CID ALONSO MANICARDI

**AVALIAÇÃO *IN VITRO* DO SELAMENTO APICAL
PRODUZIDO A PARTIR DE DUAS TÉCNICAS DE APLICAÇÃO
DE TRIÓXIDO MINERAL AGREGADO (MTA),
EM RETRO-PREPAROS DE RAIZES APICECTOMIZADAS**

São Paulo

2005

Cid Alonso Manicardi

**Avaliação *in vitro* do selamento apical
produzido a partir de duas técnicas de aplicação
de trióxido mineral agregado (MTA),
em retro-preparos de raízes apicectomizadas**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, para obter o Título de Mestre, pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia.

Área de Concentração: Endodontia.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Aun

São Paulo
2005

Catálogo-na-Publicação
Serviço de Documentação Odontológica
Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Manicardi, Cid Alonso

Avaliação in vitro do selamento apical produzido a partir de duas técnicas de aplicação de trióxido mineral agregado (MTA), em retro-preparos de raízes apicectomizadas / Cid Alonso Manicardi; orientador Carlos Eduardo Aun. -- São Paulo, 2005.

108p. : fig., tab., graf., 30 cm.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Odontologia. Área de Concentração: Endodontia) -- Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

1. MTA – Selantes – Avaliação
2. Agregado de trióxido mineral
3. Endodontia

CDD 617.6342

BLACK D242

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE E COMUNICADO AO AUTOR A REFERÊNCIA DA CITAÇÃO.

São Paulo, ____/____/____

Assinatura:

E-mail:

FOLHA DE APROVAÇÃO

Manicardi CA. Avaliação *in vitro* do selamento apical produzido a partir de duas técnicas de aplicação de trióxido mineral agregado (MTA), em retro-preparos de raízes apicectomizadas [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2005.

São Paulo, ____/ ____/ ____

Banca Examinadora

1) Prof(a). Dr(a)

Titulação:

Julgamento:..... Assinatura:.....

2) Prof(a). Dr(a)

Titulação:

Julgamento:..... Assinatura:.....

3) Prof(a). Dr(a)

Titulação:

Julgamento:.....Assinatura:

DEDICATÓRIA

Ao meu pai, **Eurico Hermes Manicardi**, meu querido Pratinha, que tanta falta faz em tua permanente presença. Te amo e procuro teus passos.

À minha mãe, **Eulydia**, que sempre me apóia, sem pedir nada em troca. Que me apresenta, a cada dia, sua coragem e alegria de viver, seu talento e fé.

À **Isa, Flora e Luana**, meus amores, pela compreensão, carinho, presença e incansável apoio ao longo do período de elaboração deste trabalho.

Aos Professores da Disciplina de Endodontia da Faculdade de Odontologia da UNIARARAS, Dr. **Waldocyr Simões, Homero, Ferraz e Márcio**, pela forte amizade que nos une e pela convivência científica compartilhada.

Aos colegas dos Cursos de Pós-Graduação em Endodontia da UNIARARAS, **Alex, Marcão e Roger** pela amizade e companheirismo.

À toda equipe docente da Faculdade de Odontologia da UNIARARAS, minha casa.

Não poderia, nesse momento, esquecer-me de meu primeiro Mestre, Prof. Dr. **Armando Curti Jr.**, que me abriu as portas do conhecimento da Endodontia e me tornou um especialista e professor.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. **Carlos Eduardo Aun**, pela disposição, respeito, paciência e amizade nesse longo trajeto. Muito obrigado pela orientação e apoio transmitidos. Espero retribuí-lo, ao menos em parte, um dia!

Ao Prof. Dr. **José Luiz Lage Marques**, pela enorme atenção dispensada e conhecimento transmitido, tão necessário para o desenvolvimento experimental deste trabalho, minha imensa gratidão e admiração.

Ao Prof. Dr. **Waldocy Simões**, pela oportunidade de fazer parte de sua equipe, pelos ricos ensinamentos do dia-a-dia, pelo apoio e incentivo proporcionados durante todo o curso. Serei eternamente grato.

Aos colegas e novos amigos deste rico Curso de Pós-Graduação, **Laurière, Christa, Vera e Bruno**. Vocês modificaram minha vida.

Também à **Lorena, Stella, Cristiane, Léo, Patty, Kali, Renata e Mara...** Quanto valor em uma turma! Muito obrigado pelo carinho e ajuda, em todos os momentos.

Às minhas irmãs, **Nise, Lia, Laís e Mônica**. Quanta paciência vocês tiveram!

Aos meus sogros, **Miguel e Maria José**, cujo apoio emocional e financeiro nos salvou várias vezes ao longo dessa jornada.

– Prof. Dr. **João Humberto Antoniazzi**, agradeço de coração seu apoio e profundos ensinamentos e agora me junto ao grande grupo de seus admiradores.

Ao Prof. Dr. **Marcelo dos Santos**, pelo estímulo no momento certo. Obrigado!

Ao querido Prof. Dr. **Luis Carlos Bombana**, pessoa vibrante e exemplar.

A todos os professores da Disciplina de Endodontia do Departamento de Dentística da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, pela inestimável colaboração em minha formação e desenvolvimento. Sou muito grato a todos vocês.

Às secretárias **Kátia, Neuza e Ana Maria**, por toda ajuda recebida durante o curso, assim como à bibliotecária **Águida**, pela correção e formatação da tese.

À **Luzia**, pela ajuda na análise e interpretação estatística.

À **CNPq** pelo apoio financeiro.

E a todas as pessoas que direta ou indiretamente colaboraram para a realização desta dissertação.

Manicardi CA. Avaliação *in vitro* do selamento apical produzido a partir de duas técnicas de aplicação de trióxido mineral agregado (MTA), em retro-preparos de raízes apicectomizadas [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2005.

RESUMO

O propósito deste estudo foi avaliar se o selamento promovido pelo MTA quando utilizado como material retrobturador seria diferente se inserido por duas diferentes técnicas de aplicação e condensação. 45 incisivos superiores humanos foram divididos em 3 grupos de 15 espécimes cada. Após apicectomia e preparo apical com ultra-som, as cavidades foram preenchidas com MTA, aplicado e condensado manualmente (G I) ou por vibração ultra-sônica (G II e G III). O grupo G II recebeu o MTA com o ápice posicionado para cima e o grupo G III com o ápice para baixo a fim de verificar possíveis interferências gravitacionais. Após a obturação retrógrada, os espécimes foram avaliados por infiltração linear e por área, valendo-se do corante Rodamina B a 1%. A utilização da vibração ultra-sônica para aplicação do MTA no grupo G II resultou em infiltração significativamente menor do que a ocorrida do grupo G I. Houve também diferença estatística entre os grupos da técnica ultra-sônica, com ápice voltado para cima (G II) e para baixo (G III), o que demonstra haver influência gravitacional ($p < 0,05$). Tal diferença não foi detectada entre os grupos G I e G III. Diante dos resultados, o ultra-som pode ser considerado como um método alternativo de aplicação do MTA.

Palavras-Chave: Obturação retrógrada; Apicectomia; Trióxido mineral agregado; MTA; Endodontia.

Manicardi CA. In vitro evaluation of apical sealing ability produced from two mineral trioxide aggregate (MTA) placement techniques, in resected apical roots preparations [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2005.

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate if the sealing ability produced by MTA, when used as a root-end filling material, would differ when used by two different placement and condensation methods. 45 human superior incisors were divided into 3 groups of 15 specimens each. After root-end resection, they were prepared with ultrasonic instrumentation and preparations were filled with MTA, placed and condensed by hand (G I) or ultrasonic methods (G II and G III). The G III group had the apical portion upside down, to verify if gravity forces could interfere in the results. After retrograde obturation the specimens were evaluated by Rhodamine B 1% for linear and area dye leakage. The MTA ultrasonic vibration in the G II group resulted in a less dye leakage than in the G I group. There was statistical difference between ultrasonic methods with the apex upside up (G II) and upside down (G III) which demonstrate a gravitational influence in sealing ability ($p < 0,05$). This difference wasn't detected between G I and G III groups. At this time ultrasonic condensation should be considered as an alternative method for MTA placement.

Keywords: Retrograde obturation; Apicoectomy; Mineral trioxide aggregate; MTA; Endodontics.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 4.1 - Dispositivo simulador da loja cirúrgica, fixado num eixo de 45°	62
Figura 4.2 - Aparelho ultra-sônico ENAC	62
Figura 4.3 - Inserto ultra-sônico DF 908.....	62
Figura 4.4 - G I – Aplicação do MTA com Hollemback	63
Figura 4.5 - G I – Condensação do MTA com condensador de Black modificado.....	63
Figura 4.6 - G II - Aplicação e acomodamento do MTA com US (superior)	64
Figura 4.7 - G III - Aplicação e acomodamento do MTA com US (inferior)	64
Figura 4.8 - G II – Calcador de Black modificado	65
Figura 4.9 – Dentes montados em placa de cera.....	66
Figura 4.10 – Esquema dos cortes transversais e uma secção	67
Figura 4.11 – Imagem escaneada de uma secção	68
Figura 4.12 – Medida de áreas de uma secção: total, cavidade e infiltrada	69
Figura 5.1 – Comparação das diferenças entre as médias dos 3 grupos experimentais G I, G II e G III	71
Figura 5.2 – Média e DP dos % médios de área corada com relação às secções de dentina dos 3 mm apicais em cada grupo.....	72

Figura 5.3 – Média e DP dos % de área corada por secção e grupo	73
Figura 5.4 – Box Plot dos % médios de área corada com relação às secções de dentina dos 3 mm, por grupo.....	73
Figura 5.5 – Box Plot do % de área corada com relação às secções de dentina, por grupo	74
Figura 5.6 – Frequência de dentes infiltrados a cada mm, nos 3 grupos experimentais.	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 – DP e médias da % de infiltração por área a cada mm e média total	71
Tabela 5.2 - Médias da % de infiltração por área e linear (mm) nos 3 mm.....	71
Tabela 5.3 - Teste de Kruskal-Wallis para comparação entre os grupos experimentais	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DP	Desvio Padrão
h	Hora
IRM	Material Restaurador Intermediário
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
µm	micrômetro
mm	Milímetro
MTA	Trióxido Mineral Agregado
ns	Não Significante
nº	Número
pH	Potencial hidrogênico
s	Significante
Super-EBA	Ácido Etoxi Benzóico

LISTA DE SÍMBOLOS

α	Alfa
°	Graus
°C	Graus Celsius
%	Por cento
n	Tamanho da amostra ou número de variáveis
x	Versus

SUMÁRIO

	p.
1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	19
3 PROPOSIÇÃO	55
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	56
4.1 Material.....	56
4.2 Delineamento Experimental	59
4.3 Metodologia Experimental.....	61
4.4 Metodologia de avaliação	68
5 RESULTADOS.....	70
6 DISCUSSÃO	76
7 CONCLUSÕES	88
REFERÊNCIAS.....	89
APÊNDICES.....	100
ANEXO.....	107

1 INTRODUÇÃO

Quando o órgão pulpar está irreversivelmente comprometido por determinada alteração patológica, o esvaziamento químico-cirúrgico do conteúdo do sistema de canais deve ser realizado. Através de uma adequada modelagem, desinfecção e selamento tridimensional que impeça o intercâmbio de líquidos, microrganismos e endotoxinas oriundos da cavidade bucal ou dos tecidos periradiculares, o tratamento endodôntico moderno alcança cada vez melhores índices de sucesso.

Todavia, em determinadas situações em que o resultado deste tratamento não é o desejado, uma nova intervenção pode solucionar o problema. Como posterior opção, a cirurgia parendodôntica, procedimento odontológico que visa preservar o órgão dental, encontra sua principal indicação quando áreas inacessíveis por diversas razões, dentre as quais a presença de variações anatômicas complexas, retentores intra-radiculares calibrosos ou extensos, instrumentos fraturados, calcificações ou desvios de trajeto, estão lesadas, tornando impossível a sua descontaminação através do canal radicular. Pode-se citar ainda neste contexto as lesões refratárias ao tratamento convencional, onde desenvolvem-se condições para que microrganismos se perpetuem na região ao ocupar o ápice externamente. Por outro lado, a evolução dos recursos não cirúrgicos gradualmente reduz a necessidade de qualquer intervenção mais invasiva.

A cirurgia parendodôntica é um procedimento que envolve áreas do endodonto ou raízes dentárias e que visa a resolução de complicações decorrentes de um tratamento endodôntico ou do seu insucesso. Genericamente, as seguintes modalidades cirúrgicas podem ser indicadas: curetagem, apicectomia com ou sem

obturaço retrgrada e retrobturao, associada ou no obturao retrgrada, todas com vistas limpeza, descontaminao e selamento da poro apical do canal radicular que impea o trnsito e instalao de microrganismos e produtos metablicos entre o meio bucal e tecidos periapicais (JAMES, 1963; NICHOLLS, 1962; MOLVEN; OLSEN; KEREKES, 1991).

Com a contaminao extra-radicular apical, a apicectomia e a retrobturao, que seriam respectivamente a reseco transversal do pice e o preparo de uma cavidade onde se exterioriza o canal e a obturao deste com um material restaurador especfico, entram como ltimas alternativas para manter o elemento dental.

Da mesma maneira que a endodontia convencional, a cirurgia parendodntica tambm pode fracassar. O sucesso desta terapia e o bom selamento apical est diretamente ligado tcnica cirrgico-restauradora empregada e ao material retrobturador utilizado. Vrios materiais vm sendo usados para esse propsito, tais como guta percha, ionmero de vidro, sistemas adesivos resinosos e cimentos de xido de zinco e eugenol. Durante anos o amlgama foi o material mais utilizado devido sua longevidade clnica, relativa biocompatibilidade, selamento marginal e baixo custo, quando comparado aos materiais ento em uso.

A procura por um material retrobturador ideal que preencha os requisitos necessrios sua funo tem sido intensa, assim como ocorre quanto s alternativas tcnicas do procedimento cirrgico. Tais requisitos incluem a compatibilidade aos tecidos periapicais, estabilidade dimensional, insolubilidade aos fluidos bucais (INGLE; TAINTOR, 1989), capacidade antimicrobiana e de selamento apical, radiopacidade e no possuir efeito carcinognico (ABDAL; RETIEF, 1982). Quanto ao aparato periapical, deve promover a neoformao ssea, reinsero do

ligamento periodontal e selamento apical por cimento, junto ao material retrobturador (TRICE, 1959; ANDREASEN, 1973). Tecnicamente, não deve ser afetado por umidade e ser de fácil manipulação e inserção.

O selamento de cavidades retrógradas preenchidas com amálgama de prata é insatisfatório, principalmente na ausência de verniz cavitário. Devido à grande quantidade de fluídos presentes na cavidade, existe chance de microinfiltração inicial e corrosão secundária ocorrerem além de reabsorção radicular, algumas vezes com comprometimento da eficiência do selamento marginal obtido pelo material retrobturador.

Materiais à base de OZE, como IRM e Super-Eba, possuem melhor adesividade, adaptação marginal e não sofrem corrosão. No entanto, observou-se que são susceptíveis ao sangue, irritantes teciduais e relativamente solúveis. Mesmo assim, esses materiais oferecem uma melhor capacidade de selamento apical quando comparados ao amálgama.

Um novo material vem sendo amplamente estudado e aplicado clinicamente como retrobturador de eleição, por seus ótimos resultados. Chamado de Trióxido Mineral Agregado, ou MTA, trata-se de uma mistura de óxidos de minerais que tem demonstrado boa radiopacidade, ótima capacidade seladora apical inclusive frente à umidade, excelente tolerância tecidual e razoável atividade antimicrobiana.

Existe, todavia, uma considerável dificuldade de manipulação do MTA frente a outros materiais, sendo necessário estipular uma técnica mais específica e eficaz para seu controle e inserção na cavidade retrógrada. Neste sentido, ao garantir que todas as etapas anteriores ao preenchimento da cavidade apical tenham sido adequadamente realizadas e que o material retrobturador seja apropriado, deve-se

considerar que a maneira de acomodá-lo à cavidade, objeto deste estudo, poderá influenciar no resultado do tratamento.

2 REVISÃO DA LITERATURA

O tratamento endodôntico tem como objetivo estabelecer um adequado selamento apical que impeça a ação deletéria de microrganismos e/ou endotoxinas aos tecidos periapicais, com vistas à manutenção do órgão dental em plenas funções. Eventualmente, porém, frente a situações onde o tratamento clínico não atinge as metas desejadas, pode-se lançar mão de recursos cirúrgicos, denominados parendodônticos. A cirurgia parendodôntica pode incluir desde o acesso cirúrgico ao tecido periapical patológico a ser curetado, envolvendo na maioria das vezes a amputação do ápice radicular, preparo de uma cavidade na porção apical do canal radicular, ou retropreparo, e inserção de um material retrobturador. Na cirurgia parendodôntica é realizado o corte da porção apical da raiz de um dente, seguido do preparo de uma cavidade na porção final do remanescente radicular e a obturação deste espaço com um material adequado. Tal técnica representa uma grande evolução, por oferecer maior garantia de selamento apical e a possibilidade de se conservar uma porção maior da raiz, mesmo quando for insatisfatório o tratamento endodôntico dos terços médio e cervical do canal radicular.

Garvin (1942) relata ter tido o privilégio de assistir, em 1915, a uma nova técnica cirúrgica utilizada pelo Dr Immanuel Ottesen, de Oslo, que demonstrou o método de resecção radicular. Uma incisão foi realizada, os tecidos moles afastados e o osso alveolar sobre o ápice dental removido. Uma vez concluído o acesso, o ápice radicular foi amputado e a área curetada. O canal radicular foi retrobturado com amálgama de prata. Um anti-séptico foi aplicado na área cirúrgica e o retalho

posicionado. Até 1920 o autor havia operado 964 dentes de 679 pacientes, com retrobturação de amálgama em praticamente todos os casos. Após esse período poucos dentes foram tratados desta maneira, pela ênfase dada à teoria da infecção focal, quando vários médicos indicavam sistematicamente a exodontia de dentes resectados, mesmo na ausência de evidências clínicas ou radiográficas de infecção. Até 1941, o autor já havia operado 1179 dentes de 862 pacientes, a maioria sem tratamento endodôntico prévio.

Luks (1956) descreveu uma detalhada técnica de apicectomia, num ângulo de 45° em relação ao longo eixo do dente, e retrobturação com amálgama em cavidades retentivas, realizadas com brocas cônico-invertidas. Deixou clara a necessidade de rigorosa pré-seleção, além de enumerar as qualidades do amálgama como material retrobturador, entre elas o rápido endurecimento e fácil manipulação.

De acordo com Trice (1959) os resultados biológicos desejados em um tratamento endodôntico seriam: o selamento apical por cimento, reinserção do ligamento periodontal e regeneração do osso alveolar. Contra-indicou a cirurgia periapical indiscriminada utilizada na época, por não encontrar embasamento biológico para tal. Dissertou sobre seleção de casos e plano de tratamento endodôntico, além das indicações e contra-indicações da cirurgia periapical. Detalhou o procedimento cirúrgico periapical desde os cuidados pré-operatórios até os pós-operatórios, passando pela incisão, curetagem apical, apicectomia, e retrobturação com amálgama.

Nicholls (1962) publicou um artigo à cerca das indicações, desvantagens e técnicas, além de comparar diversos materiais de preenchimento como amálgama, óxido de zinco e eugenol ou o fosfato de zinco. Deixa clara a importância da

retrobturação uma vez que o fracasso do tratamento advém, muitas vezes, de uma limpeza, medicação e preenchimento inadequados dos canais. Uma vez que há uma maior dificuldade em se limpar, medicar e preencher em ambiente seco a porção apical do canal pela via cirúrgica, a obturação retrógrada só deve ser realizada quando definitivamente indicada. Considerou como vantagem do amálgama sua facilidade de condensação e desvantagem a tendência de queda do material na loja cirúrgica. O óxido de zinco e eugenol de presa rápida possuiria maior facilidade de manipulação, controle e bom resultado pós-operatório, com melhor selamento que o fosfato de zinco.

