaram-se reduzidas ao final de 60 dias, mas macrófagos e células gigantes ainda realizavam a fagocitose das partículas do material no tecido conjuntivo. O mais interessante está no fato de que calcificação distrófica foi encontrada no tecido conjuntivo adjacente ao MTA, o que não foi verificado com o amálgama de prata. Áreas de similar calcificação também foram encontradas em implantes de hidróxido de cálcio em tecido conjuntivo de ratos (Holland *et al.* 1999, Souza *et al.* 1977) e na polpa dental (Holland *et al.* 1971). Apesar do MTA não conter hidróxido de cálcio, a questão de como este fenômeno ocorre está associado, provavelmente, à reação do óxido de cálcio com os fluídos teciduais. Esses achados estão de acordo com o estudo de Haglund *et al.* (2003) onde eles também constataram que MTA apresentou efeito similar ao hidróxido de cálcio quando implantado no tecido subcutâneo de ratos. Camilleri *et al.* (2005a) mostraram que a hidratação do MTA produz gel de silicato de cálcio hidratado e hidróxido de cálcio. Isso pode explicar os comportamentos similares do MTA e do hidróxido de cálcio reportado anteriormente (Holland *et al.* 1999a, 2001a).

Shahi *et al.* (2006) comparando a biocompatibilidade do MTA branco cinza e do amálgama em tecido conjuntivo de ratos observaram que o MTA branco e cinza apresentaram comportamentos distintos. O MTA branco apresentou-se mais biocompatível até 3 dias. No período de 3 a 7 dias este apresentou um aumento da reação inflamatória. Isso pode ser indício de uma gradual liberação do hidróxido de

cálcio reagindo com a mistura tecidual e seus produtos resultantes. Com o MTA cinza o processo inflamatório induzido foi diferente. Nesse caso, a maior resposta inflamatória encontrou-se nos espécimes após 3 dias, decrescendo gradualmente. Esse comportamento distinto pode ser devido às diferenças químicas no processo de liberação do hidróxido de cálcio. Outra causa pode ser atribuída às composições distintas dos dois tipos de MTA. Os resultados desse estudo diferem dos resultados obtidos por Yaltirik *et al.* em 2004 quanto às respostas dos tecidos conjuntivos dos ratos ao tubo de polietileno. Essa diferença entre estes dois estudos pode estar no número de espécimes analisadas de cada grupo (5 espécies nesse trabalho comparado a 15 espécies no estudo de Shahi *et al.* em 2006). Além disso, houve diferenças nas secções avaliadas pelo microscópio, podendo ter contribuído com as diferenças nos resultados. Outro importante fator está ligado ao fato de que no estudo de Yaltirik *et al.* (2004), o processo inflamatório foi graduado baseado no número de células inflamatórias e na presença de cápsula fibrosa nas secções. Não foram levadas em consideração as reações inflamatórias e a análise estatística. Shahi *et al.* (2006) consideraram a severidade da inflamação, a presença de fibrose, as reações vasculares e processo de reparação. De acordo com o estudo de Asrari *et al.* (2005) as maiores diferenças entre o MTA cinza e branco encontram-se nas concentrações de Al_2O_3 (+122%), MgO (+130%) e, especialmente, FeO (+1000%). As diferenças na concentração de FeO são, primariamente, responsáveis pela variação de cor e induzem a inflamação nos primeiros 3 dias no caso do MTA cinza. Mas, após uma semana, o óxido de ferro diminui, pois este é eliminado pelo organismo diminuindo a severidade do processo inflamatório. Fica evidente que mais pesquisas sobre esse aspecto do cimento devem ser realizadas para que estas

teorias sejam comprovadas. Estudos sobre os dois tipos de MTA, especialmente, as reações teciduais em animais a longo prazo, devem ser realizadas.

