



**Efeito da excitação ultra-sônica na resistência máxima à tração
e de união à dentina de cimentos de ionômero de vidro,
após diferentes períodos de armazenamento**



Elcilaine Rizzato Azevedo



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP



Elcilaine Rizzato Azevedo

**Efeito da excitação ultra-sônica na
resistência máxima à tração e de união à dentina
de cimentos de ionômero de vidro,
após diferentes períodos de armazenamento**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Ciências Odontológicas - Área de Odontopediatria, da
Faculdade de Odontologia de Araraquara, da Universidade
Estadual Paulista, para obtenção do título de Mestre em
Odontopediatria.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Ângela Cristina Cilense Zuanon

Araraquara
2008

Azevedo, Elcilaine Rizzato.

Efeito da excitação ultra-sônica na resistência máxima à tração e de união à dentina de cimentos de ionômero de vidro, após diferentes períodos de armazenamento / Elcilaine Rizzato Azevedo. Araraquara: [s.n.], 2008.

66 f. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia

Orientador : Profa. Dra. Ângela Cristina Cilense Zuanon

1. Cimentos de ionômeros de vidro
 2. Ultra-som
 3. Dentina
 4. Resistência à tração
- I. Título

Elcilaine Rizzato Azevedo

Efeito da excitação ultra-sônica na
resistência máxima à tração e de união à dentina
de cimentos de ionômero de vidro,
após diferentes períodos de armazenamento

COMISSÃO JULGADORA

DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE

Presidente e Orientador

Prof^a. Dr^a. Ângela Cristina Cilense Zuanon

2º Examinador

Prof^a. Dr^a. Renata Cristiane da Silva

3º Examinador

Prof^a. Dr^a. Josimeri Hebling da Costa

Araraquara, 31 de julho de 2008.

Dados curriculares

Elcilaine Rizzato Azevedo

Nascimento	15.02.1979
Naturalidade	Socorro - SP
Filiação	Luiz Carlos de Azevedo Mailena Rizzato Azevedo
1999-2002	Curso de graduação – Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP
2006-2008	Curso de pós-graduação, nível de mestrado, área de concentração em Odontopediatria – Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP
Associações	Sociedade Brasileira de Pesquisa em Odontologia – SBPqO

Dedicatória

Dedico este trabalho,

Aos meus pais, Lena e Luiz Carlos,
pelo exemplo de caráter,
honestidade e dignidade.
Obrigada por acreditarem em mim

Ao meu companheiro Paulo,
obrigada por se fazer tão presente e incentivador,
e acima de tudo, por me fazer feliz.

Aos meus irmãos,
Elci, pelo exemplo de carreira acadêmica,
pelo apoio emocional e sua amizade.
Sentirei muito sua distância,
e do Léo também.
Mare e Ton,
agradeço pela força e união,
mesmo que à distância.

Ao vô Toninho,
pelo orgulho que sente por mim.

Amo vocês!!!

Agradecimento especial



A Cris,

agradeço o exemplo de profissional, mulher, amiga e artesã
a orientação, paciência e compreensão
e principalmente pela a amizade sincera
ao longo desses anos.

Agradecimentos



Agradeço,

A Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP, na pessoa de seu Magnífico Reitor Prof. Dr. Marcos Macari e Vice-Reitor, Prof. Dr. Herman Jacobus Cornelis Voorwald.

A Faculdade de Odontologia de Araraquara – FOAr, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP, na pessoa de seu Diretor Prof. Dr. José Claudio Martins Segalla e sua Vice-diretora Andreia Affonso Barreto Montandon.

Ao Departamento de Clínica Infantil da Faculdade de Odontologia de Araraquara – FOAr, representado pelo chefe Profa. Dra. Ângela Cristina Cilense Zuanon e pelo Vice-Chefe Profa. Dra. Lídia Parsekian Martins.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas coordenado pelo Profa. Dra. Josimeri Hebling Costa e Prof. Dr. Luiz Gonzaga Gandini Junior.

Aos professores da Disciplina de Odontopediatria, Profa. Dra. Angela Cristina Cilense Zuanon, Prof. Dr. Cyneu Aguiar Pansani, Profa. Dra. Elisa Maria Aparecida Giro, Prof. Dr. Fábio César Braga de Abreu e Lima, Profa. Dra. Josimeri Hebling Costa, Profa. Dra. Lourdes Aparecida Martins dos Santos-Pinto e Profa. Dra. Rita de Cássia Loiola Cordeiro, pelos ensinamentos transmitidos e minha formação profissional.

Aos professores da Disciplina de Ortodontia, Prof. Dr. Ary dos Santos-Pinto, Prof. Dr. Dirceu Barnabé Ravelli, Prof. Dr. João Roberto Gonçalves, Profa. Dra. Lídia

Parsekian Martins, Prof. Dr. Luiz Gonzaga Gandini Junior e Prof. Dr. Maurício Tatsuei Sakima.

Aos funcionários do Departamento de Clínica Infantil, Antonio, Dulce, Sônia, Odete, Regina, Cristina, Pedro e Tânia, por serem tão prestativos.