James (1963) descreveu as modalidades de cirurgia periapical como a apicectomia, curetagem periapical e obturação retrógrada com amálgama em situações clínicas onde exista uma patologia periapical e o retratamento endodôntico seja inviável, presença de retentor intra-radicular ou rizogênese incompleta. Sugeriu o preparo apical bizelado para vestibular, retropreparo de 3 mm de profundidade com boca esférica, inicialmente, e cônica invertida para realizar uma retenção ao amálgama.

Andreasen (1973) utilizou 35 biópsias humanas obtidas durante o período de controle pós-cirúrgico, incluindo o ápice e o tecido periapical circunjacente. O autor considera, a partir deste estudo, que há uma importante associação entre o reparo apical por cimento e a formação de fibras periodontais funcionais, reforçando o conceito de que a função primária do cimento é ancorá-las. Logo, dentre os parâmetros biológicos necessários a um material retrobturador ideal, a regeneração tecidual deve ser adicionada à lista de propriedades desejadas, o que implica na reconstituição plena do osso, ligamento periodontal e formação de cimento em íntimo contato ao material retrobturador.

Paiva e Antoniazzi (1973) avaliaram o emprego de Endo PTC, uma associação de peróxido de uréia e detergente tween 80 veiculados em carbowax, neutralizado por hipoclorito de sódio a 0,5% e irrigação final com uma associação de detergente e antibiótico (tergento-furacin). Utilizaram 35 dentes portadores de polpa mortificada e cultura positiva, submetidos a teste bacteriológico após o preparo químico-mecânico. Concluíram que tal associação era eficaz no combate à contaminação do endodonto.

Diniz e Gregori (1974), em uma ampla revisão da literatura, discutiram as indicações e contra-indicações das cirurgias periapicais. Consideraram indicada a apicectomia frente a dilacerações radiculares, presença de canais acessórios apicais, calcificações, reabsorções, cistos radiculares, instrumentos fraturados, fraturas traumáticas apicais e iatrogenias. Indicaram ainda a cirurgia apical em situações de rizogênese incompleta devido à impossibilidade, naquela época, de se obturar adequadamente o canal radicular. Combateram, entretanto, qualquer cirurgia feita antes de esgotados todos os recursos terapêuticos fornecidos pela técnica endodôntica.

Quanto às indicações, Carvalho et al. (1981), após avaliarem 55 dentes submetidos a cirurgias parendodônticas, salientaram que a necessidade desta terapêutica diminui na medida em que avançam os recursos de tratamento e re-intervenção endodônticos.

Abdal e Retief (1982) reforçaram as características desejadas aos materiais retrobturadores: compatibilidade aos tecidos periapicais, estabilidade dimensional, insolubilidade aos fluidos bucais, fácil manipulação, capacidade bacteriostática e de selamento apical, radiopacidade, além de não possuir efeito carcinogênico.

Segundo Antoniazzi (1982), o selamento do endodonto visa impedir a transferência de microrganismos e fluidos orgânicos entre a região periapical e a cavidade oral, prevenindo assim a estagnação do exsudato periapical e infecção.

Um importante seminário, publicado por Antoniazzi e Freitas (1982), reuniu diversos especialistas de renome para discutir as possibilidades de tratamento frente aos insucessos endodônticos com vistas ao estabelecimento de um protocolo terapêutico. Discutiram a conceituação e diagnóstico do insucesso endodôntico do ponto de vista clínico, radiográfico e histopatológico e o elenco de medidas disponíveis para a resolução de um fracasso. Prioritariamente deveria se realizar um novo tratamento endodôntico e sua preservação e, somente na sua impossibilidade ou na persistência do processo patológico, estaria indicada a obturação retrógrada, concomitante ao ato cirúrgico. O grupo, apesar de não chegar a normas explícitas de conduta, deixou claro que o prognóstico depende de diagnóstico preciso, seleção do caso, correta execução da terapia eleita e, secundariamente, da extensão do dano, fator etiológico do insucesso, saúde do paciente e sua colaboração ao tratamento.

Preocupados com o fato de que o selamento retrógrado insatisfatório ser considerado a principal causa dos fracassos da endodontia cirúrgica, Stabholz et al. (1985) compararam os resultados de dois estudos e encontraram uma clara correlação entre adaptação marginal de materiais retrobturadores e seu selamento. Utilizaram-se de 50 dentes extraídos e os subdividiram em 5 grupos de 10 espécimes. Amálgama, fosfato de zinco, Restodent, Cavit-W e Duralon foram os materiais testados. Restodent foi o material que, em microscopia eletrônica de varredura (MEV), demonstrou melhor adaptação e também foi o material que apresentou menor infiltração. O amálgama obteve o pior desempenho.

Lage-Marques (1990) estudou a eficiência do selamento marginal apical de obturações endodônticas pela infiltração do corante azul de metileno frente a variações anatômicas, presença de coroa dental, nível de adaptação do cone principal de guta percha, com ou sem condensação vertical final. Apontou o cianoacrilato de etila como o agente impermeabilizante de escolha na impermeabilização radicular externa, pela sua eficiência, rapidez e facilidade de execução.

Ramachandran et al. (1990) avaliaram, sob microscopia ótica e eletrônica, 9 biópsias - envolvendo o ápice dental, lesão periapical e uma fina camada de osso circunjacente - de casos clínicos refratários ao tratamento endodôntico convencional, onde a cirurgia parendodôntica estaria indicada. O estudo apresenta evidências da presença de microrganismos intra-radiculares, dentre os quais bactérias e fungos, na maioria dos casos em que há imagem radiográfica de lesão periapical persistente. Naqueles casos onde não foi detectada a presença de microrganismos, havia indícios de reação de corpo estranho frente ao material obturador.

Friedman (1991) realizou uma revisão da literatura em que discutiu os materiais e técnicas utilizados em cirurgia parendodôntica. Encontrou sempre taxas insatisfatórias de sucesso relacionadas aos materiais utilizados até então, como o amálgama, resina composta, cimentos à base de óxido de zinco e eugenol como o IRM e Super EBA, ionômero de vidro, policarboxilato entre outros. Considerou que o amálgama, associado ao verniz cavitário, era ainda o material de escolha em retrobturação porém a busca por alternativas a ele deveria continuar, devido aos baixos índices de sucesso atingidos.

Molven, Olsen e Kerekes (1991) encontraram, através de microscopia eletrônica de varredura (MEV), microrganismos presentes nos 2 mm apicais em 10

de 12 raízes dentais humanas com lesão periapical presente. As 2 raízes restantes apresentaram bactérias presentes coronariamente ao terço apical. Este estudo possibilitou um aprofundamento no conhecimento da topografia da colonização bacteriana nesta região, que pode eventualmente impedir o sucesso da terapia endodôntica convencional.

Molven, Halse e Grung (1991), em um estudo incluindo 224 dentes, consideraram que os casos retrobturados com amálgama tiveram maior índice de fracasso que aqueles cujo tratamento ortógrado foi realizado simultaneamente à cirurgia. Sugerem então, baseados neste estudo, que quando possível, obturações endodônticas realizadas pelo acesso coronário devem ser realizadas – e as retrobturações em amálgama, evitadas – nas cirurgias parendodônticas.

Frank et al. (1992), ao analisar o resultado clínico de obturações retrógradas de amálgama cirurgicamente aplicadas a mais de 10 anos, encontraram um alto índice de fracasso. De 104 dentes avaliados, 44 (42,3%) resultaram em insucesso.

Gartner e Dorn (1992) publicaram um artigo que trata dos avanços alcançados pela técnica cirúrgica até então. Discutiram e sugeriram alterações na nomenclatura, como a adoção do termo “cirurgia periradicular” ao invés de apicectomia, que indica apenas uma etapa de todo o tratamento. Traçaram uma série de considerações pré, trans e pós-operatórias, além de discutirem os diversos materiais utilizados à época. De fundamental importância é o item relacionado ao preparo apical, que deve ter profundidade suficiente para incluir todos os túbulos dentinários. Idealmente, o mesmo deveria ser realizado com ultra-som, com o menor bixel possível, por proporcionar um preparo preciso, sem desvio do canal, além de produzir maior remoção de debris. Dentre as propriedades do material de preenchimento apical observam que o mesmo não deveria ser afetado por umidade,

antes ou após tomar presa além de permitir fácil manipulação e inserção. Enumeram ainda 8 desvantagens do amálgama relacionando 12 trabalhos que demonstram seu selamento insatisfatório.

Lage-Marques (1992), em estudo *in vitro* da capacidade seladora de alguns materiais utilizados no estudo da permeabilidade dentinária e selamento marginal pelos métodos de submersão em corante Rodamina B e microbiológico, verificou que o cianoacrilato de etila e o n-butil cianoacrilato atingiram os melhores resultados, frente ao araldite normal e ultra-rápido, esmalte de unha e resina orto T-208. Verificou também que a remoção da película do agente impermeabilizador antes da leitura de infiltração é de fundamental importância.

Kücükay, Kücükay e Bayirli (1993) conduziram um estudo com a finalidade de avaliar determinados fatores que poderiam influenciar os resultados dos métodos de avaliação qualitativa do selamento obtido em retrobturações, por infiltração por corante. Imergir imediatamente ou após 72 h os espécimes, em tinta da Índia, não trouxe qualquer diferença estatística, assim como não foram diferentes os resultados obtidos através da técnica de infiltração passiva ou forçada por centrifugação, durante 20 min a 3.000 rpm.

No primeiro trabalho de uma longa série a respeito do MTA, Torabinejad, Watson e Pitt Ford (1993) utilizaram o corante Rodamina B para avaliar a capacidade de selamento desse material frente ao amálgama de prata sem zinco e ao cimento à base de óxido de zinco e eugenol Super EBA, quando utilizados como materiais retrobturadores. Foram utilizados 30 dentes uniradiculares extraídos que, depois de preparados e obturados com guta percha e cimento endodôntico, foram impermeabilizados externamente com 2 camadas de esmalte de unha. Tiveram então, 3 a 4 mm apicais resectados e os condutos retropreparados a 3 mm de

profundidade, com brocas de alta rotação. Divididos em 3 grupos de 10 dentes, todas as raízes foram expostas à solução de Rodamina por 24 horas, seccionadas longitudinalmente e a extensão da infiltração do corante medida através de um microscópio confocal. A análise estatística mostrou que o trióxido mineral agregado (MTA) infiltrou significativamente menos que o super EBA, que, por sua vez, infiltrou significativamente menos que o amálgama.

Wu e Wesselink (1993), realizaram um levantamento dos estudos de infiltração endodôntica publicados entre 1971 e 1990. Foram 189 artigos relacionados ao tema nas revistas Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology (OSMP), Journal of Endodontics (JE), International Endodontic Journal (IEJ) e Endodontics and Dental Traumatology (EDT). Somente entre 1989 e 1990, foram publicados 61 deles. Tal fato posiciona os estudos de infiltração, nestes 20 anos, como o tema mais freqüente no universo de pesquisas em endodontia. Ao comparar os resultados da infiltração linear de corante através de dentes obturados com condensação lateral a frio, técnica utilizada como controle na maioria dos estudos, os autores verificaram uma grande variação dentre os trabalhos, o que põe em questão a confiabilidade dos resultados. Variações no tempo de imersão, marcadores utilizados e seu pH, tamanho molecular e reatividade química, remoção ou não de *smear layer*, dentre outras variações, tornam difíceis as comparações. Fazem forte crítica à análise de infiltração linear pela fratura longitudinal dos espécimes, por expor apenas uma parte limitada do canal. Consideram, porém, que quanto menor a infiltração melhor é a obturação, apesar de não estar ainda estabelecido se é necessário um completo selamento. Sugerem para tanto a utilização de corantes de pequeno peso molecular.

Gilheany, Figdor e Tyas (1994) avaliaram a profundidade das obturações retrógradas e sua relação com a infiltração marginal e permeabilidade dentinária. Observaram, utilizando um aparelho de condutância hidráulica, que o aumento da profundidade da obturação retrógrada garantiu menor infiltração marginal. Ao comparar ápices cortados perpendicularmente à raiz ou em 30 e 45° em relação ao longo eixo do dente, observaram que a resecção angular em bixel, facilitadora do acesso cirúrgico, expõe um grande número de canais de comunicação (túbulos dentinários) entre o sistema endodôntico contaminado e os tecidos circundantes.

Torabinejad et al. (1994a) compararam *in vitro* a infiltração de corante azul de metileno a 1% em retrobturações com amálgama, Super EBA, IRM e MTA, na presença ou ausência de sangue nas cavidades apicais obturadas. O MTA teve infiltração linear significativamente menor que os demais materiais testados, não havendo diferença estatística na presença ou ausência de sangue nas cavidades retrobturadas.

Torabinejad, Lee e Hong (1994b) procuraram estabelecer uma correlação entre sucesso clínico da terapia endodôntica e análise *in vitro* de infiltração de corante. Ao verificar a ocorrência de infiltração de azul de metileno em 4 casos clínicos de sucesso radiográfico e um de insucesso, em dentes extraídos por motivos protéticos, questionaram a validade destes testes. Porém, apesar de não estar estabelecida a máxima infiltração permitida, consideraram prudente utilizar-se de materiais e técnicas endodônticas que promovam o melhor selamento possível.

Abedi et al. (1995) observaram *in vitro*, sob MEV e fotografias, uma incidência estatisticamente maior de trincas nas paredes das cavidades apicais preparadas por ultra-som que aquelas preparadas por brocas.

Engel e Steiman (1995) observaram que, apesar da eventual ocorrência de

fraturas relacionadas à vibração ultra-sônica durante o retropreparo, esta técnica é mais segura e eficiente se comparada à alta ou baixa rotação. O uso de peça de mão elevou o risco de perfuração radicular, pelo maior desgaste das paredes internas da cavidade retrógrada.

Kettering e Torabinejad (1995), considerando que um material retrobturador ideal deva não somente selar adequadamente a cavidade apical como também ser biocompatível aos tecidos periapicais e não carcinogênico, investigaram se o MTA, assim como o IRM e Super EBA, apresentava efeito mutagênico, pois até então havia poucas informações a esse respeito. Os resultados concluíram que nenhum dos materiais testados, incluindo o MTA, é mutagênico, de acordo com o *Ames Test*.

Torabinejad et al. (1995a), uma vez já analisada a qualidade de selamento frente à infiltração de corantes, realizaram novo teste de infiltração, agora por microrganismos. Foi determinado, *in vitro*, o tempo necessário para a penetração de *Staphylococcus epidermidis* através de retrobturações de 3 mm em espessura de MTA, amálgama, Super EBA e IRM. Os microrganismos avaliados atravessaram a maioria das retrobturações preenchidas por amálgama, Super-EBA ou IRM entre o 6º e o 57º dia. Dos 10 dentes retrobturados por MTA, apenas 2 elementos infiltraram nos 25º e 41º dia, sendo que 8 deles não permitiram a infiltração ao longo de todo o período estudado, de 90 dias.

Torabinejad et al. (1995b) examinaram a resposta histológica do tecido periapical ao MTA e amálgama. Após a indução de lesão periapical em 46 dentes de 6 cães, submetidos à cirurgia periradicular com apicectomia e retrobturação com amálgama ou MTA, os autores encontraram uma boa resposta tecidual frente ao segundo material. No período de 10 a 18 semanas foi freqüente a presença de cápsulas fibrosas assim como cemento adjacentes ao MTA.

Torabinejad et al. (1995c) identificaram a composição química do MTA, que consiste de um pó de finas partículas hidrofílicas cujos principais constituintes são o silicato tricálcio, alumínio tricálcio, óxido tricálcio e óxido de silicato, além de pequenas partículas de outros minerais responsáveis por algumas propriedades desse agregado, como o óxido de bismuto, que lhe fornece radiopacidade. Ao ser hidratado, forma-se um gel coloidal que, após tomar presa, passa a ser constituído principalmente por óxido de cálcio e fosfato de cálcio. O pH inicial de 10,2 sobe para 12,5 três horas após a mistura, quando se estabiliza. O tempo de presa é longo, de 2 horas e 45 minutos, sendo que por 24 horas o MTA apresenta baixa resistência à compressão, 40 MPa, que se eleva a 67 MPa aos 21 dias. Possui radiopacidade superior ao IRM e Super EBA, porém inferior ao amálgama. Exceto pelo IRM, os materiais testados não apresentaram solubilidade nas condições do estudo.

Torabinejad et al. (1995d), examinaram *in vitro* a reação tecidual de Super EBA e MTA implantados em mandíbulas de cobaias por 2 meses e constataram que ambos são biocompatíveis, com um resultado sensivelmente melhor para o MTA.

Torabinejad et al. (1995e) avaliaram, em outro trabalho, a citotoxicidade do amálgama, IRM, Super EBA e MTA nas formas frescas (recém-espatuladas) ou tardias (após a presa). O MTA se apresentou como o material menos tóxico, sendo indicado, nessa fase, o início das avaliações *in vivo*.

Torabinejad et al. (1995f) compararam os efeitos do MTA, amálgama, óxido de zinco e eugenol e Super EBA, frente a 9 bactérias facultativas e 7 anaeróbias, porém nenhum efeito foi observado sobre as anaeróbias. Nenhum dos materiais foi capaz de eliminar todos os microrganismos testados.

Torabinejad et al. (1995g) investigaram sob MEV a adaptação marginal dos materiais MTA, amálgama, Super EBA e IRM. Réplicas em resina da superfície

resectada foram utilizadas para evitar-se os artefatos de técnica ocorridos nos cortes originais. O MTA apresentou uma adaptação significativamente melhor, sem espaços nas interfaces avaliadas junto ao dente enquanto que, nos demais materiais, estes variavam entre 3,8 a 14,9 μm .

Bates, Carnes e del Rio (1996) utilizaram um sistema de filtração de fluídos em um estudo longitudinal da capacidade seladora do MTA, amálgama com verniz cavitário e Super EBA. Avaliações após 24 h, 72 h, 2, 4, 8 e 12 semanas resultaram em uma significativa menor infiltração do MTA frente ao amálgama. O Super EBA foi semelhante ao MTA nos períodos de 24 h, 72 h e 2 semanas, porém nos períodos subsequentes de 4, 8 e 12 semanas, a diferença também tornou-se significativa, quando o MTA apresentou menor grau de infiltração.

Layton et al. (1996) observaram um número significativamente maior de fraturas em superfícies radiculares resectadas de dentes humanos extraídos após o uso de insertos ultra-sônicos. Três tipos de fraturas foram observados: com envolvimento do canal, de dentina ou apenas de cimento. Houve um número significativamente maior de fraturas quando a ponta ultra-sônica foi utilizada em alta potência.

Sumi et al. (1996), ao avaliar os resultados de 157 cirurgias parendodônticas cujos preparos apicais foram realizados por ultra-som, encontraram uma taxa de sucesso de 92,4%, em um período de análise entre 6 meses e 3 anos.

Beling et al. (1997) não encontraram diferença significativa na incidência de micro fraturas apicais em retropreparos realizados por brocas ou ultra-som.

Lage-Marques (1997) realizou cortes transversais de 1 mm de espessura, no sentido ápico-cervical para avaliar as infiltrações longitudinal e lateral de corante em obturações retrógradas. A infiltração longitudinal foi medida de apical para cervical,

em função de cada secção em que o corante pode ser observado. A infiltração lateral foi medida por atribuição de escores de acordo com as áreas marcadas pelo corante.