Maltezos *et al.* (2006) em seu estudo comparando a habilidade seladora do MTA, Super-Eba[®] e do sistema Resilon/Epiphany (RES[®]) utilizando um modelo de infiltração bacteriana *in vitro* firmaram não haver diferenças estatísticas entre o MTA e o sistema RES[®] quanto resistência à infiltração bacteriana. Algumas observações devem ser analisadas como: apenas um microorganismo (*S.salivarius*) foi avaliado, comparado a um estudo *in vivo* onde a microflora oral é mista e variável; a presença de saliva, sangue e exsudato purulento, em uma situação cirúrgica, não foram considerados e estes fatores podem afetar o selamento desse material. O uso de dentes extraídos, autoclavados ou o uso de óxidos de etileno afetam as características físicas da dentina. Outro importante fator que deve ser levando em consideração é que a polimerização reduzida do sistema Resilon/Epiphany[®] pode afetar suas propriedades físicas e a integridade marginal. A estabilidade em longo prazo é questionável, trata-se de uma técnica muito sensível e a atividade antibacteriana inerente ao material pode, conseqüentemente, afetar sua habilidade seladora. Neste estudo, também não foi determinada à infiltração bacteriana crítica requerida para uma mudança de coloração. Amostras onde não ocorreram mudanças de coloração também podem conter bactérias. Culturas polimicrobianas devem ser usadas em estudos futuros para melhor simular as condições clínicas e a capacidade seladora da RES[®] deve ser avaliada a longo prazo. Investigações futuras quanto à adaptação, selamento marginal na presença do suco perirradicular, biocompatibilidade e estabilidade dimensional a longo prazo da RES[®] como material retrobturador, devem ser realizadas usando modelos animais. Fica a dúvida se este

material seria adequado para ser utilizado como material retrobturador nas cirurgias paraendodônticas.

Conclusão

De acordo com os trabalhos descritos nesta revisão de literatura, parece-nos lícito afirmar que apesar de haver diferenças entre o branco e o cinza, o MTA pode ser considerado como material compatível aos tecidos periapicais.

O MTA também se apresentou como um excelente material selador marginal diante da microinfiltração bacteriana.

Aparentemente até hoje não existe um material que possua todas as características ideais, mas estudos têm revelado que o MTA é superior aos outros materiais retrobturadores.

Baseado nas propriedades biológicas e em suas características físico-químicas situadas nos parâmetros próximos ao satisfatório, o MTA ainda é o material de escolha a ser utilizado nas retrobturações. Cabe ao especialista, avaliar caso a caso qual o tratamento mais adequado, reconhecendo as mais variadas situações clínicas, para atingir ao sucesso do tratamento.

Referências

1. Abdullah D, Pitt Ford TR, Papaloannous S, Nicholson J, McDonald F (2002) Na evaluation of accelerated Portland cement as a restorative material. *Biomaterials* 23: 4001-10
2. Adamo HL, Buruiana R, Schertzer L, Boylan RJ (1999) A comparison of MTA, Super-EBA, composite and amalgam as root-end filling materials using a bacterial microleakage model. *Int Endod J.* 32: 197-203
3. Andelin WE, Browning DF, Hsu HR, Roland DD, Torabinejad M (2002) Microleakage of Resected MTA. *J Endod.* 28: 573- 574.
4. Andelin W, Shabahang S, Wright K, Torabinejad M (2003) Identification of hard tissue after experimental pulp capping using dentin sialoprotein (DSP) as a marker. *J Endod.* 29: 646-50
5. Apaydin ES, Shabahanes S, Torabinejad M (2004) Hard-tissue healing after application of fresh or set MTA as root-end-filling material. *J Endod.* 30: 21-4
6. Aqrabawi J (2000) Sealing ability of amalgam, super EBA cement, and MTA when used as retrograde filling materials. *Bras Dent J.* 11; 188: 266-8
7. Arens DE, Torabinejad M, Chivian N, Rubinstein R (1998) Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as compared with zinc-free amalgam, intermediate

- restorative material, and Super-EBA as a root-end filling material. J Endod. 24: 176-9
8. Assis NMP, Gomes APM, Visconti Filho RF, Valera MC, Ildefonso PRE (2003) Avaliação do Selamento de Ápices Radiculares Preparados com Ultra-Som e Brocas e Retrobturados com Diferentes Materiais Mediante Infiltração Marginal por Corante. Revista de Odontologia da UNESP 32: 1-8.
 9. Baek SH, Plenk H, Kim S (2005) Periapical tissue responses and cementum regeneration with amalgam, SuperEBA, and MTA as root-end filling materials. J Endod. 31: 444-9
 10. Bates CF, Carnes DL, del Rio CE (1996) Longitudinal sealing ability of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. J.Endod. 22: 575-8
 11. Bernabé et al. (2005) Comparative study of MTA and other materials in retrofilling of pulpless dogs' teeth. Braz Den J. 16: 9-16
 12. Bonsom S, Jeansonne BG, Lallier TE (2004) Effects of root-end filling materials on fibroblasts and macrophages in vitro. J.Dent Res. 83: 408-13
 13. Busato ALS et al. (1999) Agregado Trióxido Mineral; indicações clínicas de um novo cimento. JBC: J Bras Clin Estet Odontol. Curitiba, v. 3, n. 18, p. 32-34, dez.