As colegas do curso de mestrado Ana Luísa, Camila, Hérica, Indri e Lícia pelo companheirismo e amizade. Aos novos mestrandos Cristine, Débora, Fabiano, Juliana, Marcela e Márcia pela euforia e empolgação contagiante de um novo começo.

As colegas do curso de doutorado Cármen, Juliana, Michele, Nancy e Simone, por terem me recebido “especialmente” em sua turma. Aos antigos doutorandos Andreza, Emi, Érika, Fábio, Fernanda, Hermes, Jonas, Junia, Luciana e Murilo pelo incentivo, dedicação e amizade.

As estagiárias do atendimento de emergência Keli, Keren, Larissa, Lúcia e Mariana e do atendimento à pacientes especiais Ioneide e Natália, pelo convívio e aprendizado durante este período.

Aos funcionários da Biblioteca, Adriano, Ceres, Eliane Maria, Eliane Cristina, Inês, Maria Aparecida, Maria Helena, Marley, Silvia e Odete pela atenção, ajuda e disponibilidade.

Aos funcionários da Pós-graduação Alexandre, Mara, Rosângela, Sílvia e Vera, por toda atenção e paciência.

A Disciplina de Materiais Dentários do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese pela disponibilidade de seus laboratórios e equipamentos. Ao Prof. Dr. Luis Geraldo Vaz pela disponibilidade pela atenção durante a realização dos ensaios mecânicos.

Ao Banco de Dentes Humanos da FOAr – Unesp pela doação dos dentes utilizados neste experimento.

Aos amigos Daniela e Eduardo, sempre presentes para uma boa conversa e aconselhamentos.

A família Andrade Malara que me recebeu tão carinhosamente, me acolhendo como mais um membro da família.

A amiga Cármen pela disponibilidade me ajudar em qualquer momento, pelo apoio e principalmente pela amizade.

Ao CNPq pelo apoio financeiro que possibilitou minha capacitação.

A todas as instituições de ensino que contribuíram para a minha formação profissional. A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Acima de tudo, agradeço a Deus pela minha vida, família e amigos.

Sumário

Resumo.....	10
Abstract.....	12
Introdução.....	14
Proposição.....	18
Artigo 1.....	20
Artigo 2.....	36
Considerações finais.....	57
Referências.....	60
Anexos.....	64

Resumo



Azevedo ER. Efeito da excitação ultra-sônica na resistência máxima à tração e de união à dentina de cimentos de ionômero de vidro, após diferentes períodos de armazenamento [Dissertação de Mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2008.

Resumo

Este estudo investigou o efeito da excitação ultra-sônica na resistência máxima à tração e de união à dentina de cimentos de ionômero de vidro (CIV), após 24 horas ou 30 dias de armazenamento em água destilada à 37°C, por meio do teste de microtração. Os materiais utilizados foram o CIV de alta viscosidade Fuji IX GP, Ketac Molar e o modificado por resina, Vitremer. Foram confeccionados 12 corpos de prova para cada material, dos quais 6 formaram o grupo controle e 6 receberam tratamento com US, por 30 segundos. Para o experimento de resistência de união à dentina, trinta e seis terceiros molares foram divididos aleatoriamente entre os grupos experimentais já descritos. Em ambos os experimentos, após o período de armazenamento, os corpos de prova foram seccionados em espécimes com área adesiva média de 0,91mm² ($\pm$ 0,1) e 0,93 mm² ($\pm$ 0,09), respectivamente para o experimento de resistência à tração e de união. Os dados foram analisados pela análise de variância com a correção de Welch ($p < 0,001$) e teste de Tamhane ($\alpha = 0,05$). O cimento Fuji IX (24 horas) apresentou aumento significativo na resistência máxima à tração e o Ketac Molar (24 horas) na resistência de união à dentina, após a aplicação do US. Os grupos controle destes materiais também apresentaram aumento da resistência após 30 dias de armazenamento. Em todos os outros grupos experimentais não houve alteração significativa após a aplicação de US ou após diferentes períodos de armazenamento. A aplicação do ultra-som aumentou a resistência máxima à tração e de união à dentina, após 24 horas de armazenamento, quando se utilizou respectivamente, os cimentos Fuji IX e Ketac Molar.

Palavras-chaves: Cimentos de ionômero de vidro; ultra-som; resistência à tração; dentina.

Abstract



Azevedo ER. Ultimate tensile strength and bond strength to dentin of glass ionomer, after ultrasonic setting and different periods of storage [Dissertação de Mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2008.