Torabinejad et al. (1997) realizaram um estudo *in vivo* em macacos, em que a resposta histológica dos tecidos periradiculares ao MTA e amálgama, utilizados como materiais retrobturadores, foi avaliada. Não houve inflamação periradicular circunvizinha em 5 de 6 retrobturações com MTA além de ocorrer uma completa formação de cimento sobre o material no mesmo número de amostras. Quanto às retrobturações realizadas com amálgama, todas apresentaram inflamação periradicular persistente sem formação de cimento sobre o material. Pela primeira vez, o MTA foi recomendado como material retrobturador em humanos.

Bramante, Bramante e Bernardinelli (1998), ao compararem tipos de insertos e aparelhos ultra-sônicos de diferentes marcas – *Multisonic*, da Gnatus ou *Enac*, da Osada – notaram um retropreparo mais rápido porém irregular com pontas diamantadas do que com lisas, utilizando a menor potência de vibração em ambos os aparelhos. O Multisonic produziu paredes mais lisas que o Enac, provavelmente devido ao menor tamanho das partículas de diamante do primeiro.

Uma vez estabelecido por outros trabalhos que o MTA inibe significativamente a infiltração apical, Fischer, Arens e Miller (1998) avaliaram *in vitro* o tempo necessário para a penetração de *Serratia marcescens* através de 3 mm de retrobturações com este material, assim como por amálgama sem zinco, IRM ou Super-EBA. Os espécimes retrobturados com amálgama permitiram a infiltração entre 10 e 63 dias. Houve infiltração naqueles dentes retrobturados com IRM entre 28 e 91 dias e entre 42 e 101 dias para o Super EBA. Dos espécimes preenchidos com MTA, somente a partir do 49º dia houve alguma infiltração de microrganismos,

sendo que 4 espécimes não permitiram infiltração até o término do experimento. A análise estatística denotou o MTA como o mais efetivo material retrobturador frente à infiltração de *S. marcescens*, nas condições do experimento.

Koh et al. (1998) examinaram por MEV a citomorfologia de odontoblastos frente ao MTA ou IRM, assim como a eventual produção de citocina. Células saudáveis cresceram em contato direto com o MTA entre 1 e 3 dias, enquanto que cresceram, ao redor do IRM, células com morfologia alterada. O teste de Elisa revelou pequena ascensão de todas as interleucinas a cada período de avaliação junto ao MTA enquanto que próximo ao IRM não foi possível detectar sua produção. Sugere este estudo que o MTA fornece substrato biologicamente ativo para células ósseas, além de estimular a produção de interleucina.

Avaliar *in vitro* a capacidade de selamento do MTA e amálgama quanto à infiltração da bactéria anaeróbica *Fusobacterium nucleatum* foi a meta de Nakata, Bae e Baumgartner (1998). Utilizaram 42 molares humanos extraídos e, excluindo-se os grupos controles de 3 espécimes cada, os demais espécimes foram divididos em 2 grupos de 18 dentes. Preparou-se então, com brocas de alta rotação, perfurações padronizadas na região de furca para receber os materiais avaliados, que foram submetidos à infiltração. No grupo do amálgama, 8 espécimes permitiram a passagem dos microrganismos testados, enquanto que, dentre aqueles restaurados com MTA, nenhum infiltrou durante os 45 dias do experimento.

O sistema de infiltração por transporte de fluido tem a vantagem de possibilitar realizar, no mesmo espécime, várias leituras ao longo do tempo. Com isso viabiliza a compreensão da dinâmica que ocorre nas diversas etapas que atravessa o material, desde sua presa até possíveis contrações, dilatações ou solubilização. Wu, Kontakiotis e Wesselink, (1998) se propuseram a acompanhar por

1 ano estas variações quanto à infiltração através de corpos de prova restaurados com MTA, Super EBA, amálgama e dois tipos de ionômero de vidro. Fatias transversais de dentes uniradiculares bovinos com 3 mm de altura foram preenchidas com os materiais avaliados, após padronização de suas medidas internas e externas, formando 5 grupos experimentais de 20 espécimes cada. As medidas de infiltração ocorreram após 24 h, 3, 6 e 12 meses, sendo que nos intervalos os espécimes eram conservados em esponja úmida a 37°C. Enquanto, durante os primeiros 3 meses, ocorreu um aumento considerável na infiltração nos grupos do amálgama (de 20 para 100%) e Super EBA (de 0 para 55%), o grupo do MTA teve uma clara redução de valores (de 55% para 0%). Após este período, houve um decréscimo da passagem de líquidos através dos corpos de amálgama e Super EBA, sendo que para o MTA manteve-se baixa até o término da experiência. Os espécimes preenchidos pelos 2 tipos de ionômero mantiveram uma infiltração inferior ao amálgama e Super EBA, com poucas variações, ao longo do experimento.

Yatsushiro, Baumgartner e Tinkle (1998) também se valeram da infiltração por condução de fluido para comparar o selamento promovido por amálgama e MTA, porém utilizaram dentes humanos extraídos, retropreparados com ultra-som. 33 pares de dentes uniradiculares foram utilizados sendo 3 para controle positivo e negativo e 30 divididos entre os 2 grupos. Avaliados nos tempos de 1, 2, 3, 4, 8, 12, 16, 20 e 24 semanas, trouxeram como principal resultado uma alta e crescente infiltração do amálgama, além de grande variabilidade entre os espécimes. Já o MTA, com infiltração estatisticamente menor, não variou de forma significativa entre os espécimes.

Adamo et al. (1999) utilizaram um sistema de microinfiltração bacteriana para avaliar a permeabilidade de retrobturações realizadas com MTA, Super EBA, resina

composta com adesivo dentinário e amálgama, com ou sem adesivo dentinário. Utilizaram 60 dentes uniradiculares divididos aleatoriamente pelos 5 grupos, além dos controles positivo e negativo. Os retropreparos, realizados com ultra-som, foram preenchidos e o acesso coronário foi contaminado a cada 48 h. A cada 24 h era verificada a ocorrência de alteração cromática do meio de cultura, o que indicaria a contaminação bacteriana. Sob as condições do estudo, não houve diferença significativa nas taxas de infiltração por *S. salivarius*, bactéria utilizada no experimento, dentre os grupos testados.

Johnson (1999) apresentou uma revisão da literatura onde enumerou os materiais retrobturadores mais utilizados, enfatizando suas indicações e contra-indicações. Considera o MTA como um material promissor, que requer, porém, experiência profissional devido à sua dificuldade de trabalho.

Voltando aos estudos de biocompatibilidade, Mitchell et al. (1999) investigou a biocompatibilidade de 3 variações do MTA, frente células de osteosarcoma MG63, escolhidas por pertencerem a uma linhagem de células geneticamente idênticas entre si, tornando o experimento standardizado e reproduzível, além de sua fisiologia e propriedade adesiva serem semelhantes aos osteoblastos. Tais variações do MTA foram introduzidas, segundo o autor, para melhorar as características de manuseio e cor do material original. Outros materiais foram também analisados neste experimento, como referência para comparação. A contagem celular mostrou áreas do material totalmente recobertas por células já a partir de 2 dias. A expressão de interleucinas IL-6 e IL-8 na presença de MTA sugere não só sua importante biocompatibilidade como também, possivelmente, sua capacidade de promover a regeneração óssea e vascular. As variantes de MTA testadas foram consideradas adequadas para uso em ensaios clínicos.

Schwartz et al. (1999) descreveram 5 casos clínicos de uso do MTA em humanos envolvendo fratura radicular horizontal, reabsorção radicular externa, apicificação e perfuração apical ou de furca, com sucesso verificado clínica e radiograficamente aos 6 meses de controle. Consideraram necessários estudos longitudinais para melhor julgar os resultados.

Shabahang et al. (1999), avaliaram as propriedades do MTA, comparativamente ao hidróxido de cálcio e à proteína osteogênica-1, na formação de tecido duro apical, ao simular apicificação em 64 raízes imaturas de cães. Através de avaliação histomorfométrica concluiu-se que o MTA produziu tecido de consistência significativamente maior, porém em quantidade equivalente aos demais materiais.

Uma vez estabelecido o selamento, a biocompatibilidade e a indução da regeneração tecidual periférica ao MTA, Torabinejad e Chivian (1999) apresentaram uma série de procedimentos clínicos para o uso do material nas suas diversas indicações, entre as quais a obturação retrógrada em cirurgia parendodôntica.

Aqrabawi (2000), ao comparar *in vitro* amálgama, Super EBA e MTA, obteve melhor selamento pelo MTA, quando utilizados como materiais retrobturadores. Utilizou 25 dentes uniradiculares superiores em cada um dos 3 grupos, que foram submersos depois de realizadas as retrobturações. Em sua análise, considerou aceitáveis as obturações que não permitiram a passagem do corante além dos limites da retrobturação e inaceitáveis aquelas em que o corante ultrapassou estes limites, não observando a medida linear de infiltração. Apresentaram-se inaceitáveis 56% dos espécimes retrobturados com amálgama e 20% daqueles preenchidos com Super EBA. No entanto, 100% de êxito foi obtido com o MTA, que não sofreu qualquer infiltração.

Estrela et al. (2000) ao analisar, sob Espectrômetro de Fluorescência de Raios-x, os constituintes químicos do MTA e de 2 amostras de cimentos Portland (PC), verificaram grande semelhança entre os mesmos, com exceção à presença de bismuto no MTA. Neste mesmo estudo, os efeitos antimicrobianos destes materiais, pasta de hidróxido de cálcio, Sealapex e Dycal, frente a 4 cepas bacterianas: *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis* e ao fungo *Candida albicans*, foram comparados. Somente a pasta de hidróxido de cálcio apresentou halos de inibição, entre 6 e 9,5 mm, frente a todos os microrganismos testados, com zonas de difusão entre 10 e 18 mm. O Dycal não apresentou halos de inibição ou difusão enquanto que o MTA, as amostras de PC e o Sealapex apresentaram somente zonas de difusão, maiores no último.

A citotoxicidade do MTA a fibroblastos oriundos de ligamento periodontal humano, medida pela variação da atividade mitocondrial destas células frente a diferentes concentrações, foi testada *in vitro* por Keiser, Johnson e Tipton (2000) e comparada a de outros materiais retrobturadores, Super EBA e amálgama. O MTA foi menos tóxico que o Super EBA e amálgama quando recém espatulado. Testados 24 horas após a presa, quando colocados em baixas concentrações, o amálgama foi o menos tóxico, seguido pelo MTA e Super EBA. Em altas concentrações o MTA foi novamente o menos tóxico, seguido pelo amálgama e Super EBA.

Apesar dos vários estudos a respeito das propriedades do MTA, poucos autores descrevem a maneira de inseri-lo na cavidade. Lee (2000) apresentou um artigo em que propõe uma técnica de aplicação do MTA na retrocavidade apical. Comenta que geralmente os clínicos se valem para tal finalidade de porta-amálgamas cirúrgicos ou seringas como a Centrix (Centrix, Inc. Shelton, CT) que, em determinadas situações clínicas, são difíceis de se utilizar, devido ao difícil

acesso à loja cirúrgica assim como pelas pequenas dimensões do preparo apical. Considera que, pelo longo tempo de presa do material e por se desidratar rapidamente, tende a se esfarelar, o que torna difícil seu uso clínico. Para superar tais dificuldades, o autor descreve uma técnica que consiste no preparo de pequenas porções de MTA em um bloco retangular de resina, em que o autor realizou várias perfurações com broca 169 em alta rotação a serem preenchidas com o MTA. Uma gaze umedecida seria aplicada sobre o bloco a fim de se evitar a excessiva desidratação do material. Uma vez preparada a retrocavidade cirúrgica, uma porção de MTA seria retirada do bloco de resina com a ponta de um Hollembach e transportada aos retropreparos apicais para serem condensados com o auxílio de calcadores. Novas porções de MTA seriam levadas da peça de resina ao preparo apical e condensadas seqüencialmente até seu adequado preenchimento.

Moretton et al. (2000) investigaram a biocompatibilidade do MTA e Super-EBA pelo implante subcutâneo e intra-ósseo em ratos. Neste experimento, ambos os materiais foram osteocondutores, uma vez que ocorreu osteogênese sobre os mesmos nos implantes intra-ósseos. Áreas de inflamação severa surgiram próximas aos implantes subcutâneos de MTA nos períodos iniciais, menos intensa nos implantes intra-ósseos. Assim como acontece em implantes de hidróxido de cálcio, ocorreram áreas de necrose por coagulação e calcificação distrófica no tecido em contato direto com o MTA.

Uma vez que a interação entre material retrobturador e células ósseas é de extrema importância no processo reparacional de lesões cirúrgicas, Zhu et al. (2000) avaliaram, através de MEV, a ocorrência *in vitro* da adesão de células semelhantes a osteoblastos humanos (linhagem SaOS-2) sobre o MTA, IRM, amálgama e resina

composta. Após 1 dia em cultura, houve aderência e crescimento celular sobre o MTA e resina composta, entretanto, pouca aderência sobre o amálgama e IRM e nenhum crescimento sobre o último.

Com a evolução técnica e material dos procedimentos cirúrgicos, associados ao rigor necessário à correta seleção de casos, Zuolo, Ferreira e Guttmann (2000) verificaram um crescimento em seu índice de sucesso. Em seu estudo envolvendo 102 dentes tratados e preservados por um período entre 1 e 4 anos, obtiveram uma taxa de sucesso de 91,2%. Todos os tratamentos foram realizados utilizando-se apicectomia com brocas diamantadas de fina granulação, retropreparo por ultra-som e IRM como material retrobturador.

Dalçóquio et al. (2001) compararam a infiltração de azul de metileno a 1% por meio de espectrofotometria nos períodos de 48 h, 7 e 60 dias em retrobturações realizadas com MTA, Ketac-fil, IRM e cianoacrilato. Em 7 dias o MTA e o ionômero de vidro infiltraram significativamente menos que os demais materiais, porém não houve diferença estatística nos demais períodos.

Faraco e Holland (2001), ao comparar a resposta do tecido pulpar de cães ao MTA e um cimento de hidróxido de cálcio (Dycal), obtiveram melhor resposta da polpa capeada com o primeiro material. Houve formação de dentina mais organizada, com camada de odontoblastos sob o material, livre de microrganismos ou processo inflamatório, diferente do ocorrido com o hidróxido de cálcio, que promoveu formação de barreira de tecido mineralizado em apenas 5 de 15 espécimes. Inflamação e penetração de microrganismos também foram freqüentes frente ao hidróxido de cálcio. Os autores acreditam que o mecanismo de ação de ambos materiais seja semelhante, já que o MTA, apesar de não apresentar hidróxido de cálcio na sua composição inicial, possui óxido de cálcio que, ao entrar em contato

com umidade, reage formando hidróxido de cálcio. Porém, ao tomar presa o MTA promove melhor selamento.

Pelo método de filtração de fluido, Fogel e Peikoff (2001) testaram *in vitro* 5 materiais retrobturadores: amálgama, IRM, resina, Super-EBA e MTA. Foram utilizados 60 dentes uniradiculares apicectomizados de 2 a 3 mm, perpendicularmente ao longo de seus eixos e, posteriormente, uma retrocavidade foi preparada com ultra-som. Uma semana após as retrobturações terem sido realizadas e os dentes armazenados em solução salina, as mesmas foram submetidas ao teste de microinfiltração. Os resultados demonstraram que as retrobturações de amálgama infiltraram mais que o Super-EBA, resina ou MTA.

A resposta histológica ao MTA foi avaliada por Holland et al. (2001a) em um experimento em cães. 48 raízes tratadas endodonticamente foram perfuradas intencionalmente e reparadas com MTA ou, como controle, Sealapex, um cimento obturador com hidróxido de cálcio em sua formulação. Após 30 e 180 dias, foram realizadas as análises histológicas, em que se observou ausência de inflamação e formação de cimento sobre o MTA na maioria dos espécimes. O Sealapex permitiu leve depósito de cimento em apenas 3 espécimes após 180 dias e inflamação crônica em todos os casos.

Uma vez que o MTA apresenta grande similaridade química com o cimento Portland, Holland et al. (2001b) submeteram os dois materiais a uma análise comparativa sobre o tecido pulpar de cães submetidos a capeamento direto ou pulpotomia. Houve formação de dentina tubular na maioria dos espécimes, sob ambos os materiais, sem diferença estatística. Foi identificada pelo grupo, falha no selamento coronário daqueles espécimes onde não ocorreu formação completa da barreira de dentina, o que pode ter permitido contaminação tecidual.

Holland et al. (2001c), ainda compararam o MTA e cimento Portland ao hidróxido de cálcio quanto à sua capacidade de promover a formação de tecido calcificado. Ao utilizar luz polarizada e técnica de Von Kossa para avaliação histológica de tecido subcutâneo em ratos, observaram similaridade entre os materiais na indução de tecido mineralizado, pela reação entre o cálcio liberado pelo hidróxido de cálcio e o dióxido de carbono do tecido, formando cristais de calcita.

Roda (2001) apresentou 2 casos clínicos em que o MTA foi utilizado com sucesso com vistas ao selamento de perfuração radicular. Em apenas um dos casos foi descrita a técnica de aplicação do material, com pontas de papel absorvente que, segundo o autor, foram utilizadas para condensar e remover o excesso de umidade do material.

Uma vez que a cirurgia periradicular muitas vezes se dá em presença de inflamação, Roy, Jeansonne e Gerrets (2001) testaram *in vitro* o selamento de retrobturações de amálgama, Geristore, Super-EBA, MTA, cimento de fosfato de cálcio e MTA associado ao cimento de fosfato de cálcio utilizado como matriz, frente a um ambiente de pH ácido. Previamente à infiltração de tinta Pelikan, metade dos espécimes de cada grupo foi submetida a um pH 5,0 por 24 h e os demais ao pH 7,4 por igual período de tempo. Concluíram que o ambiente ácido não prejudicou a capacidade seladora dos materiais avaliados, inclusive melhorando tal propriedade para o Geristore e o MTA associado à matriz de cimento de fosfato de cálcio.

O MTA leva um longo período, acima de 2 horas, para completar sua presa. Tal fato pode pôr em risco sua manutenção na cavidade retrobturada pela possibilidade de, durante esse período, o material ser carregado pela ação dos fluidos teciduais ou sangramento da loja cirúrgica. Para avaliar se a utilização de um acelerador de presa, Cloreto de cálcio (CaCl_2), poderia afetar sua

biocompatibilidade, Abdullah et al. (2002) realizaram um estudo onde 2 variantes de cimento Portland de presa acelerada, pela adição de 10 ou 15% de cloreto de cálcio, cimento Portland não modificado, MTA e ionômero de vidro foram testados. Observou-se a citomorfologia de células humanas de osteosarcoma SaOS-2, muito semelhantes aos osteoblastos, na presença dos materiais testados, assim como os efeitos destes materiais na expressão de marcadores de remodelação óssea. A morfologia celular foi observada em microscopia eletrônica de varredura nos tempos de 12, 24, 48 e 72 h e o meio de cultura foi coletado para a quantificação de citocina pelo método de ELISA. Na avaliação por MEV, células saudáveis de SaOS-2 foram encontradas aderidas às superfícies de ambas variantes de cimento Portland acelerado, do cimento Portland não modificado assim como sobre o MTA. Em contraste, células alteradas foram encontradas sobre as superfícies de ionômero de vidro. Os níveis de interleucina detectados pelo ELISA foram significativamente maiores nas variações de cimento Portland acelerado, mas não estatisticamente maiores que no MTA. Os resultados deste estudo evidenciam que a adição de cloreto de cálcio (CaCl_2), como acelerador da reação de presa, não interfere negativamente na biocompatibilidade do cimento Portland ou até mesmo melhora esta característica, promovendo a reparação óssea.