14. Camilleri J, Montesin FE, Papaloannoun S, McDonald F, Pitt Ford TR (2004) Biocompatibility of two commercial forms of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J.* 37: 699-704
15. Camilleri J, Montesin FE, Brady K, Sweeney R, Curtis RV, Pitt Ford TR (2005a) The constitution of mineral trioxide aggregate. *Dental Materials* 21: 297-303
16. Camilleri J, Montesin FE, Di Silvio L, Pitt Ford TR (2005b) The chemical constitution and biocompatibility of accelerated Portland cement for endodontic use. *Int Endod J.* 38: 834-42
17. Chong BS, Pitt Ford TR (2005) Postoperative pain after root-end resection and filling. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 100(6): 762-6
18. Economides N, Pantelidou O, Kokkas A, Tziafas D (2003) Short-term periradicular tissue response to mineral trioxide aggregate (MTA) as root-end filling material. *Int Endod J.* 36: 44-48.
19. Faraco IM, Holland R (2001) Response of the pulp of dogs to capping with mineral trioxide aggregate or a calcium hydroxide cement. *Dent Traumatol.* 17: 163-6

20. Fischer EJ, Arens DE, Miller CH (1998) Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as compared with zinc-free amalgam, intermediate restorative material, and Super-EBA as a root-end filling material. *J Endod.* 24: 176-9
21. Gutmann JL, Harrison JW (1985) Posterior endodontic surgery: anatomical considerations and clinical techniques. *Int Endod J.* 8: 8-34
22. Hill JR, Corbett JA, Kwon G, Marshall CA, McDaniel ML (1996) Nitric oxid regulates interleukin 1 bioactivity released murine macrophages. *J Biol Chem.* 271: 22672-8
23. Haglund R, HE J, Jarvis J, Safavi KE, Spänberg LSW., Zhu Q (2003) Effects of root-end filling materials on fibroblasts and macrophages in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 95: 739-45
24. Holland R (1971) Histochemical response of amputed pulps to calcium hydroxide. *Rev Bras Pesq Med Biol.* 4: 83-95
25. Holland R, de Souza V, Nery MJ, Otoboni Filho JA, Bernabe PF, Dezan E Jr (1999a) Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tubes filled with mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide. *J Endod.* 25: 161-6
26. Holland R, de Souza V, Nery MJ, Otoboni Filho JA, Bernabe PF, Dezan E Jr (1999b) Reaction of dogs' teeth to root canal filling with mineral trioxide aggregate or a glass ionomer sealer. *J Endod.* 25: 728-30

27. Holland R, de Souza V, Nery MJ et al. (2001a) Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tube filled with mineral trioxide aggregate, Portland cement or calcium hydroxide. *Braz Dent J.* 12: 3-8
28. Holland R, de Souza V, Murata SS et al. (2001b) Healing process of dog dental pulp after pulpotomy and pulp covering with mineral trioxide aggregate and Portland cement. *Braz Dent J.* 12: 3-8
29. Holland R, de Souza V, Murata SS et al. (2001c) Mineral trioxide aggregate repair of root perforations. *J Endod.* 27: 281-4
30. Holland R, de Souza V, Murata SS et al. (2002) Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tubes filled with a white mineral trioxide aggregate. *Braz Dent J.* 13: 23-6
31. Huang TH , Ding SJ, Hsu TC, Kao CT (2003) Effects of mineral trioxide aggregate (MTA) extracts on mitogen-activated protein kinase activity in human osteosarcoma cell line (U2OS). *Biomaterials* 24: 3909-13
32. Joffe E (2002) The use of mineral trioxide aggregate (MTA) in root repairs. Clinical cases. *N Y State Dent J.* 68: 34-6
33. Johnson BR (1999) Considerations in the selection of a root-end filling material. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 87: 398-404