Hachmeister et al. (2002), por meio de infiltração bacteriana, verificaram a qualidade de selamento promovido por diferentes técnicas de acomodamento do MTA em forames incompletos. Analisaram também a resistência ao deslocamento do material, ao variar sua espessura e via de aplicação. A aplicação não cirúrgica do MTA, pela via coronária, permitiu infiltração de *Enterobacter aerogenes* em menor tempo do que diretamente pela via cirúrgica. Observaram ainda que uma maior espessura do MTA (4 mm) foi mais resistente ao deslocamento que uma menor

espessura (1 mm). Concluíram que o MTA é promissor no tratamento de dentes imaturos despulpados, desde que haja um desenvolvimento na técnica de aplicação do material.

Holland et al. (2002) estudaram a reação do tecido conjuntivo subcutâneo de rato ao implante de tubos de dentina obturados com MTA branco, após 7 e 30 dias. Em análise histológica com luz polarizada e técnica de Von Kossa para tecidos mineralizados, verificou-se granulações birrefringentes à luz polarizada seguida de uma estrutura irregular, ambos Von Kossa positivos, sugerindo o início de formação de uma ponte calcificada, semelhante ao MTA cinza. Notaram também um maior tempo de presa do MTA branco. O estudo indica similaridade entre os mecanismos de ação do MTA branco e cinza.

Peters e Peters (2002) investigaram a estabilidade de retrobturações com MTA ou Super-EBA a uma carga mastigatória simulada por computador, equivalente a 5 anos de uso contínuo. Houve um ligeiro decréscimo na adaptação marginal dos materiais às paredes da cavidade, com ligeira sobre-obturação de Super-EBA e sutil sub-obturação do MTA ao longo do tempo de avaliação. Ambos materiais apresentaram adaptação marginal altamente satisfatória antes e após o ciclo mastigatório, à luz da microscopia eletrônica de varredura.

Um novo cimento endodôntico resinoso foi desenvolvido e avaliado por Reeh e Combe (2002). Compararam in vitro a infiltração de corante frente a este material experimental, assim como ao MTA e Super-EBA, amálgama e ionômero de vidro. Encontraram um selamento estatisticamente superior para o novo material testado. Segundo os autores, o MTA não resistiu à infiltração por ter sido imerso em corante hidrossolúvel – azul de metileno – imediatamente após sua inserção na retrocavidade, fase em que o MTA é bastante hidrofílico.

Regan, Gutmann e Witherspoon (2002) compararam, em dentes de cães, o potencial do MTA e do cimento resinoso Diaket em promover regeneração tecidual, quando utilizados como material retrógrado. A avaliação histológica foi realizada após 60 dias e não encontrou diferença estatística entre os materiais, que promoveram regeneração tecidual satisfatória. Os autores apontaram as principais diferenças entre os materiais: apesar do MTA ser facilmente espatulado, suas características de manipulação não são ideais; pode ser difícil de ser aplicado e compactado em diversos preparos apicais; o Diaket, além de apresentar tempo de presa mais rápido e superior radiopacidade, é muito simples de se inserir e compactar em praticamente todas as cavidades preparadas.

Lipopolissacarídeos (LPS), também nomeados como endotoxinas, fazem parte da membrana de bactérias gram negativas e, liberadas após a morte destes microrganismos, são capazes de promover inflamação e lesão periapical. Para verificar a capacidade dos principais materiais retrobturadores de impedir a passagem destes subprodutos para a região periapical, Tang, Torabinejad e Kettering (2002) conduziram um estudo *in vitro* no qual o MTA apresentou menor infiltração de endotoxinas do que Super-EBA, IRM e amálgama, não ocorrendo diferenças estatísticas entre os demais materiais.

Weldon et al. (2002) utilizaram um sistema de filtragem de fluido para comparar a qualidade de selamento do MTA àquele do Super-EBA, em perfurações de furca. Optaram por tal sistema já que permite uma análise quantitativa da infiltração sem destruir os espécimes, utilizados para novas avaliações ao longo do tempo. Ambos os materiais selaram adequadamente as perfurações, porém o MTA necessitou 4 horas para promover um selamento satisfatório, com infiltração superior ao Super-EBA na avaliação de 24 h. As demais avaliações, em uma semana e um

mês, não apresentaram diferenças estatísticas entre os materiais.

Al-Nazhan e Al-Judai (2003) investigaram o efeito antifúngico do MTA quando recém espatulado ou 24 h após sua presa. Foram avaliados os resultados após 1 h, 24 h e 3 dias em contato com *Candida albicans*, fungo encontrado em canais contaminados e no tecido periradicular, principalmente em lesões refratárias ao tratamento endodôntico. O MTA fresco foi efetivo em matar o fungo após 1 dia de contato enquanto que o MTA endurecido tornou-se eficaz após o 3º dia. O fungo testado conseguiu crescer durante a 1ª hora, o que mostra uma resistência por apenas um curto período de tempo. Segundo o autor, o efeito antifúngico do MTA deveu-se ao alto PH, que atinge 12,5 3 h após ser manipulado, semelhante ao hidróxido de cálcio que já havia sido testado contra a *C. albicans* com sucesso, após 6 h de incubação.

Aminoshariae, Hartwell e Moon (2003) avaliaram *in vitro* se a adaptação do MTA seria diferente quando colocado em canais radiculares simulados de comprimentos variados, ao utilizar-se 2 métodos diferentes de inserção e condensação. Foram utilizados neste experimento 80 tubos de polietileno, divididos em 4 grupos de 20 espécimes. Cada grupo foi preparado em profundidades diferentes para receber o MTA: 3, 5, 7 ou 10 mm. Cada grupo foi então subdividido em 2 grupos de 10 espécimes para receber o MTA de formas diferentes, sendo que 10 tubos de cada comprimento tiveram o MTA aplicado e condensado manualmente ou por ultra-som. Não houve diferença estatística entre os 4 comprimentos de aplicação de MTA aplicado pelo método manual e a condensação manual resultou em uma melhor adaptação às paredes dos tubos e menos lacunas pelo material do que quando aplicado pelo método ultra-sônico.

Os métodos geralmente utilizados para avaliar a toxicidade dos materiais

odontológicos verificam a inibição da atividade ou do crescimento celular mas não, diretamente, sua morte. Asrari e Lobner (2003) analisaram objetivamente a morte de células neurais, *in vitro*, frente ao MTA, amálgama, Super-EBA ou Diaket recém espatulados ou após sua presa. Puderam com isso, simular os efeitos neurotóxicos próximos ao dente operado ou até mesmo sistêmicos, que tais materiais poderiam apresentar. O amálgama, Super-EBA e Diaket foram tóxicos, quando colocados no meio de cultura imediatamente após a espatulação, efeito que persistiu após 7 dias de presa, enquanto que o MTA não se apresentou neurotóxico em ambos os momentos.

Camp, Jeansonne e Lallier (2003) verificaram a adesão de fibroblastos periodontais e gengivais aos materiais retrobturadores MTA, Super-EBA, amálgama e Geristore, este último um ionômero resinoso. Encontraram maior adesão ao Geristore frente ao MTA, que, por sua vez, permitiu maior adesão, em 24h, que o Super-EBA ou amálgama.

Para comparar a taxa de sucesso clínico entre os materiais retrobturadores IRM e MTA, assim como verificar a hipótese de que a reparação ocorreria em menor tempo para o MTA, Chong, Pitt Ford e Hudson (2003) realizaram controle clínico-radiográfico em que radiografias foram tomadas após 12 e 24 meses e comparadas àquelas realizadas imediatamente após as cirurgias. Após 12 meses, a reparação era perceptível radiograficamente em 84% dos dentes retrobturados com MTA e 76% dos que receberam IRM. Aos 24 meses houve reparação em 92% para o MTA e 87% para o IRM, um índice de sucesso considerado alto, porém sem diferença estatística entre os materiais.

Com o objetivo de mensurar e comparar *in vitro* a liberação de íons cálcio assim como o pH do MTA Angelus e do MTA ProRoot (Dentsply), Duarte et al.

(2003) manipularam os materiais em água deionizada e os inseriram em tubos plásticos de 1 cm de comprimento por 1,5 mm de diâmetro interno. Tais tubos foram imersos em água deionizada que teve seu pH medido às 3, 24, 72 e 168 h a partir da espatulação. Os valores de pH e a liberação de íons cálcio foram maiores a partir do MTA Angelus que do ProRoot e houve um ligeiro decréscimo após as 3 primeiras horas em ambos materiais, com estabilização após esse período. O MTA, tendo em sua composição cimento Portland – 75% no ProRoot e 80% no Angelus – é rico em óxido de cálcio que, ao entrar em contato com fluido tecidual ou água se converte em hidróxido de cálcio. Este se dissocia em íons cálcio e hidroxila, que eleva o pH da substância.

Economides et al. (2003) avaliaram, em cães, a resposta tecidual periapical ao MTA quando utilizado como material retrobturador. Houve formação de tecido conjuntivo a partir da primeira semana de avaliação, que evoluíram para depósitos calcificados na interface com o MTA, enquanto que no grupo controle, retrobturado com IRM, o mesmo não ocorreu.

Fridland e Rosado (2003) estudaram a solubilidade e porosidade do MTA quando preparados em diferentes proporções de água e pó. Avaliaram 3 proporções distintas: 0.28, 0.30 e 0.33 gramas de água por grama de cimento, sendo a última delas a razão recomendada pelo fabricante. Ficou determinado que a solubilidade e porosidade aumentam quando a proporção de água aumenta, com diferenças significantes. A análise química dos sais dissolvidos na água identificou o Cálcio como o principal componente químico, provavelmente na forma de hidróxido, devido ao alto pH encontrado, entre 11,94 e 11,99. Esta capacidade de liberar hidróxido de cálcio pode ter significância clínica pela provável relação à comprovada capacidade do MTA em induzir mineralização.

Gondim et al. (2003) investigaram, *in vitro*, a adaptação marginal de materiais retrobturadores em cavidades produzidas por ultra-som. Houve melhora significativa na adaptação marginal de retrobturações com IRM ou Super-EBA polidas com brocas de acabamento após sua presa. O MTA apresentou bom acabamento marginal mesmo sem o polimento final; este, ao ser realizado após o endurecimento do material, não produziu melhores efeitos.

Ao investigar *in vitro* o efeito dos materiais retrobturadores MTA, Retroplast (resina composta), IRM e amálgama sobre fibroblastos e macrófagos de ratos, Haglund et al. (2003) concluíram que todos estes materiais inibiram o crescimento celular. Após o 3º dia de incubação, não havia nenhum crescimento sobre o IRM fresco ou endurecido e sobre o Retroplast fresco. Não houve diferença entre o MTA e amálgama quanto ao crescimento celular, tanto nos grupos onde o material estava fresco quanto com o material endurecido, porém o grupo do Retroplast endurecido apresentou significativamente menor contagem celular que o grupo do MTA endurecido. O MTA causou a desnaturação protéica e células mortas em sua superfície somente quando o material estava recém espatulado. Após o endurecimento, o MTA demonstrou ser biocompatível, sendo o único grupo que não causou alteração morfológica, com baixo impacto sobre o crescimento celular. Não foi detectada produção de citocinas em nenhum dos grupos testados, a partir de macrófagos.

Huang et al. (2003), ao investigar a biocompatibilidade e os processos químicos dos componentes do MTA em cultura celular de osteosarcoma humano, concluíram que este é um material adequado para certas aplicações clínicas como capeamento pulpar, fechamento apical e perfurações radiculares, assim como em retrobturação, pela sua biocompatibilidade, qualidade de selamento, habilidade em

promover a regeneração de tecido original quando aplicado diretamente sobre a polpa dental ou tecidos periradiculares.

Lamb et al. (2003) avaliaram os efeitos causados na qualidade de selamento do MTA quando realizada sua resecção após a presa. Não houve perda de efetividade quando um mínimo de 3 mm do material permaneceu selando a porção apical radicular.

Mah et al. (2003) avaliaram a possibilidade de se utilizar o MTA branco como selamento das entradas de canais radiculares, com o objetivo evitar a recontaminação de dentes tratados endodonticamente. Para tal, contaminaram a câmara pulpar de dentes de cães, com ou sem selamento de MTA, porém não encontraram diferenças estatísticas entre os grupos, quanto ao surgimento posterior de inflamação periapical.

Mangin et al. (2003), em estudo de infiltração bacteriana, avaliaram o selamento produzido por um novo cimento de hidroxiapatita, utilizando o MTA e Super EBA como controles, uma vez que, segundo o autor, estes materiais já foram bem estudados e largamente utilizados na clínica endodôntica. Pela metodologia utilizada foi possível quantificar a infiltração, uma vez que as bactérias *Enterococcus faecalis* foram marcadas radioativamente. Em seus resultados, não encontraram diferença significativa de infiltração entre os materiais.

Com o propósito de comparar a citotoxicidade dos cimentos Portland e MTA recém preparados, em fibroblastos de camundongo, assim como a reação tecidual de ambos em osso de cobaia, Saidon et al. (2003) realizaram experimentos *in vitro* e *in vivo*. *In vitro*, fibroblastos de camundongo foram incubados por 24 h para verificar se ocorreria adesão dos mesmos sobre os cimentos recém espatulados ou após uma semana da espatulação. Proteínas desnaturadas e células mortas estavam em

contato com o material, seguidas por outra camada de células lisadas e, sobre esta, células em crescimento normal. Quanto aos cimentos aplicados após a presa, estes não afetaram a aparência celular. Os diferentes materiais produziram resultados semelhantes. Nos testes *in vivo*, 28 cobaias receberam os cimentos na mandíbula, bilateralmente, próximos à sínfise. Com reações teciduais similares, houve formação de novo osso em contato direto com o material ou osso neoformado, separado do cimento por uma fina camada de tecido conjuntivo fibroso.

Apaydin, Shabahang e Torabinejad (2003) compararam o MTA recém espatulado e o MTA após o tempo de presa, quando utilizados como material retrobturador em cães. A análise histológica, após 4 meses, mostrou formação de cimento adjacente ao MTA em 8 de 12 espécimes de MTA endurecido e em todos os espécimes de MTA fresco. Os resultados indicaram não haver diferenças significativas entre os materiais.

A inserção e morfologia de fibroblastos de ligamento periodontal humano ao MTA, quando utilizado como material retrobturador, foram avaliadas por Balto e AL-Nazhan (2003) sob microscopia eletrônica de varredura, em 3 tempos: 4, 24 e 72 h. Enquanto que, no MTA endurecido, as células apresentaram-se normais e aderidas ao substrato, o MTA fresco mostrou mudanças na morfologia celular em 4 h, com células redondas e praticamente desligadas do substrato e com vacúolos em suas superfícies. A citotoxicidade do MTA fresco nos 3 períodos de observação pode ter sido causada pela presença de componentes tóxicos neste material.

Com o objetivo de testar a hipótese de que o selamento pelo MTA poderia ser melhorado com o uso do ultra-som, ao ajudar no escoamento, aplicação e compactação em ápices abertos e divergentes, Lawley et al. (2004) realizaram um experimento *in vitro*. Foram comparadas por infiltração bacteriana as técnicas de

aplicação do MTA com ou sem o uso do ultra-som, além de se testar a resistência do dente à fratura ao comparar o preenchimento do canal com resina ou guta percha associada a um cimento obturador. O preenchimento apical de 4 mm de MTA associado ao preenchimento intracanal com resina composta demonstrou uma resistência significativamente maior à fratura radicular do que o uso de MTA seguido de guta percha e cimento endodôntico ($p < 0,01$). Após 45 dias, a infiltração bacteriana ocorreu em 33% do grupo sem ultra-som, 11% daqueles com ultra-som e guta percha e 6% do grupo MTA com ultra-som e resina composta. A utilização do ultra-som resultou em um selamento estatisticamente melhor ($p < 0,05$) do que sem ele.

Lee et al. (2004), ao reproduzir *in vitro* a influência que o pH do ambiente fisiológico exerceria sobre o MTA, encontraram que, exposto a um pH 5 por 7 dias, ocorre deterioração de suas propriedades físicas, com erosão da superfície do material, redução da micro-dureza e capacidade de hidratação do material.

Main et al. (2004) publicaram um artigo que apresenta 100% de sucesso em 16 perfurações reparadas com MTA, onde se observou o seguinte critério: tratamento endodôntico prévio, retratamento imediato e ao menos 1 ano de acompanhamento clínico e radiográfico.

Manicardi et al. (2004), em estudo piloto a respeito do uso do ultra-som como instrumento de aplicação e acomodamento do MTA, encontraram valores de infiltração maiores na técnica manual (61,99%) do que para a aplicação por ultra-som em dentes superiores (49,40%) e inferiores (39,89%), porém sem diferença estatística ao nível de 5% entre os grupos testados. Os dentes foram submersos por 72 h imediatamente após a aplicação do material retrobturador, o que causou um alto valor de absorção do corante Rodamina a 1%, devido à ação higroscópica do

material durante o processo de presa.

Shipper et al. (2004) compararam a adaptação marginal do MTA e amálgama em MEV por diferentes técnicas de preparo dos espécimes, utilizando alto ou baixo vácuo, o que interfere no grau de desidratação dos materiais. O MTA obteve os melhores resultados de adaptação, mesmo com o uso da técnica de maior desidratação, que diminuiu a precisão da análise.

Vizgirda et al. (2004) realizaram um estudo para avaliar o potencial do MTA como material obturador em endodontia pela comparação às técnicas de condensação lateral de guta percha fria ou termoplastificada, associadas ao cimento endodôntico Roth 801, em dentes uniradiculares bovinos extraídos. O MTA foi aplicado com Lentullo e um cone de guta percha foi inserido a 2 mm do comprimento de trabalho como facilitador de retratamento. Foram imersos em azul de metileno a 1% por 3 dias e a penetração linear de corante avaliada por estereomicroscópio. Os canais obturados pela técnica de condensação lateral ou pela guta percha termoplastificada infiltraram significativamente menos que a obturação por MTA e não tiveram diferença estatística entre si. Estes resultados sugerem que a obturação endodôntica com guta percha promove um selamento apical superior ao MTA. Áreas mais cervicais do MTA não receberam hidratação durante a presa, o que pode ter afetado o selamento, assim como a técnica de aplicação, por meio de Lentullo acionado a 2 mm do comprimento de trabalho.

Vargas et al. (2004), investigando novas possibilidades de uso do MTA, compararam-no ao cimento de fosfato de zinco e ionômero de vidro, na cimentação de retentores intra-radiculares pré-fabricados. Entretanto, o MTA apresentou retenção significativamente inferior aos demais materiais, não sendo indicado para tal finalidade.

Tselnik, Baumgartner e Marshall (2004) testaram *in vitro* a capacidade seladora dos MTAs cinza e branco, além de um cimento de ionômero de vidro modificado, Fuji II LC, frente a microrganismos salivares. Os 3 materiais apresentaram bom selamento, durante o período de 90 dias do estudo, sem diferença estatística entre eles.

Koulaouzidou et al. (2005), avaliaram *in vitro* a biocompatibilidade dos cimentos MTA, ionômero de vidro e óxido de zinco e eugenol frente a 3 linhagens de fibroblastos. A graduação em ordem crescente do efeito antiproliferativo causado pelos materiais retrobturadores às células testadas de tais materiais, às 12, 24 e 48 h, foi: MTA, ionômero de vidro e óxido de zinco e eugenol.

Para avaliar a espessura necessária de MTA aplicado pela via endodôntica convencional, através da abertura coronária, em dentes com ápices incompletos simulados, Al-Kahtani et al. (2005) utilizaram, *in vitro*, um modelo de infiltração de bactérias *Actinomyces viscosus*. Os tampões apicais de 5 mm apresentaram-se impermeáveis aos microrganismos, enquanto que os espécimes que receberam apenas de 2 mm foram infiltrados em sua maioria.

Asgary et al. (2005) compararam as propriedades químico-físicas do MTA branco e cinza. A análise revelou que o arcabouço de ambos cimentos é formado pelo óxido de cálcio (CaO), óxido de silicato (SiO₂) e óxido de bismuto (Bi₂O₃), que constituem aproximadamente 73% e 82%, respectivamente, do total analisado para o MTA cinza e branco. As maiores diferenças estavam nas concentrações de óxido de alumínio (Al₂O₃), óxido de magnésio (MgO) e, principalmente, óxido de ferro (FeO), consideravelmente inferiores no MTA branco, quando comparadas àquelas observadas no MTA cinza. Provavelmente, a baixa concentração de FeO no MTA branco seja a principal causa de sua tonalidade mais clara.

Largamente pesquisado quanto às suas propriedades físicas, químicas e biológicas, do início dos anos 90 aos dias de hoje, o MTA tem demonstrado alta qualidade de selamento apical, estabilidade frente à umidade, dentre outros aspectos. Entretanto, pouco se tem estudado quanto às técnicas de aplicação desse material à retrocavidade para a qual ele está destinado. Diferentes maneiras de inserção podem levar a diferentes resultados, o que pode significar o sucesso ou fracasso do tratamento instituído. Fica clara, então, a importância de uma pesquisa que demonstre maneiras eficazes de se aplicar tal material. Este trabalho pretende avaliar a técnica de inserção mais utilizada, através do uso de espátula apropriada e acomodamento por condensador, comparando-a à aplicação e acomodamento pela vibração ultra-sônica. Um incremento da razão de sucesso na utilização deste material, ao demonstrar as técnicas mais adequadas ou mesmo descartar aquelas inapropriadas, justifica a realização deste estudo.

3 PROPOSIÇÃO

O uso de materiais retrobturadores eficientes assume um papel importante no sucesso da terapia cirúrgica. Deste modo, este estudo propõe-se, como objetivo geral, apresentar o levantamento bibliográfico das pesquisas sobre o uso clínico do MTA como material retrobturador, em cirurgia parendodôntica.

O objetivo específico deste trabalho é comparar diferentes formas de aplicação do MTA em cavidades retrógradas e avaliar *in vitro* a capacidade de selamento apical do mesmo, simulando condições de difícil acesso e controle de umidade.

A hipótese experimental deste trabalho consiste na possibilidade de se realizar um melhor preenchimento e selamento marginal da cavidade retrógrada com MTA, pela utilização do sistema ultra-sônico Enac valendo-se de pontas de retro-preparo, e facilitar o ato cirúrgico. Outra hipótese incide na probabilidade de diferentes resultados na sua utilização em dentes superiores ou inferiores, pela interferência da gravitação no escoamento do material.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

- 51 dentes humanos uniradiculares, incisivos centrais superiores, extraídos por razões diversas, fornecidos pelo Banco de Dentes Humanos da FOUSP - Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Aparelho de Ultra-som Enac (OSADA, Japão).
- Aplicadores descartáveis (Microbrush, K. G. Sorensen Ind. e Com. Ltda., São Paulo, Brasil).
- Borracha (Faber-Castell, São Carlos, SP, Brasil).
- Brocas diamantadas esféricas para alta rotação (K.G. Sorensen. São Paulo. Números 1011, 1012, 1014, 1019).
- Brocas tipo Carbide, n.º 700. (Maillefer. Ballaigues, Swiss).
- Brocas tipo Endo Z (Maillefer. Ballaigues, Swiss).
- Brocas tipo Gattes-Glidden, números 1 a 6. (Maillefer. Ballaigues, Swiss).
- Cânulas de aspiração 40:20, seringas plásticas descartáveis e agulhas de irrigação 4:10 (Ibras-CBO. Ind. Cirúrgica e Óptica S.A., Campinas. SP).
- Calcadores tipo Paiva, números 1 a 4 (Metalúrgica Mocar Ltda. São Paulo, Brasil).
- Caneta de alta rotação (Kavo).
- Cera utilidade.
- Cimento MTA - Trióxido Mineral Agregado (Angelus. Paraná, Brasil).

- Cimento N-Rickert (Fórmula & Ação, São Paulo, Brasil).
- Cimento provisório (Coltosol. DFL Indústria e Comércio Ltda. Rio de Janeiro).
- Compasso de ponta seca.
- Computador (Pentium IV) .
- Condensador de Black nº 1 (SS White, Rio de Janeiro, RJ, Brasil).
- Cones de guta-percha standardizados e secundários (Dentsply Ind. e Com. Ltda. Petrópolis, RJ, Brasil).
- Cones de papel absorvente (Dentsply Ind. e Com. Ltda. Petrópolis, RJ, Brasil).
- Creme Endo PTC (peróxido de uréia a 10%, Tween 80 a 15% e Carbovax a 75%).
- Disco de aço (Adaco. Germany).
- Espátula número 24 flexível. (SS White, Rio de Janeiro, RJ, Brasil).
- Éster Cianoacrilato de Etila (Super Bonder, Loctite Brasil Ltda., Itapevi, S.Paulo, Brasil).
- Folha de Sulfite A4 (Ripasa S. A., Limeira, SP, Brasil).
- Fita adesiva dupla face (3M do Brasil Ltda. Sumaré, SP, Brasil).
- Instrumento Hollemback número 3 (SS White – Rio de Janeiro – RJ, Brasil).
- Intermediário para aspiração (Metalúrgica FAVA. São Paulo, SP, Brasil).
- Intermediário para ultra-som Straight Endo-Tip ST17/QEH com adaptador Quick Endo Holder (OSADA, Japão).
- Lâmina de bisturi número 15.
- Lápis grafite 1205 nº 2 (Faber-Castell, São Carlos, SP, Brasil).
- Limas tipo K, Maillefer, 1ª e 2ª série (Maillefer. Ballaigues, Swiss).
- Limitadores de silicone (Maillefer. Ballaigues, Swiss).

- Lupa de 10 aumentos.
- Lupa Frontal de 4 aumentos.
- Micrótomo Labcut 1010 (Extec Instrumental, Instrumentos de precisão Ltda., São Paulo, SP).
- Placa de vidro despolida.
- Programa estatístico GMC 2002 (Desenvolvido pelo Professor Doutor Geraldo Maia Campos, FORP – USP).
- Programa estatístico Statistica, Statsoft, inc., v.6.1.
- Programa ImageLab v.2.3 (desenvolvido pelo laboratório de informática dedicado à disciplina de Patologia da Faculdade de Odontologia da USP-SP).
- Ponta de ultra-som, para retropreparo DF 908 (OSADA, Japão).
- Régua para odontometria (Maillefer. Ballaigues, Swiss).
- Resina acrílica autopolimerizável (Duralay).
- Resina Poliéster T 208 ortoftálica (resina cristal – Valglass com. e ind. Ltda. São Paulo – SP).
- Solução de EDTA-T a 15% (Fórmula & Ação, São Paulo, SP, Brasil).
- Solução de Hipoclorito de Sódio a 0,5% - Líquido de Dakin (Fórmula & Ação, São Paulo, SP Brasil).
- Solução de Hipoclorito de Sódio a 1% (Fórmula & Ação, São Paulo, SP Brasil).
- Solução de Rodamina B a 1%, pH 7 (Fórmula & Ação, São Paulo, SP Brasil).

4.2 Delineamento Experimental

Foram selecionados 51 dentes humanos uniradiculares - incisivos centrais superiores – fornecidos pelo Banco de Dentes Humanos da Faculdade de Odontologia de São Paulo - FOU SP, extraídos por motivos diversos. Uma vez escolhidos aqueles que apresentaram, ao exame radiográfico e por transluminação, canal radicular único, relativamente reto e livre de nódulos pulpaes, fraturas, reabsorções internas ou tratamento endodôntico prévio, foram desinfetados em solução de hipoclorito de sódio a 1%, lavados em água corrente, submetidos à remoção de cálculos salivares e remanescentes teciduais por meio de ultra-som e armazenados em potes de plástico contendo soro fisiológico, ali permanecendo por período mínimo de 72 horas, tendo em vista sua reidratação, em estufa a 37° C.

A seguir, o acesso ao canal foi completado com brocas esféricas em alta rotação e acabamento com broca Endo Z. O conteúdo do canal foi removido com auxílio de limas tipo K número 15, na presença de hipoclorito de sódio a 0,5%. Em cada dente, o comprimento real de trabalho foi estabelecido pela introdução um instrumento no canal até que, com o auxílio de uma lente de 10 aumentos, tenha sido averiguada a coincidência de sua ponta com o forame. Após ajustar o cursor de silicone, retirou-se o instrumento para ser medido na régua endodôntica. Deste comprimento subtraiu-se 1 mm para determinação do comprimento real de trabalho. Selecionado o primeiro instrumento, aquele que melhor se adaptou ao canal na medida de trabalho estabelecida, os canais foram preparados seqüencialmente até o calibre 50 utilizando-se instrumentos tipo K, em presença de creme de Endo-PTC e solução de hipoclorito de sódio a 0,5% com constante renovação, de acordo com a

técnica de Paiva e Antoniazzi (1973), sendo que, ao final da instrumentação, foram irrigados com EDTA-T por 3 minutos e secos com cones de papel absorvente. Todos os espécimes foram obturados pela técnica de condensação vertical de guta-percha a frio, associada ao cimento obturador N-Rickert, preparado de acordo com as instruções do fabricante e aplicado às paredes do canal radicular com o próprio cone principal, em movimentos suaves de pincelamento. Este procedimento foi repetido três vezes, para assegurar uma porção adequada de cimento inserida no canal. Os cones principal e secundários, envoltos por cimento obturador, foram seqüencialmente ajustados ao canal e o material excedente removido por um calcador de Paiva aquecido. Terminada a fase de obturação e seladas as aberturas coronárias com Coltosol, os espécimes foram armazenados por outras 72 h em soro fisiológico a 37° C para que a presa do cimento de obturação se completasse e os espécimes fossem preparados para receber de formas diferentes o material na cavidade apical.

4.3 Metodologia Experimental

Visando recriar as condições peculiares à cirurgia parendodôntica, onde acesso limitado e umidade estão sempre presentes, foi confeccionado um dispositivo em resina acrílica autopolimerizável onde os dentes foram seqüencialmente inseridos para a realização do procedimento de preparo apical e obturação retrógrada. Trata-se de uma caixa plástica preenchida por resina, sendo reservado um espaço para a instalação do elemento dental. Uma loja cirúrgica simulada, de 1 cm de diâmetro por 1 cm de profundidade, foi preparada e forrada com algodão embebido em soro fisiológico. Os dentes foram colocados um a um no dispositivo e apoiados por uma borracha que impediu sua movimentação durante a apicectomia, retro-preparo e preenchimento retrógrado. O dispositivo permaneceu fixado à prensa num ângulo de 45° (Fig. 4.1). Demarcou-se com grafite, na superfície externa da raiz, um recuo de 3 mm do ápice anatômico, determinado com o auxílio de um compasso de ponta seca, local em que se realizou a apicectomia com uma broca carbide n.º 700 em alta-rotação, num ângulo de 90° em relação ao longo eixo da raiz. O aparelho ultra-sônico Enac (Fig. 4.2) foi então ajustado para operar na amplitude de vibração 3 da escala de 1 a 10 existente.

O retro-preparo de 3 mm de profundidade, executado com a ponta (inserto) DF 908 (Fig. 4.3), foi considerado adequado quando não havia resíduo perceptível de material obturador nas paredes da cavidade e seu calibre permitia a introdução do condensador de Black modificado.

Figura 4.1 – Dispositivo simulador da loja cirúrgica, fixado num eixo de 45°

Figura 4.2 – Aparelho ultra-sônico ENAC

Figura 4.3 – Inserto ultra-sônico DF 908

Dividiu-se então, aleatoriamente, os dentes em 3 grupos experimentais, G I, G II e G III, cada qual com 15 espécimes. Os grupos controle, positivo (G IV) e negativo (G V) contaram com 3 espécimes cada. As cavidades apicais foram preenchidas com MTA da seguinte maneira:

G I – Aplicação com Hollemback (Fig. 4.4) e acomodamento com condensador nº 1 de Black modificado, com o ápice dental voltado para cima (Fig. 4.5).

GII – Aplicação e acomodamento com a ponta de ultra-som, com o ápice dental voltado para cima (Fig. 4.6).

G III – Aplicação e acomodamento com a ponta de ultra-som, com o ápice dental voltado para baixo (Fig. 4.7).

G IV e G V – Não receberam MTA.

Figura 4.4 – G I – Aplicação do MTA com Hollemback

Figura 4.5 – G I – Condensação do MTA com condensador de Black modificado

Figura 4.6 – G I I - Aplicação e acomodamento do MTA com US (superior)

Figura 4.7 – G I I I - Aplicação e acomodamento do MTA com US (inferior)

A aplicação do MTA com Hollembach nº 3, realizada no Grupo I, ocorreu em pequenas porções sendo condensadas de forma incremental com um calcador nº 1 de Black, modificado de modo que o comprimento da ponta ativa fosse de 3 mm e seu calibre de 0,9 mm aferido em régua calibradora (Fig 4.8), até que o espaço estivesse totalmente preenchido. O eventual excesso de material era removido com o instrumento Hollembach.

Figura 4.8 – Calgador de Black modificado

Para os Grupos II e III, o aparelho de ultra-som foi ajustado em sua mínima amplitude de vibração e uma pequena porção de MTA aplicada pela superfície dentinária da retrocavidade em movimentos suaves de pincelamento, de 1 a 2 mm de amplitude, visando facilitar o escoamento por toda a parede. Duas ou três novas porções foram acrescentadas até o total preenchimento do espaço preparado. A cada camada aplicada, o ultra-som era desativado e a ponta utilizada sem vibração para a acomodar o material. O eventual excesso de material era removido com a ponta inativada.

Todos os espécimes receberam suas obturações retrógradas neste ambiente, que reproduz um grau de dificuldade de acesso e controle de umidade próxima ao encontrado em uma situação clínica (AUN et al., 2002). O ângulo de 45° dado ao dente no simulador, reproduz a posição geralmente utilizada para acomodar o paciente durante o ato cirúrgico. Os Grupos II e III diferem entre ápice voltado para cima ou para baixo para verificar-se a possível interferência na aplicação do material retrobturador pela ação gravitacional em dentes superiores ou inferiores. Os espécimes utilizados para ambos grupos, incisivos centrais superiores, não diferem, uma vez que a variação anatômica introduziria outra variável.

Imediatamente após o procedimento, cada dente foi removido do simulador, fixado verticalmente pela coroa sobre uma placa de cera e o ápice envolvido por uma mecha de algodão embebida em solução fisiológica por um período mínimo de 15 minutos e posteriormente mergulhados em soro fisiológico a 37° por 72 horas (Fig. 4.9).

Figura 4.9 – Dentes montados em placa de cera

Terminado esse processo, os espécimes, dispostos sobre a placa de cera, receberam duas camadas de cianoacrilato de etila (LAGE-MARQUES, 1992) com o auxílio do bico dosador, para impermeabilização de toda a superfície dental, exceto a área apicectomizada. Os espécimes dos grupos controle positivo (G IV) e controle negativo (G V) foram impermeabilizados como nos grupos anteriores sendo que o grupo controle negativo (G V) recebeu também duas camadas de cianoacrilato sobre a superfície apicectomizada e retrocavidade. Ao polimerizar o cianoacrilato, todos os espécimes foram acondicionados em soro fisiológico por 48 h, para neutralizar a ação higroscópica do material durante a presa e então submersos em solução de Rodamina B a 1% em estufa por 48 horas a 37°C +1, em ambiente de umidade relativa 100%. Uma vez retirados do corante e lavados por 2 h sob água corrente foram deixados secar à temperatura ambiente e o agente impermeabilizante

removido com o auxílio de uma lâmina de bisturi número 15 (LAGE-MARQUES, 1992). Em seguida, suas raízes foram submersas em resina cristal ortoftálica sendo que, após o término da reação de polimerização, os espécimes, então incluídos em blocos, sofreram cortes transversais realizados pelo Micrótomo Labcut, calibrado para realizar 1 secção de 1mm de espessura, e 2 secções de 0,7 mm de modo que, somada à espessura do disco de corte, resultasse em uma secção a cada 1 mm (Fig. 4.10). Os cortes foram realizados por meio de um disco de diamante de 0,3 mm de espessura, operando em baixa rotação sob constante irrigação aquosa.

Figura 4.10 – Esquema dos cortes transversais e uma secção

5.4 Metodologia de Avaliação

A análise da microinfiltração marginal das retrobturações foi realizada por um processo de captura das imagens destes cortes, digitalizados por meio de um scanner acoplado a um computador (Fig. 4.11). O grupo de cortes de cada espécime foi identificado, posicionado e fixado em uma folha sulfite A4 por meio de fita adesiva dupla face. A imagem capturada pelo scanner foi enviada ao software ImageLab, já especificamente calibrado para esse processo. Para avaliação da microinfiltração, dois dos recursos do software foram utilizados: análise linear (ou longitudinal) e por área (ou lateral).

Para se obter uma medida de infiltração linear, ou seja, a profundidade atingida pelo corante a partir do ângulo cavo-superficial, foram somados os discos atingidos pela infiltração de corante a cada espécime, sempre em números inteiros (0, 1, 2 ou 3 mm).

Para a análise da microinfiltração por área, toda a superfície de dentina ao redor dos limites da cavidade de cada secção foi medida (A_t - área total) e dentro desta aferiu-se a área corada (A_i - área infiltrada) (Fig. 4.12).

Figura 4.11 Imagem escaneada de uma secção

Figura 4.12 – Medida de áreas de uma secção: total, cavidade e infiltrada

Com os valores de At e Ai foi possível determinar porcentagens de infiltração por área para cada espécime. Com a porcentagem de microinfiltração linear e por área de cada espécime, foram obtidos os percentuais médios de cada grupo. De posse dos resultados procedeu-se à tabulação, a partir da qual desenvolveu-se a análise estatística.

5 RESULTADOS

Pela análise das magnitudes de infiltração do corante Rodamina B a 1% nos três grupos experimentais, por área de dentina corada (%) assim como por infiltração linear (mm), obteve-se os resultados expressos neste capítulo. Para estabelecer o tamanho da amostra (n), ao verificar a variabilidade dos dados experimentais, realizou-se previamente um experimento piloto (MANICARDI et al., 2004) com 5 espécimes em cada grupo. Analisado pelo programa estatístico GMC, tal estudo sugeriu 14 repetições por grupo como número mínimo mais adequado.

Os valores originais da área total de cada segmento radicular (TOTAL), área ocupada pelo MTA (CAVIDADE) e área corada (CORADA) estão expressos no Apêndice A, e demonstram as infiltrações ocorridas por área (%) em cada espécime, relativos aos grupos G I, G II e G III, além dos grupos G IV e G V, controles positivo e negativo do método de infiltração, respectivamente. As médias percentuais de área de infiltração dos 3 mm apicais (MÉDIA), assim como a profundidade total permeada longitudinalmente pelo corante (LINEAR) em cada espécime, também pode ser verificada nas tabelas supracitadas. Naqueles espécimes em que não houve penetração de corante (0%), ou mesmo quando este atingiu toda a superfície dentinária da secção (100%), foi desnecessária a verificação de área total, cavidade ou de infiltração, logo um sinal (x) foi aplicado no campo não mensurado.