34. Jou YT, Peti C (1997) Is there a best retrograde filling material? Dent Clin North Am. 41: 555-61
35. Keiser K, Johnson CC, Tipton DA (2000) Cytotoxicity of mineral trioxide aggregate using human periodontal ligament fibroblasts. J. Endod. 26: 288-91
36. Lee SJ, Monsef M, Torabineja M (1993) Sealing ability of mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. J. Endod. 13: 54-4
37. Maltezos C, Glickman GN, Ezzo P, He J (2006) Comparison of the Sealing of Resilon, ProRoot MTA, and Super-EBA as Root-End Filling materials: a bacterial leakage study. J Endod. 32: 324-327
38. Masuda YM, Wang X, Hossain M et al. (2005) Evaluation of biocompatibility of mineral trioxide aggregate with an improved rabbit ear chamber. J Oral Rehabil. 32: 145-50
39. Menezes R, Bramante CM, Letra A, Carvalho VG, Garcia RB (2004) Histologic evaluation of pulpotomies in dog using two types of mineral trioxide aggregate and regular and white Portland cements as wound dressings. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 98: 376-9
40. Moretton TR, Brown CE, Legan JJ, Kafrawy AH (2000) Tissue reactions after subcutaneous and intraosseous implantation of mineral trioxide aggregate and

ethoxybenzoic acid cement. *Journal of Biomedical Material Research* 52: 528-33

41. Niederman R, Theodosopoulou JN (2003) A systematic review of in vivo retrograde obturation materials. *Int Endod J.* 36: 577-85

42. Perez AL, Spears R, Gutman JL, Opperman LA (2003) Osteoblasts and MG-63 osteosarcoma cells behave differently when in contact with ProRoot MTA and White MTA. *Int Endod J.* 36: 564-70

43. Pitt Ford TR, Andreasen JO, Dorn SO, Kariyawasan SP (1995) Effect of various zinc oxide materials as root-end fillings on healing after replantation. *Int Endod J.* 28: 273-8

44. Pitt Ford TR, Torabinejad M, Abedi HR, Baklland LK, Kariyawasan SP (1996) Using mineral trioxide aggregate as a pulp-capping material. *J Am Den Assoc.* 127, 1491-4

45. Saidon J, He J, Zhu Q, Safavi K, Spangberg LS (2003) Cell and tissue reactions to mineral trioxide aggregate and Portland cement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 95: 483-9

46. Saunders WP, Saunders EM (1992) The effect of smear layer upon the coronal leakage of gutta-percha fillings and a glass ionomer sealer. *Int Endod J.* 36: 577-85

47. Saunders WP, Saunders EM (1994) Ultrasonic root-end preparation, Part 2. Microleakage of EBA root-end fillings. *Int Endod J.* 27: 325-9
48. Schwartz RS, Mauger M, Clement DJ, Walker WA, 3rd (1999a) Mineral trioxide aggregate: a new material for endodontics. *J Am Dent Assoc.* 130: 967-75
49. Shahi S, Rahimi S, Lofti M, Yavari HR, Gaderian AR (2006) A Comparative Study of the Biocompatibility of Three Root-End Filling Materials in Rat Connective Tissue. *J Endod.* 32: 776-780
50. Souza V, Holland R, Mello W, Nery MJ (1977) Reaction of rat connective tissue implant of calcium hydroxide pastes. *Rev Fac Odontol Araçatuba* 6: 69-79
51. Tanomaru Filho M, Figueiredo FA, Tanomaru JM (2005) Effect of different dye solutions on the evaluation of the sealing ability of Mineral Trioxide Aggregate. *Pesqui Odontol Bras.* 19: 119-22
52. Thomson TS, Berry JE, Somerman MJ, Kirkwood KL (2003) Cementoblasts maintain expression of osteocalcin in the presence of mineral trioxide aggregate. *J Endod.* 29: 407-12

53. Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR (1993) Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *J Endod.* 19: 591-5
54. Torabinejad M, White DJ (1995) Investigation of mineral trioxide aggregate for root-end filling in dogs. *J Endod.* 21: 603-8
55. Torabinejad M, Pitt Ford TR, MsKendry DJ, Abedi HR, Miller DA, Kariyawasan SP (1997) Histologic assessment of mineral trioxide aggregate as a root-end filling in monkeys. *J Endod.* 23: 225-8
56. Tziafas D, Pantelidou O, Alvanou A, Belibasakis B, Papadimitriou S (2002) The dentinogenic effect of mineral trioxide aggregate (MTA) in short-term capping experiments. *Int Endod J.* 35: 245-54
57. Yaltirik M, Ozbas H, Bilgic B, Issever H (2004) Reactions of connective tissue to mineral trioxide aggregate and amalgam. *J Endod.* 30: 95-9
58. Yatsushiro JD, Baumgartner JC, Tinkle JS (1998) Longitudinal study of the microleakage of two root-end filling materials using a fluid conductive system. *J Endod.* 24: 716-9