A Tabela 5.1 apresenta as médias da área de infiltração pelos 3 mm apicais dos 3 grupos experimentais, G I, G II e G III, assim como dos grupos de controle do método, G IV e G V, sendo ainda possível verificar as percentagens de infiltração ocorridas a cada mm.

Tabela 5.1 – DP e médias da % de infiltração por área a cada mm e média total

GRUPO	I		II		III		IV	V
	%	DP	%	DP	%	DP	%	%
1 mm	18,04	19,72	8,98	16,17	18,69	18,97	96,78	0
2 mm	18,22	25,86	3,92	13,10	12,45	14,14	91,09	0
3 mm	10,82	18,82	3,55	13,60	3,18	5,42	88,07	0
MÉDIA	15,69	20,07	5,48	14,04	11,44	9,65	91,98	0

A aplicação e acomodamento do MTA por ultra-som com o ápice voltado para cima apresentou a menor média de infiltração por área (5,48%), seguida da técnica de ultra-som com o ápice voltado para baixo (11,44%) e manual (15,69%). A figura 5.1 permite visualizar estes resultados. As médias em milímetros de infiltração linear foram menores para a aplicação e acomodamento do MTA por ultra-som com o ápice voltado para cima (0,93 mm), seguida da técnica manual (1,67 mm) e ultra-som com o ápice voltado para baixo (1,73 mm).

Tabela 5.2 – Médias da % de infiltração por área e linear (mm) nos 3 mm

GRUPO	ÁREA	LINEAR
G I	15,69%	1,67 mm
G II	5,48%	0,93 mm
G III	11,44%	1,73 mm

Figura 5.1 – Comparação das diferenças entre as médias dos 3 grupos experimentais G I, G II e G III

Inicialmente foi aplicado o teste de aderência à curva normal, porém verificou-se não haver distribuição homogênea no histograma, mesmo após a utilização dos recursos de transformação dos dados fornecidos pelo programa estatístico GMC.

Para testar um único fator de variação, técnica de inserção do MTA, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis (Tabela 5.3), que detectou ser a técnica de aplicação por ultra-som com o ápice dental voltado para cima (G I) estatisticamente diferente ($\alpha = 0,05$) da manual (G II), assim como da aplicação ultra-sônica no grupo de dentes com forame para baixo (G III). Não houve diferença estatística entre os grupos G II e G III.

Tabela 5.3 - Teste de Kruskal-Wallis para comparação entre os grupos experimentais

Amostras comparadas (duas a duas)	valor crítico	diferença entre médias	$\alpha = 0,05$
Manual x US superior	9,0172	10,4667	s.
Manual x US inferior		0,2667	n.s.
US superior x US inferior		10,7333	s.

Nos gráficos a seguir, visualiza-se a dispersão dos percentuais médios e por mm de área infiltrada (Fig. 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5)

Figura 5.2 – Média e DP dos % médios de área corada com relação às secções de dentina dos 3 mm apicais em cada grupo

Figura 5.3 – Média e DP dos % de área corada por secção e grupo

Apresenta-se também o Box Plot com as medianas, os quartis (25% e 75%) e os valores mínimos e máximos de cada grupo para a os valores médios dos 3 mm (Fig. 5.4), assim como para cada mm separadamente (Fig. 5.5).

Figura 5.4 – Box Plot dos % médios de área corada com relação às secções de dentina dos 3 mm, por grupo

Figura 5.5 – Box Plot do % de área corada com relação às secções de dentina, por grupo

Partiu-se, posteriormente, à análise da infiltração linear, que verificou a profundidade da penetração do corante Rodamina B a 1%.

Aplicou-se então o teste de Qui-quadrado (ver Apêndice C) que indicou não haver diferença estatística entre os grupos ($p < 0,05$) quanto à frequência de dentes infiltrados a cada mm.

É possível a visualizar-se, no gráfico a seguir (Fig. 5.6), a frequência de dentes infiltrados a cada mm, nos 3 grupos experimentais.

Figura 5.6 – Frequência de dentes infiltrados a cada mm, nos 3 grupos experimentais.

6 DISCUSSÃO

O contínuo aprimoramento da pesquisa endodôntica envolvendo tanto os aspectos clínicos como laboratoriais, amparada pela utilização de metodologia científica cada vez mais apurada, permite uma constante evolução qualitativa em cada uma das etapas de execução do tratamento endodôntico. Por outro lado, eventuais fracassos impõem a aplicação de outras intervenções que vão desde o retratamento endodôntico até, em última instância, a intervenção cirúrgica, com vistas ao retorno em saúde do dente às suas funções.

Leal e Bampa (1998), Rahbaran et al. (2001) e Ramachandran et al. (1990) concordam que o sucesso cirúrgico, por sua vez, depende em parte da formação do clínico, capaz de realizar o correto diagnóstico e ter segurança na indicação e execução técnica da terapia eleita, na busca, dentre outros aspectos envolvidos, da qualidade do selamento marginal apical que impeça o trânsito de microrganismos e toxinas do endodonto ao periápice e vice-versa.

Dentre as diversas modalidades cirúrgicas, a apicectomia com obturação retrógrada tem sido indicada e realizada desde 1915, segundo Garvin (1942). Porém, de acordo com Luks (1956), altas taxas de fracasso na terapêutica cirúrgica foram apresentadas entre as décadas de 50 e 90, período em que o amálgama era o material de escolha, de acordo com Frank et al. (1992), Friedman (1991), Gartner e Dorn (1992) e Molven, Halse e Grung (1991).

No entanto, trabalhos de Chong, Pitt Ford e Hudson (2003), Main et al. (2004), Zuolo, Ferreira e Gutmann (2000) apontam para índices superiores de sucesso a partir do desenvolvimento de novas técnicas e materiais. Exemplo disso,

foi o desenvolvimento da técnica de apicectomia, anteriormente realizada em bixel de 45° de acordo com James (1963) e Luks (1956). Estudos realizados por Gilheany, Figdor e Tyas (1994) alertaram para a grande exposição de túbulos dentinários causados pela resecção angular em bixel, facilitadora do acesso cirúrgico, gerando grande comunicação entre o sistema endodôntico contaminado e os tecidos circundantes. Com isso, Fogel e Peikoff (2001), Torabinejad, Watson e Pitt Ford (1993) passaram a indicar o corte perpendicular ao longo eixo sempre que o acesso permitir, orientação adotada no presente experimento.

O desenvolvimento da técnica de preparo da cavidade apical por ultra-som foi outra evolução marcante na cirurgia pararendodôntica, dentre outros fatores por facilitar o acesso ao ápice ressectado a 90° do eixo dental. Tal fato ocorre, segundo Gondim et al. (2003), uma vez que seu inserto é menor e mais delicado que uma caneta de alta ou baixa rotação. Sumi et al. (1996) e Beling et al. (1997) concordam que, além do acesso facilitado à loja cirúrgica e conduto endodôntico, o ultra-som possui inerente tendência de manter a posição original do conduto, o que permite também um preparo mais profundo e conservador quando comparado àquele obtido com brocas. Este fato foi observado neste estudo, tanto em seu uso no preparo apical quanto na aplicação do MTA à cavidade, além de diversos outros aspectos: o aparelho já se encontra à mão, ao ser utilizado na fase de preparo; traz grande facilidade em se conduzir o material da placa de espatulação à retrocavidade pois, ao vibrar-se por um instante e em mínima amplitude a ponta sobre a placa de espatulação, ocorre uma aglutinação do cimento ao redor do inserto que pode então ser direcionado, sem ativação, à cavidade. Ao aplicar-se o inserto na cavidade e ativá-lo, novamente em mínima amplitude, nota-se o escoamento do material pelas paredes do retropreparo. Tal manobra confere grande facilidade e rapidez no

processo de acomodamento do material, desde que o profissional tenha se permitido um treinamento adequado. No presente trabalho, além da experiência clínica prévia, um treinamento específico foi realizado durante a execução do projeto piloto (MANICARDI et al., 2004). Com a finalidade de manter uma uniformidade técnica, somente um operador executou todas as etapas do experimento.

Engel e Steiman (1995) comprovaram ainda a capacidade do ultra-som de promover superior adaptação marginal limpeza e descontaminação.

Para obter-se neste estudo uma profundidade de 3 mm, indicada por diversos autores como Al-Kahtani et al. (2005), Gilheany, Figdor e Tyas (1994), James (1963), Lamb et al. (2003) e Torabinejad, Watson e Pitt Ford (1993), utilizou-se uma ponta diamantada de igual medida (DF 908) ativada pela unidade ultra-sônica ENAC. Tal escolha atendeu ainda aos achados de Bramante et al. (1998) que, ao compararem tipos de insertos ultra-sônicos, notaram um preparo mais rápido com pontas diamantadas do que com lisas, fato relevante em um procedimento cirúrgico invasivo.

Neste particular, Engel e Steiman (1995), apesar de terem verificado *in vitro* a ocorrência de trincas provocadas pela vibração ultra-sônica, concluíram ser este um método mais seguro que o uso de brocas, que aumenta significativamente o risco de perfuração ou desgaste excessivo das paredes. Para reduzir a possibilidade de ocorrência de fraturas utilizou-se aqui uma amplitude de vibração reduzida, valor 3 em uma escala de 1 a 10 do aparelho ENAC, conforme recomendação de Layton et al. (1996), que notaram *in vitro* reduzida incidência de fratura frente a menores amplitudes de vibração.

Para investigar possíveis interferências na qualidade do selamento apical, pela análise da infiltração de corante, frente a variações da técnica de inserção

deste material retrobturador, escolheu-se incorporar um grupo (G I) em que o MTA foi aplicado de maneira convencional, por instrumentos manuais, como ponto de partida para avaliar a hipótese de que a utilização da vibração ultra-sônica, além de facilitar o carregamento do material, pudesse melhorar seu acomodamento. Entretanto, para o grupo da técnica manual (G I), optou-se pela modificação de um condensador de Black conferindo ao mesmo um ângulo de 90°, comprimento da porção ativa de 3 mm e diâmetro da ponta calibrado em 0,9 mm, de maneira a facilitar seu uso em pequenas lojas cirúrgicas, assemelhando-o às dimensões da ponta ultra-sônica.

A capacidade seladora do MTA cinza ou branco, como material retrobturador assim como em perfurações radiculares e apicificações, está bem estabelecida (ADAMO et al., 1999; AL-KAHTANI et al., 2005; AQRABAWI, 2000; AUN et al., 2002; BATES; CARNES; DEL RIO, 1996; DALÇÓQUIO et al., 2001; FISCHER; ARENS; MILLER, 1998; FOGEL; PEIKOFF, 2001; HOLLAND et al., 2002; LAMB et al., 2003; LAWLEY et al., 2004; MANGIN et al., 2003; NAKATA; BAE; BAUMGARTNER, 1998; PETERS; PETERS, 2002; ROY; JEANSONNE; GERRETS, 2001; SHIPPER et al., 2004; TANG; TORABINEJAD; KETTERING, 2002; TORABINEJAD; WATSON; PITT FORD, 1993; TORABINEJAD et al., 1994a, 1994b, 1995f, 1995g; TSELNIK; BAUMGARTNER; MARSHALL, 2004; VIZGIRDA et al., 2004; YATSUSHIRO; BAUMGARTNER; TINKLE, 1998).

Trabalhos de Torabinejad (1994a, 1995c) mostram que dentre as propriedades físico-químicas de ambas formulações do MTA, um pó de finas partículas hidrofílicas cujos principais constituintes são o silicato tricálcio, alumínio tricálcio, óxido tricálcio e óxido de silicato, estão seu alto pH de 12,5 e capacidade de endurecimento na presença de sangue ou em ambiente úmido. A estes,

seguiram-se trabalhos de Duarte et al. (2003) e Fridland e Rosado (2003), que atribuíram o alto pH do MTA à sua prolongada liberação de hidróxido de cálcio, e de Abdullah et al. (2002), Balto e Al-Nazhan (2003), Koulaouzidou et al. (2005), Mitchell et al. (1999), Saidon et al. (2003), Torabinejad et al. (1995c, 1995f) e Zhu et al. (2000), que reforçaram sua biocompatibilidade aos tecidos vivos e resistência à compressão semelhante ao IRM.

Importantes propriedades do MTA na utilização em cirurgia endodôntica como a capacidade indutora de dentinogênese, cementogênese e osteogênese, foram demonstradas em trabalhos de Abdullah et al. (2002), Economides et al. (2003), Faraco e Holland (2001), Holland et al. (2002) Moretton et al. (2000), Regan, Gutmann e Witherspoon (2002) e Shabahang et al. (1999), Torabinejad et al. (1997). Kettering e Torabinejad (1995) e Torabinejad et al. (1995f) verificaram ainda que o MTA não apresenta efeito mutagênico ou, de acordo com Asrari e Lobner (2003), neurotoxicidade. Al-Nazhan e Al-Judai (2003) puderam também demonstrar sua ação antifúngica.

Ao longo dos anos, diversos métodos *in vitro* têm sido utilizados para avaliar a capacidade seladora proporcionada pelas técnicas e materiais retrobturadores, como as técnicas eletro-químicas, filtração de fluidos, análise em MEV do aspecto físico e de adaptação da relação material - canal radicular, como relatam Friedman (1991) e Stabholz et al. (1985). Cada metodologia possui vantagens e desvantagens, porém a técnica de infiltração de corantes é a mais largamente utilizada, principalmente por sua facilidade de execução e leitura, apresentando resultados compatíveis com a experiência clínica, conforme nos mostram os trabalhos de Küçükay IK, Küçükay S e Bayirli (1993) e Wu e Wesselink (1993) que verificaram, entre os anos de 1971 e 1990, 189 artigos de infiltração endodôntica publicados em somente 4 das principais

revistas científicas, caracterizando tal metodologia como o principal foco de pesquisa em endodontia.

Todavia, apesar dos resultados obtidos em estudos com infiltração de corantes serem questionados quanto à sua aplicabilidade clínica, ainda de acordo com Wu e Wesselink (1993), certos aspectos não podem ser negados. Aquele material que não permite a penetração de partículas de tamanhos reduzidos, tem o potencial de prevenir a infiltração de substâncias maiores, como bactérias e seus subprodutos. É necessário, entretanto, salientar que não foi ainda estabelecido o limite de infiltração aceitável, uma vez que o sucesso freqüentemente ocorre a despeito do fato de nenhum material endodôntico promover selamento absoluto. Entretanto, há consenso entre os pesquisadores de que o sucesso da terapia endodôntica está intimamente relacionado ao selamento. No presente trabalho, uma vez que somente um tipo de material foi utilizado variando-se apenas sua forma de inserção e acomodamento, a técnica de infiltração de corante pode sem dúvidas indicar diferenças na qualidade do selamento obtido.

Dentre os diversos corantes utilizados, em diversas concentrações, estão o azul de metileno, tinta nanquim e Rodamina B, cuja principal diferença reside no tamanho molecular, fator que influencia sua capacidade de penetração. De acordo com Matloff et al. (1982), apesar de o azul de metileno ser o corante mais utilizado por suas boas qualificações como solubilidade em água, grande poder de penetração em espaços vazios e não ser absorvido pela matriz dentária ou cristais de apatita, está clara hoje sua incompatibilidade frente a substâncias alcalinas como o hidróxido de cálcio presente no MTA. Há que se considerar ainda que, segundo Wu, Kontakiotis e Wesselink (1998), tal corante pode sofrer alteração cromática devido ao contato com determinados materiais, o que compromete a análise dos

resultados. Os autores notaram que o azul de metileno foi significativamente descolorido em contato com o hidróxido de cálcio pró-análise, MTA e outros materiais, apesar de permanecer inalterado frente ao ionômero de vidro. Uma redução de 84% da densidade óptica do MTA foi percebida pelos autores. Uma vez que o MTA, material utilizado neste estudo, apresenta óxido de cálcio que uma vez hidratado resulta em hidróxido de cálcio, optou-se pela utilização da Rodamina B, de coloração estável frente ao alto pH destes materiais.

Wu e Wesselink (1993), constataram também grandes variações no tempo de imersão, marcadores utilizados e seu pH, tamanho molecular e reatividade química, remoção ou não de *smear layer* dentre outras. Tais aspectos, confirmados durante a revisão da literatura pertinente aqui realizada, torna complexa a análise comparativa de nossos resultados a de outros trabalhos de infiltração frente ao MTA. Entretanto, confirma-se aqui que o material promove bom selamento apical, que pode ser incrementado pela modificação da técnica de inserção.

A análise de infiltração linear longitudinal dos espécimes, que avalia a profundidade da penetração do corante, possui como principal limitação o fato de expor apenas uma área limitada do canal. Alternativas que permitam a avaliação da área infiltrada, trazem a possibilidade de quantificação da infiltração. A técnica sugerida por Lage-Marques (1997), adotada neste estudo, associa as vantagens das técnicas de avaliação lateral com aquelas relativas à infiltração linear.

Quanto ao tempo de imersão em corante, o período de 48 h utilizado em nosso estudo foi suficiente para promover uma infiltração perceptível à avaliação. Porém, antes de submergi-los na rodamina B a 1%, os espécimes foram colocados em soro fisiológico por 72 h conforme observações de Fischer, Arens e Miller (1998); Küçükay IK; Küçükay S; Bayirli (1993); Stabholz et al. (1985); Torabinejad, Watson e

Pitt Ford (1993), pois uma vez que o MTA necessita de hidratação em seu período de presa, sua submersão imediata provocaria um alta penetração do corante, fato comprovado em nosso estudo piloto (MANICARDI et al., 2004) assim como em artigos de Reeh e Combe (2002) e Torabinejad, Watson e Pitt Ford (1993).

Frente ao exposto, não objetivou-se aqui avaliar as características do MTA especificamente, mas verificar a viabilidade de utilização deste por uma nova técnica de inserção, uma vez que poucos autores descrevem a maneira de inseri-lo na cavidade, assim como buscar uma melhoria na qualidade do selamento marginal apical, pela análise de infiltração do corante Rodamina B a 1%, que impeça o trânsito de microrganismos e toxinas entre o sistema endodôntico e o periápice.

Regan, Gutmann e Witherspoon (2002) consideraram que, apesar do MTA ser facilmente espatulado, suas características de manipulação não são ideais. Assim, pode ser difícil de ser aplicado e compactado em cavidades apicais. Concordamos com Johnson (1999), Lee (2000), Roda (2001) e Schwartz et al. (1999) que o MTA possui um ponto de trabalho delicado, pois se houver leve excesso de umidade torna-se sem consistência, impossível de ser compactado; por outro lado desidrata-se rapidamente, quando tende a se esfarelar, o que torna difícil seu uso clínico, que requer experiência profissional. Tais fatos foram verificados no teste piloto (MANICARDI et al. 2004), assim como durante a fase experimental deste estudo. Lee (2000) afirma que geralmente os profissionais se valem para tal finalidade de porta-amálgamas cirúrgicos ou seringas como a Centrix (Centrix, Inc. Shelton, CT) que, em determinadas situações clínicas, são difíceis de se utilizar devido ao acesso limitado à loja cirúrgica assim como pelas pequenas dimensões do preparo apical. Schwartz et al. (1999) considera ainda que o MTA não é condensado e sim pressionado na cavidade preparada. Estas dificuldades explicam a razão da

dispersão verificada nos resultados deste trabalho (Apêndice B), que demonstra o difícil controle técnico do uso do material. Pouca dispersão, entretanto, foi verificada no GII, em que o MTA foi aplicado a favor do efeito gravitacional, minimizando tais dificuldades pelo escoamento promovido pela vibração ultra-sônica.

Na procura em superar tais restrições, vários autores procuraram uma maneira ideal de aplicar o MTA em retro-cavidades. Adamo et al. (1999) detalha a técnica de aplicação e acomodamento do MTA. Utilizou espátula plástica Hu Friedy e condensador manual cirúrgico idealizado por Buchanan de maneira semelhante à técnica utilizada por nós no grupo de aplicação manual (G I), enquanto Dalçóquio et al. (2001), de modo semelhante, inseriram o material nas cavidades com auxílio de um condensador pediátrico, sendo o excesso removido com Hollemback e a superfície alisada com brunidor de amálgama nº 3.

Hachmeister et al. (2002) aplicou o MTA pela via coronária com uma seringa apropriada (Endogun - Medidenta, Woodside, NY, EUA), porém de difícil acesso em determinadas situações clínicas, conforme relatou Lee (2000) que, na mesma busca, descreveu uma técnica de aplicação que consiste no preparo de pequenas porções de MTA, compactadas em cavidades realizadas em um bloco de resina. Numa segunda etapa, sugeriu o transporte de sucessivas porções ao preparo apical com a ponta de um Hollemback e condensação por meio de calcadores, como fizemos em nosso grupo manual (G I). Porém, apesar de seu valor como técnica facilitadora do uso do MTA, o autor não utilizou nenhum método de avaliação que comprovasse sua eficácia ou que criasse parâmetros para análise comparativa.

Na busca de soluções técnicas de inserção que, segundo Antoniazzi (1982) devem minimizar as deficiências dos materiais, utilizamos a ponta ultra-sônica DF 908, pontiaguda, de maneira que não pudesse atuar como um calcador vertical.

Dessa maneira, ficou bem estabelecida sua atuação vibratória com mínima ação de condensação. Tal vibração, semelhante ao que buscou Antoniazzi (1982) com vistas ao desenvolvimento de técnicas obturadoras do endodonto, pode promover melhor homogeneização, efetiva compactação das partículas e melhor contato do material com as reentrâncias existentes na parede do canal. Entretanto, a cada incremento de material, um acomodamento sem ativação foi realizado, visando remover eventuais bolhas de ar retidas no material.

O escoamento produzido pela vibração ultra-sônica em nosso trabalho mostrou-se eficaz, uma vez que o selamento promovido foi significativamente superior à aplicação e condensação manual, quando utilizado em simulação de dente superior, conforme Tabela 5.3. Na simulação de dente inferior, utilizando-se dentes superiores com o ápice voltado para baixo (G II), também houve um bom selamento à infiltração de corante, superior àquele promovido pela técnica manual (G III), apesar de não demonstrar diferença estatisticamente significativa. (Tabela 5.3). Porém tal área de infiltração foi significativamente maior ($p < 0,05$) que aquela ocorrida no grupo que simulou dentes superiores (G I), o que indica interferência gravitacional, contrária à direção da inserção em dentes inferiores e favorável em dentes superiores, frente à vibração ultra-sônica.

A análise de infiltração linear do corante (Fig 5.6) demonstra que o G II teve uma menor frequência de dentes que permitiram infiltração. 7 espécimes não apresentaram sinais de infiltração no primeiro mm neste grupo, enquanto somente 3 dentes do G III, assim como do G I, foram capazes de impedir tal penetração do corante. Tal diferença não foi significativa na análise estatística pelo Qui-Quadrado.

Uma vez que o MTA apresenta muita semelhança ao cimento Portland (ABDULLAH et al., 2002; ESTRELA et al., 2000; HOLLAND et al., 2001c; SAIDON et

al., 2003; VARGAS et al., 2004), material largamente utilizado na construção civil onde se aplica vibração para o seu acomodamento, fica fácil entender que o ultra-som faz um papel similar às mangueiras vibradoras, utilizadas na concretagem de lajes e colunas de sustentação. Aminoshariae, Hartwell e Moon (2003), em estudo de metodologia semelhante ao presente trabalho, compararam a técnica manual e ultra-sônica de aplicação e condensação de MTA em tubos de polietileno. A ponta ultra-sônica foi utilizada para coletar e aplicar o material no interior do tubo e depois ativada com movimentos verticais de 1 a 2 mm de amplitude, assim como no presente experimento. Na técnica manual os autores valeram-se de um calcador endodôntico para acomodar o material. Após a condensação, os modelos foram avaliados por microscopia ótica e por radiografias quanto ao grau de adaptação do MTA às paredes do tubo e presença de espaços vazios pelo material. A condensação manual resultou em uma melhor adaptação às paredes dos tubos e menos lacunas pelo material que o método ultra-sônico. Apesar da dificuldade de uma comparação direta aos nossos resultados, pois a metodologia de avaliação foi realizada por meio de inspeção radiográfica e microscópica e não por infiltração de corante, tal trabalho demonstra a possibilidade de incorporação de bolhas de ar na retrobturação. Entretanto, os autores não fornecem a amplitude de vibração utilizada. Verificou-se no estudo piloto (MANICARDI et al., 2004) que qualquer amplitude acima da mínima, no ENAC, poderia espalhar o MTA da cavidade. Portanto, diferentes equipamentos ou amplitudes de vibração podem interferir negativamente na acomodação do material.

Lawley et al. (2004) realizaram um experimento *in vitro* de infiltração bacteriana simulando ápices abertos e divergentes em que compararam as técnicas de aplicação do MTA com ou sem o uso do ultra-som e encontraram um selamento

estatisticamente melhor pelo uso de ultra-som do que manualmente, achados que coincidem com os do presente trabalho.

A hipótese de interferência gravitacional na aplicação por ultra-som foi confirmada neste estudo, já que houve diferença estatística ($p < 0,05$) entre os grupos de aplicação ultra-sônica em simulação de dentes superiores ou inferiores, quanto à infiltração por área, conforme mostra a tabela 5.3. Entretanto, não percebeu-se diferença estatística entre a aplicação ultra-sônica em simulação de dentes inferiores e a técnica manual. Com isso pode-se inferir que, mesmo em dentes inferiores, o uso da técnica ultra-sônica pode estar indicada, pela maior facilidade de acesso e aplicação.

Baseado nos resultados deste estudo, a utilização do ultra-som como instrumento de aplicação e acomodamento do MTA em cavidades apicais pela técnica aqui descrita é de grande valia clínica. Talvez, entretanto, o uso combinado das técnicas, como a utilização de insertos de ultra-som com extremidades achatadas que funcionem como calcadores, traga ainda melhores resultados e deve ser investigado em estudos futuros.

7 CONCLUSÕES

De acordo com a metodologia empregada na realização do presente trabalho e a partir da análise e discussão dos resultados obtidos nos é permitido concluir que:

7.1 A técnica que proporcionou menor infiltração apical de corante ($p < 0,05$) foi a de aplicação do MTA por ultra-som para dentes cujo ápice está voltado para cima (G II), seguida pela técnica de aplicação por ultra-som para dentes com ápice voltado para baixo (G III) e pela técnica manual, estes últimos sem diferença estatística.

7.2 A aplicação do MTA por ultra-som em dentes com ápice voltado para cima (G II) foi significativamente mais eficiente ($p < 0,05$) do que em dentes com ápice voltado para baixo (G III), o que comprova a interferência gravitacional.

7.3 Não houve diferença estatística na qualidade de selamento apical à infiltração de corante entre as técnicas de aplicação manual (G I) e por ultra-som em dentes com ápice voltado para baixo (G III).

REFERÊNCIAS¹

Abdal AK, Retief DH. The apical seal via the retrosurgical approach I. A preliminary study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1982;53(6):614-21.

Abdullah D, Pitt Ford TR, Papaioannou S, Nicholson J, McDonald F. An evaluation of accelerated Portland cement as a restorative material. *Biomaterials* 2002;23:4001-10.

Abedi RH, Van Mierlo L, Wilder-Smith P, Torabinejad M. Effects of ultrasonic root-end cavity preparation on the root apex. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1995;80:207-13.

Adamo HL, Buriana R, Schertzer L, Boylan RJ. A comparison of MTA, Super-EBA, composite and amalgam as root-end filling materials using a bacterial microleakage model. *Int Endod J* 1999;32(3):197-203.

Al-Kahtani A, Shostad S, Schifferle R, Bhambhani S. In-vitro evaluation of microleakage of an orthograde apical plug of mineral trioxide aggregate in permanent teeth with simulated immature apices. *J Endod* 2005;31(2):117-9.

Al-Nazhan S, Al-Judai A. Evaluation of antifungal activity of mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2003;29(12):826-7.

Andreasen JO. Cementum repair after apicoectomy in humans. *Acta Odontol Scand* 1973;31:211-21.

Aminoshariae A, Hartwell GR, Moon PC. Placement of mineral trioxide aggregate using two different techniques. *J Endod* 2003;29(10):679-82.

Antoniuzzi JH. Avaliação "in vitro" da eficácia do selamento marginal pela vibração aplicada na face ou no cone de guta-percha quando da obturação de canais radiculares (Contribuição para o estudo) [Tese de Livre-Docência]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 1982.

Antoniuzzi JH, Freitas A. Possibilidades de tratamento dos insucessos endodônticos convencionais. *Rev Assoc Paul Cir Dent* 1982;36(2):175-6.

¹ De acordo com Estilo Vancouver. Abreviatura de periódicos segundo Bases de Dados MEDLINE.

Apaydin ES, Shabahang S, Torabinejad M. Hard-tissue healing after application of fresh or set MTA as root-end-filling material. *J Endod* 2003;30(1):21-4.

Aqrabawi J. Sealing ability of amalgam, super EBA cement, and MTA when used as retrograde filling materials. *Br Dent J* 2000;188(5):266-8.

Asgary S, Parirokh M, Eghbal MJ, Brink F. Chemical differences between white and gray mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2005;31(2):101-3.

Asrari M, Lobner D. In vitro neurotoxic evaluation of root-end-filling materials. *J Endod* 2003;29(11):743-6.

Aun CA, Aun CE, Poloniato M, Ballester RY. Microleakage in retro-obturation with different materials and laser application. The IADR/AADR/CADR 80th General Session, San Diego. California: ADA; 2002.

Balto H, AL-Nazhan S. Attachment of human periodontal ligament fibroblasts to three different root-end filling materials: scanning electron microscope observation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;95:222-7.

Bates CF, Carnes DL, del Rio CE. Longitudinal sealing ability of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J Endod* 1996;22(11):575-8.

Beling KL, Marshall JG, Morgan LA, Baumgartner JC. Evaluation for cracks associated with ultrasonic root-end preparation of gutta-percha filled canals. *J Endod* 1997;23(5):323-6.

Bramante CM, Bramante A, Bernardinelli N. Característica do preparo apical para obturação retrógrada realizada com ultra-som. *Rev Assoc Paul Cir Dent* 1998;52(3):221-3.

Camp MA, Jeanson BG, Lallier T. Adhesion of human fibroblasts to root-end filling materials. *J Endod* 2003;29(9):602-7.

Carvalho ACP, Carvalho PSP, Sanches MG, Callestini EA, Saad Neto M. Avaliação clínica de cirurgias parendodônticas. *Rev Reg APCD Araçatuba* 1981;2(2):33-41.

Chong BS, Pitt Ford TR, Hudson MB. A prospective clinical study of Mineral Trioxide Aggregate and IRM when used as root end filling materials in endodontic surgery. *Int Endod J* 2003;36(8):520-6.

Dalçóquio C, Schoenau F, Lucena MG, Fedeli JR A. Selamento apical após retrobturações com MTA, IRM, ionômero de vidro e cianoacrilato. *Rev Assoc Paul Cir Dent* 2001;55(3):194-8.

Diniz JC, Gregori C. Indicações e contra-indicações das cirurgias periapicais: estudo crítico. *Rev Assoc Paul Cir Dent* 1974;28(2):88-94.

Duarte M, Demarchi ACCO, Yamashita JC, Kuga MC, Fraga SC. pH and calcium ion release of 2 root-end filling materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;95:345-7.

Economides N, Pantelidou O, Kokkas A, Tziafas D. Short-term periradicular tissue response to mineral trioxide aggregate (MTA) as root-end filling material. *Int Endod J* 2003;36(1):44.

Engel TK, Steiman HR. Preliminary investigation of ultrasonic root-end preparation. *J Endod* 1995;21(9):443-5.

Estrela C, Bammann LL, Estrela CR, Silva RS, Pecora JD. Antimicrobial and chemical study of MTA, Portland cement, calcium hidroxide paste, Sealapex and Dycal. *Braz Dent J* 2000;11(1):3-9.

Faraco Jr IM, Holland H. Response of the pulp of dogs to capping with mineral trioxide aggregate or calcium hidroxide cement. *Dent Traum J* 2001;17(4):163-6.

Fischer EJ, Arens DE, Miller CH. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as compared with zinc-free amalgam, intermediate restorative material, and Super-EBA as root-end filling material. *J Endod* 1998;24(3):176-9.

Fogel HM, Peikoff MD. Microleakage of root-end filling materials. *J Endod* 2001;27(7):456-8.

Frank AL, Glick DH, Patterson SS, Weine FS. Long-term evaluation of surgically placed amalgam fillings. *J Endod* 1992;18(8):391-8.

Fridland M, Rosado R. Mineral trioxide aggregate (MTA) solubility and porosity with different water-to-powder ratios. *J Endod* 2003;29(12):442-6.

Friedman S. Retrograde approaches in endodontic therapy. *Endod Dent Traumatol* 1991;7(3):97-107.

Gartner AH, Dorn SO. Advances in endodontic surgery. *Dent Clin North Am* 1992;36:357-79.

Garvin MR. Root resection. *J Can Dent Assoc* 1942;8:126-9.

Gilheany PA, Figdor D, Tyas MJ. Apical dentin permeability and microleakage associated with root end resection and retrograde filling. *J Endod* 1994;20(1):22-6.

Gondim E, Zaia AA, Gomes BPFA, Ferraz CCR, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. Investigation of the marginal adaptation of root-end filling materials in root-end cavities prepared with ultrasonic tips. *Int Endod J* 2003;36(7):491-9.

Hachmeister DR, Schindler WG, Walker WA, Thomas DD. The sealing ability and retention characteristics of mineral trioxide aggregate in a model of apexification. *J Endod* 2002;28(5):386-90.

Haglund R, He J, Jarvis J, Safavi KE, Spångberg LSW, Zhu Q. Effects of root-end filling materials on fibroblasts and macrophages in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;95:739-45.

Holland R, Filho JA, Souza V, Nery MJ, Bernabe PF, Junior, ED. Mineral trioxide aggregate repair of lateral root perforations. *J Endod* 2001a;27(4):281-4.

Holland R, Souza V, Murata SS, Nery MJ, Bernabé PFE, Otoboni Filho JA et al. Healing process of dog dental pulp after pulpotomy and pulp covering with mineral trioxide aggregate or Portland cement. *Braz Dent J* 2001b;12(2):109-13.

Holland R, Souza V, Nery MJ, Faraco-Júnior IM, Bernabé PFE, Otoboni-Filho JA, et al. Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tubes filled with a white mineral trioxide aggregate. *Braz Dent J* 2002;13(1):23-6.

Holland R, Souza V, Nery MJ, Faraco-Júnior IM, Bernabé PFE, 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* 2001c;12(1):3-8.

Huang TH, Ding SJ, Hsu TC, Kao CT. Effects of mineral trioxide aggregate (MTA) extracts on mitogenactivated protein kinase activity in human osteosarcoma cell line (U2OS). *Biomaterials* 2003;24:3909-13.

Ingle JI, Taintor JF. *Endodontia*, 3ª ed., Rio de Janeiro: Guanabara; 1989. Cap.15, p.553.

James GA. Simplified techniques in surgical periapical treatment. *Dent Clin North Am* 1963;7:375-82.

Johnson BR. Considerations in the selection of a root-end filling material. *Oral Surg Oral Med Oral Pat* 1999;87(4):398-404.

Keiser K, Johnson CC, Tipton DA. Cytotoxicity of mineral trioxide aggregate using human periodontal ligament fibroblasts. *J Endod* 2000;26(5):288-91.

Kettering JD, Torabinejad M. Investigation of mutagenicity of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. *J Endod* 1995;21(11):537-42.

Koh ET, McDonald F, Pitt Ford TR, Torabinejad M. Cellular response to mineral trioxide aggregate. *J Endod* 1998;24(8):543-7.

Koulaouzidou EA, Papazisis KT, Economides NA, Beltes P, Kortsaris AH. Antiproliferative effect of mineral trioxide aggregate, zinc oxide-eugenol cement, and glass-ionomer cement against three fibroblastic cell lines. *J Endod* 2005;31(1):44-6.

Küçükay IK, Küçükay S, Bayirli G. Factors affecting apical leakage assessment. *J Endod* 1993;19(7):362-5.

Lage-Marques JLS. Avaliação da metodologia de impermeabilização radicular externa com vistas ao estudo da permeabilidade dentinária e marginal [Tese de Doutorado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 1992.

Lage-Marques JLS. Avaliação "in vitro" do selamento marginal apical da obturação do sistema de canais radiculares em dentes portadores de secção transversal circular e elíptica, submetidos ou não à aplicação da condensação vertical e cone mestre ajustado no comprimento real de trabalho ou a 1 mm aquém [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 1990.

Lamb EL, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF, Pashley DH. Effect of root resection on the apical sealing ability of mineral trioxide aggregate. *Oral Surg Oral Med Oral Pat* 2003;95(6):732-5.

Lawley GR, Schindler WG, Walker III WA, Kolodrubetz D. Evaluation of ultrasonically placed MTA and fracture resistance with intracanal composite resin in a model of apexification. *J Endod* 2004;30(3):167-72.

Layton CA, Marshall JG, Morgan LA, Baumgartner JC. Evaluation of cracks associated with ultrasonic root-end preparation. *J Endod* 1996;22(4):157-60.

Leal JM, Bampa JU. Cirurgias parendodônticas: indicações, contra-indicações, modalidades cirúrgicas. In: Leonardo MR, Leal JM. *Endodontia: tratamento de canais radiculares*. 3ª ed. São Paulo: Panamericana; 1998. Cap. 33, p. 737-801.

Lee ES. A new mineral trioxide aggregate root-end filling technique. *J Endod* 2000;26(12):764-5.

Lee YL, Lee BS, Lin FH, Lin AY, Lan WH, Lin CP. Effects of physiological environments on the hydration behavior of mineral trioxide aggregate. *Biomaterials* 2004;25:787-93.

Luks S. Root end amalgam technic in the practice of endodontics. *J Am Dent Assoc* 1956;53(2):424-8.

Mah T, Basrani B, Santos JM, Pascon EA, Tjaderhane L, Yared G et al. Periapical inflammation affecting coronally inoculated dog teeth with root fillings augmented by white MTA orifice plugs. *J Endod* 2003;29(7):442-6.

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.

Mangin C, Yesilsoy C, Nissan R, Stevens R. The comparative sealing ability of hydroxyapatite cement, mineral trioxide aggregate, and super ethoxybenzoic acid as root-end filling materials. *J Endod* 2003;29(4):261-4.

Manicardi CA, Guimarães JLH, Aun CE, Lage-Marques JLS. Análise in vitro do selamento apical de canais retro-obturados com MTA, frente a duas técnicas de aplicação [resumo Pc036]. *Pesqui Odontol Bras* 2004;18(Supl):207.

Matloff IC, Jensen JR, Singer L, Tabibi A. A comparison of methods used in root canal sealability studies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1982;53(2):203-8.

Mitchell PJ, Pitt Ford TR, Torabinejad M, McDonald F. Osteoblast biocompatibility of mineral trioxide aggregate. *Biomaterials* 1999;20(2):167-73.

Molven O, Halse A, Grung B. Surgical management of endodontic failures: indications and treatment results. *Int Dent J* 1991;41:33-42.

Molven O, Olsen I, Kerekes K. Scanning electron microscopy of bacteria in the apical part of root canals in permanent teeth with periapical lesions. *End Dent Traumatol* 1991;7(5):226-9.

Moretton TR, Brown-Jr CE, Joseph JL, Kafrawy AH. Tissue reactions after subcutaneous and intraosseous implantation of mineral trioxide aggregate and ethoxybenzoic acid cement. *J Biomed Mat Res* 2000;52(3):528-33.

Nakata TT, Bae KS, Baumgartner JC. Perforation repair comparing mineral trioxide aggregate and amalgam using an anaerobic bacterial leakage model. *J Endod* 1998;24(3):184-6.

Nicholls E. Retrograde filling of the root canal. *Oral Surg Oral Med Oral Pat* 1962;15(4):463-73.

Paiva JG, Antoniazzi JH. O uso de uma associação de peróxido de uréia e detergente (tween 80) no preparo químico mecânico do canal radicular. *Rev Assoc Paul Cir Dent* 1973;27(7):416-22.

Peters CI, Peters OA. Occlusal loading of EBA and MTA root-end fillings in a computer-controlled masticator: a scanning electron microscopic study. *Int Endod J* 2002;35(1):22-9.

Rahbaran S, Gilthorpe MS, Harrison SD, Gulabivala K. Comparison of clinical outcome of periapical surgery in endodontic and oral surgery units of a teaching dental hospital: A retrospective study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 2001;91(6):700-9.

Ramachandran NPN, Sjögren U, Krey G, Kahnberg KE, Sundqvist G. Intraradicular bacteria and fungi in root-filled, asymptomatic human teeth with therapy-resistant periapical lesions: a long-term light and electron microscopic follow-up study. *J Endod* 1990;16(12):580-8.

Reeh ES, Combe EC. New core and sealer materials for root canal obturation and retrofilling. *J Endod* 2002;28(7):520-3.

Regan JD, Gutmann JL, Witherspoon DE. Comparison of Diaket and MTA when used as root-end filling materials to support regeneration of the periradicular tissues *Int Endod J* 2002;35(10):840.

Roda RS. Root perforation repair: surgical and nonsurgical management. *Pract Proced Aesthet Dent* 2001;13(6):467-72.

Roy CO, Jeanson BG, Gerrets TF. Effect of an acid environment on leakage of root-end filling materials. *J Endod* 2001;27(1):7-8.

Saidon J, He J, Zhu Q, Safavi K, Spångberg LSW. Cell and tissue reactions to mineral trioxide aggregate and Portland cement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 2003;95:483-9.

Schwartz RS, Mauger M, Clement DJ, Walker 3rd. WA. Mineral trioxide aggregate: a new material for endodontics. *J Am Dent Assoc* 1999;130(7):967-75.

Shabahang S, Torabinejad M, Boyne PP, Abedi H, McMillan P. A comparative study of root-end induction using osteogenic protein-1, calcium hydroxide, and mineral trioxide aggregate in dogs. *J Endod* 1999;25(1):1-5.

Shipper G, Grossman ES, Botha AJ, Cleaton-Jones PE. Marginal adaptation of mineral trioxide aggregate (MTA) compared with amalgam as a root-end filling material: a low-vacuum (LV) versus high-vacuum (HV) SEM study. *Int Endod J* 2004;37(5):325-36.

Stabholz A, Shani J, Friedman S, Abed J. Marginal adaptation of retrograde fillings and its correlation with sealability. *J Endod* 1985;11(5):218-23.

Sumi Y, Hattori H, Hayashi K, Ueda M. Ultrasonic root-end preparation: clinical and radiographic evaluation of results. *J Oral Maxillofac Surg* 1996;54(5):590-3.

Tang HT, Torabinejad M, Kettering JD. Leakage evaluation of root end filling materials using endotoxin. *J Endod* 2002;28(1):5-7.

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

Torabinejad M, Lee SJ, Hong C. Apical marginal adaptation of orthograde and retrograde root end fillings: a dye leakage and scanning electron microscopic study. *J Endod* 1994b;20(8):402-7.

Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *J Endod* 1993;19(12):591-5.

Torabinejad M, Falah-Rastegar A, Kettering JD, Pitt Ford TR. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J Endod* 1995a;21:109-12.

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

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

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* 1995d;21(11):569-71.

Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR, Kettering JD. Antibacterial effects of some root end filling materials. *J Endod* 1995e;21(8):403-6.

Torabinejad M, Smith PW, Kettering JD, Pitt Ford TR. Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. *J Endod* 1995g;21:295-9.

Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR, Kettering JD. Cytotoxicity of four root end filling materials. *J Endod* 1995f;21(10):489-92.

Torabinejad M, Hong CU, Lee SJ, Monsef M, Pitt Ford TR. Investigation of mineral trioxide aggregate for root-end filling in dogs. *J Endod* 1995b;21(2):603-8.

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.

Trice FB. Periapical surgery. *Dent Clin North Am* 1959;3:735-48.

Tselnik M, Baumgartner JC, Marshall JG. Bacterial leakage with mineral trioxide aggregate or a resin-modified glass ionomer used as a coronal barrier. *J Endod* 2004;30(11):782-4.

Vargas JW, Liewehr FR, Joyce AP, Runner RR. A comparison of the in vitro retentive strength of glass-ionomer cement, zinc-phosphate cement, and mineral trioxide aggregate for the retention of prefabricated posts in bovine incisors. *J Endod* 2004;30(11):775-7.

Vizgirda PJ, Liewehr FR, Patton WR, McPherson JC, Buxton TB. A comparison of laterally condensed gutta-percha, thermoplasticized gutta-percha, and mineral trioxide aggregate as root canal filling materials. *J Endod* 2004;30(2):103-6.

Weldon-Jr JK, Pashley DH, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF. Sealing ability of Mineral Trioxide Aggregate and Super-EBA when used as furcation repair materials: a longitudinal study. *J Endod* 2002;28(6):467-70.

Wu MK, Wesselink PR. Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. *Int Endod J* 1993;26(1):37-43.

Wu MK, Kontakiotis EG, Wesselink PR. Long-term seal provided by some root-end filling materials. *J Endod* 1998;24(8):557-60.

Yatsushiro JD, Baumgartner JC, Tinkle JS. Longitudinal study of the microleakage of two root-end filling materials using a fluid conductive system. *J Endod* 1998;24(11):716-9.

Zhu Q, Haglund R, Safavi KE, Spångberg LS. Adhesion of human osteoblasts on root-end filling materials. J Endod 2000;26(7):404-6.

Zuolo ML, Ferreira MOF, Gutmann JL. Prognosis in periradicular surgery: a clinical prospective study. Int End J 2000;33:91-8.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Valores originais

Apêndice A1 - Valores originais do Grupo I - Infiltração por área (%) e linear (mm)

GRUPO I	DISCO	TOTAL	CAVIDADE	CORADA	%	LINEAR
ESPÉCIME 1	1 mm	5517	638	64	1,31	1
	2 mm	x	x	0	0,00	
	3 mm	x	x	0	0,00	
	MÉDIA				0,44	
ESPÉCIME 2	1 mm	4691	368	119	2,75	3
	2 mm	5891	295	966	17,26	
	3 mm	6001	296	1155	20,25	
	MÉDIA				13,42	
ESPÉCIME 3	1 mm	5782	567	550	10,55	1
	2 mm	x	x	0	0,00	
	3 mm	x	x	0	0,00	
	MÉDIA				3,52	
ESPÉCIME 4	1 mm	4506	589	1557	39,75	2
	2 mm	5041	503	705	15,54	
	3 mm	x	x	0	0,00	
	MÉDIA				18,43	
ESPÉCIME 5	1 mm	7317	464	283	4,13	1
	2 mm	x	x	x	0,00	
	3 mm	x	x	x	0,00	
	MÉDIA				1,38	
ESPÉCIME 6	1 mm	x	x	x	0,00	0
	2 mm	x	x	x	0,00	
	3 mm	x	x	x	0,00	
	MÉDIA				0,00	
ESPÉCIME 7	1 mm	5790	467	926	17,40	3
	2 mm	5819	452	2660	49,56	
	3 mm	6986	517	1562	24,15	
	MÉDIA				30,37	
ESPÉCIME 8	1 mm	4090	570	1404	39,89	3
	2 mm	5344	532	2818	58,56	
	3 mm	5355	546	2788	57,97	
	MÉDIA				52,14	
ESPÉCIME 9	1 mm	4723	573	976	23,52	3
	2 mm	5074	575	1013	22,52	
	3 mm	6257	533	753	13,16	
	MÉDIA				19,73	
ESPÉCIME 10	1 mm	x	x	0	0,00	0
	2 mm	x	x	0	0,00	
	3 mm	x	x	0	0,00	
	MÉDIA				0,00	
ESPÉCIME 11	1 mm	5643	613	3467	68,93	3
	2 mm	6877	420	5400	83,63	
	3 mm	8080	391	3595	46,76	
	MÉDIA				66,44	
ESPÉCIME 12	1 mm	x	x	0	0,00	0
	2 mm	x	x	0	0,00	
	3 mm	x	x	0	0,00	
	MÉDIA				0,00	
ESPÉCIME 13	1 mm	4227	386	614	15,99	1
	2 mm	x	x	0	0,00	
	3 mm	x	x	0	0,00	
	MÉDIA				5,33	
ESPÉCIME 14	1 mm	5060	381	1372	29,32	2
	2 mm	5570	279	1007	19,03	
	3 mm	x	x	x	0,00	
	MÉDIA				16,12	
ESPÉCIME 15	1 mm	3080	284	477	17,06	2
	2 mm	4049	232	273	7,15	
	3 mm	x	x	x	0,00	
	MÉDIA				8,07	

Apêndice A2 - Valores originais do Grupo II - Infiltração por área (%) e linear (mm)

GRUPO II	DISCO	TOTAL	CAVIDADE	CORADA	%	LINEAR
ESPÉCIME 1	1 mm	4411	887	412	11,69	2
	2 mm	6462	749	95	1,66	
	3 mm	x	x	0	0,00	
	MÉDIA				4,45	
ESPÉCIME 2	1 mm	x	x	0	0,00	0
	2 mm	x	x	0	0,00	
	3 mm	x	x	0	0,00	
	MÉDIA				0,00	
ESPÉCIME 3	1 mm	4242	351	2441	62,73	3
	2 mm	5308	309	2552	51,05	
	3 mm	6760	312	3398	52,70	
	MÉDIA				55,49	
ESPÉCIME 4	1 mm	x	x	0	0,00	0
	2 mm	x	x	0	0,00	
	3 mm	x	x	0	0,00	
	MÉDIA				0,00	
ESPÉCIME 5	1 mm	5180	345	199	4,12	1
	2 mm	x	x	0	0,00	
	3 mm	x	x	0	0,00	
	MÉDIA				1,37	
ESPÉCIME 6	1 mm	x	x	0	0,00	0
	2 mm	x	x	0	0,00	
	3 mm	x	x	0	0,00	
	MÉDIA				0,00	
ESPÉCIME 7	1 mm	7222	487	407	6,04	1
	2 mm	x	x	0	0,00	
	3 mm	x	x	0	0,00	
	MÉDIA				2,01	
ESPÉCIME 8	1 mm	6180	532	487	8,62	1
	2 mm	x	x	0	0,00	
	3 mm	x	x	0	0,00	
	MÉDIA				2,87	
ESPÉCIME 9	1 mm	x	x	0	0,00	0
	2 mm	x	x	0	0,00	
	3 mm	x	x	0	0,00	
	MÉDIA				0,00	
ESPÉCIME 10	1 mm	4722	965	335	8,92	2
	2 mm	7118	865	286	4,57	
	3 mm	x	x	0	0,00	
	MÉDIA				4,50	
ESPÉCIME 11	1 mm	5650	772	1064	21,81	3
	2 mm	7621	633	105	1,50	
	3 mm	9835	651	52	0,57	
	MÉDIA				7,96	
ESPÉCIME 12	1 mm	x	x	0	0,00	0
	2 mm	x	x	0	0,00	
	3 mm	x	x	0	0,00	
	MÉDIA				0,00	
ESPÉCIME 13	1 mm	x	x	0	0,00	0
	2 mm	x	x	0	0,00	
	3 mm	x	x	0	0,00	
	MÉDIA				0,00	
ESPÉCIME 14	1 mm	x	x	0	0,00	0
	2 mm	x	x	0	0,00	
	3 mm	x	x	0	0,00	
	MÉDIA				0,00	
ESPÉCIME 15	1 mm	7222	489	722	10,72	1
	2 mm	x	x	0	0,00	
	3 mm	x	x	0	0,00	
	MÉDIA				3,57	

Apêndice A3 - Valores originais do Grupo III. Infiltração por área (%) e linear (mm)

GRUPO III	DISCO	TOTAL	CAVIDADE	CORADA	%	LINEAR
ESPÉCIME 1	1 mm	4946	402	246	5,41	2
	2 mm	6659	376	81	1,29	
	3 mm	x	x	0	0,00	
	MÉDIA				2,23	
ESPÉCIME 2	1 mm	5152	567	257	5,61	2
	2 mm	6156	525	594	10,55	
	3 mm	x	x	0	0,00	
	MÉDIA				5,38	
ESPÉCIME 3	1 mm	4881	507	1296	29,63	1
	2 mm	7391	496	0	0,00	
	3 mm	x	x	0	0,00	
	MÉDIA				9,88	
ESPÉCIME 4	1 mm	3832	493	771	23,09	3
	2 mm	4951	291	472	10,13	
	3 mm	5783	261	686	12,42	
	MÉDIA				15,21	
ESPÉCIME 5	1 mm	4793	636	1441	34,66	2
	2 mm	6797	408	1783	27,91	
	3 mm	x	x	0	0,00	
	MÉDIA				20,86	
ESPÉCIME 6	1 mm	5315	437	1910	39,16	3
	2 mm	7447	412	2570	36,53	
	3 mm	9990	337	517	5,36	
	MÉDIA				27,01	
ESPÉCIME 7	1 mm	5364	547	510	10,59	3
	2 mm	6654	429	1583	25,43	
	3 mm	7905	415	197	2,63	
	MÉDIA				12,88	
ESPÉCIME 8	1 mm	4456	744	659	17,75	3
	2 mm	5434	610	1000	20,73	
	3 mm	6712	625	758	12,45	
	MÉDIA				16,98	
ESPÉCIME 9	1 mm	x	x	0	0,00	0
	2 mm	x	x	0	0,00	
	3 mm	x	x	0	0,00	
	MÉDIA				0,00	
ESPÉCIME 10	1 mm	x	x	0	0,00	0
	2 mm	x	x	0	0,00	
	3 mm	x	x	0	0,00	
	MÉDIA				0,00	
ESPÉCIME 11	1 mm	3247	386	330	11,53	1
	2 mm	x	x	0	0,00	
	3 mm	x	x	0	0,00	
	MÉDIA				3,84	
ESPÉCIME 12	1 mm	5321	580	1996	42,10	1
	2 mm	x	x	0	0,00	
	3 mm	x	x	0	0,00	
	MÉDIA				14,03	
ESPÉCIME 13	1 mm	3811	372	325	9,45	3
	2 mm	4714	269	703	15,82	
	3 mm	5882	227	835	14,77	
	MÉDIA				13,34	
ESPÉCIME 14	1 mm	6057	645	2783	51,42	2
	2 mm	6862	478	2445	38,30	
	3 mm	x	x	0	0,00	
	MÉDIA				29,91	
ESPÉCIME 15	1 mm	x	x	0	0,00	0
	2 mm	x	x	0	0,00	
	3 mm	x	x	0	0,00	
	MÉDIA				0,00	

Apêndice A4 - Valores originais do Grupo IV. Infiltração por área (%) e linear (mm)

GRUPO IV	DISCO	TOTAL	CAVIDADE	CORADA	%	LINEAR
<i>ESPÉCIME 1</i>	1 mm	x	x	x	100,00	3
	2 mm	7972	637	6794	92,62	
	3 mm	9219	711	7202	84,65	
	MÉDIA				92,42	
<i>ESPÉCIME 2</i>	1 mm	x	x	x	100,00	3
	2 mm	x	x	x	100,00	
	3 mm	x	x	x	100,00	
	MÉDIA				100,00	
<i>ESPÉCIME 3</i>	1 mm	11621	454	10087	90,33	3
	2 mm	11093	365	8651	80,64	
	3 mm	8912	398	6774	79,56	
	MÉDIA				83,51	

Apêndice A5 - Valores originais do Grupo V. Infiltração por área (%) e linear (mm)

GRUPO V	DISCO	TOTAL	CAVIDADE	CORADA	%	LINEAR
<i>ESPÉCIME 1</i>	1 mm	x	x	0	0,00	0
	2 mm	x	x	0	0,00	
	3 mm	x	x	0	0,00	
	MÉDIA				0,00	
<i>ESPÉCIME 2</i>	1 mm	x	x	0	0,00	0
	2 mm	x	x	0	0,00	
	3 mm	x	x	0	0,00	
	MÉDIA				0,00	
<i>ESPÉCIME 3</i>	1 mm	x	x	0	0,00	0
	2 mm	x	x	0	0,00	
	3 mm	x	x	0	0,00	
	MÉDIA				0,00	

APÊNDICE B

Apendice B1– Dispersão dos % médios de áreas coradas com relação às áreas totais e das cavidades.

Apendice B2 – Dispersão dos % de áreas coradas com relação às áreas totais, a cada mm.

APÊNDICE C

Apêndice C1 – Resultado do Teste Estatístico para comparação entre as profundidades de penetração de corante nas secções de 1 mm.

Tratamento	Tabela de Frequências Observadas Qui-Quadrado: 3,461539df=2 p=,17715		
	não infiltrou até 1 mm	infiltrou pelo menos 1 mm	Total Linha
1	3	12	15
2	7	8	15
3	3	12	15
Total Coluna	13	32	45

Apêndice C2 – Resultado do Teste Estatístico para comparação entre as profundidades de penetração de corante nas secções de 2 mm.

Tratamento	Tabela de Frequências Observadas Qui-Quadrado: 3,750000 df=2 p=,15336		
	não infiltrou até 2 mm	infiltrou pelo menos 2 mm	Total Linhas
1	7	8	15
2	11	4	15
3	6	9	15
Total Colunas	24	21	45

Apêndice C3 – Resultado do Teste Estatístico para comparação entre as profundidades de penetração de corante nas secções de 3 mm

Tratamento	Tabela de Frequências Observadas Qui-Quadrado: 2,045455 df=2 p=,35962		
	não infiltrou até 3 mm	infiltrou pelo menos 3 mm	Total Linha
1	10	5	15
2	13	2	15
3	10	5	15
Total Coluna	33	12	45

ANEXO

ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA**PARECER DE APROVAÇÃO**
Protocolo 133/04

O Grupo de Trabalho indicado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, APROVOU o protocolo de pesquisa ***"Avaliação in vitro do selamento apical produzido a partir de duas técnicas de aplicação de M.T.A., em retro-preparos realizados com ultra-som"***, de responsabilidade do Pesquisador **Cid Alonso Manicardi**, sob orientação do Prof. Dr. **Carlos Eduardo Aun**.

Tendo em vista a legislação vigente, devem ser encaminhados a este Comitê relatórios anuais referentes ao andamento da pesquisa e ao término cópia do trabalho em "cd". Qualquer emenda do projeto original deve ser apresentada a este CEP para apreciação, de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas.

São Paulo, 26 de agosto de 2004

Profª Drª **ROSA HELENA MIRANDA GRANDE**
Coordenadora do CEP-FOUSP