Abstract

This study investigated the GICs ultimate tensile strength and bond to dentine after ultrasonic excitation and after periods of the 24 hours and 30 days storage in distilled water at 37°C, using microtensile test. Two high viscosity GICs, Fuji IX GP and Molar Ketac, and the resin modified GIC Vitremer were used. Twelve specimens for each material were prepared, 6 formed the control group and 6 received treatment with US, por 30 seconds. For the ultimate tensile strength experiment, a cross-sectional area of $0.91\text{mm}^2 (\pm 0.1)$ in the specimens were obtained. For the tensile bond strength to dentine test, 36 third molar were selected and randomly divided into groups, with a cross-sectional area of $0.93\text{mm}^2 (\pm 0.09)$. All specimens were tested in a microtensile test machine. The data were evaluated by analysis of variance and corrected by Welch ($p < 0.001$) and Tamhane tests ($\alpha = 0.05$). Fuji IX (24 hours) had significant increase in the ultimate tensile strength and Ketac Molar (24 hours) had significant increase in the tensile strength of union to dentine, after the application of the US. The control groups of the Fuji IX and Ketac Molar had increase in the tensile strength after 30 days of storage. All the other groups, did not show significant difference neither when US application was used nor between different storage times. The ultrasound application increased the ultimate tensile strength and bond to the dentine, after 24 hours of storage, when if it used respectively, the Ketac Molar and Fuji IX cements.

Key words: Glass ionomer cement; ultrasound; tensile strength; dentin

Introdução



Introdução

Cimento de ionômero de vidro (CIV) é o nome dado a um grupo de materiais baseados na reação ácido/base entre o pó de vidro de silicato de alumínio e solução aquosa de ácido poliacrílico. Em virtude de sua boa adesão à estrutura dentária, biocompatibilidade e liberação de fluoretos serem amplamente consideradas na clínica odontológica, o material é utilizado para a realização de cimentação, forramento e base, restauração, selamento de fósulas e fissuras entre outras. A indicação do CIV depende, dentre outras características inerentes da cavidade a ser restaurada, da consistência do cimento, que varia de baixa a muito alta viscosidade, em função do tamanho das partículas e da proporção pó/líquido⁴.

A reação de presa ácido/base é lenta e contínua, podendo demorar até 6 meses para completar sua maturação, e o mecanismo de adesão é baseado na difusão e adsorção de íons cálcio da estrutura dentária aos grupos carboxílicos do cimento¹⁴. Apesar das principais reações químicas ocorrerem nas primeiras horas, suas propriedades mecânicas são melhoradas com o passar do tempo^{14, 20}.

Estas propriedades podem ser analisadas por meio de ensaios mecânicos, dentre os quais a tração foi originalmente elaborada para permitir a avaliação laboratorial da resistência de união de materiais adesivos à estrutura dentária¹⁵. Ao submeter o CIV a este ensaio, observa-se na maioria das vezes, fratura do tipo coesiva, pois a união adesiva formada entre o CIV e o substrato é mais resistente que a união coesiva no cimento, principalmente em seus estágios iniciais de presa, quando é relativamente fraco e friável^{1, 11, 13, 16, 17, 23}.

Observa-se pouco consenso na literatura quanto à resistência de união, pois muitos não consideram a maturação relativamente lenta dos CIV, os quais frequentemente são tracionados pouco tempo após sua manipulação¹⁴. De acordo com os experimento de Yap et al.²³ (2003), os valores de resistência de união à dentina dos CIV obtidos após um mês da espatulação foram significativamente maiores (5,00 a 14,95 MPa) que após uma semana (3,16 a 5,81MPa).

Durante a fase de maturação do CIV, os íons alumínio, que são liberados mais lentamente, deslocam os íons cálcio e reagem com os grupos carboxílicos, formando poliacrilato de alumínio, que auxilia na formação do hidrogel de polissais para o endurecimento final do cimento¹².

De acordo com Yap et al.²³ (2003), o aumento na velocidade de reação de presa desses materiais resulta em melhora das propriedades mecânicas iniciais, uma vez que atingem suficiente resistência às forças mastigatórias num período de tempo mais curto. A literatura tem mostrado a busca de melhores propriedades mecânicas do CIV nesse período crítico, com a aplicação de ondas de ultra-som^{3, 7,8,10,18,19,21}.

O ultra-som é um aparelho formado por transdutores que convertem impulsos elétricos de alta frequência em vibrações mecânicas. Estas energizam as partículas do meio ao qual são aplicadas, propagando-se para as estruturas adjacentes, transmitida em forma de onda¹⁰.

Uma parte desta energia propagada é dissipada em forma de calor⁹, gerando aumento de temperatura no cimento^{2,3,21}, o qual contribui para a aceleração da velocidade de sua reação de presa inicial. Além disso, a vibração das ondas de ultra-som quebra os aglomerados de partículas de vidro promovendo aumento da área de contato destas ao poliácido, além de proporcionar uma mistura mais homogênea^{10,19}.

Desta maneira, ocorre também diminuição do volume e do número de bolhas intrínsecas no cimento e promove melhor compactação do material ^{3, 9, 20-21}.

A excitação ultra-sônica no CIV aumentou sua resistência de união à dentina, após 24 horas ⁹ e promoveu um efeito benéfico na união do CIV ao esmalte³. Porém, a rugosidade superficial e perda de massa após escovação do CIV não foram influenciadas com aplicação de ondas de ultra-som⁷.

Além de diminuir o tempo de reação de presa em seus estágios iniciais, e evitar absorção de água nesta fase de maior sensibilidade a alterações higroscópicas⁸, a aplicação de ondas de ultra-som no CIV não modifica a composição química do material¹⁹.

Assim, mais pesquisas científicas são necessárias para um melhor entendimento da influência da aplicação de ondas ultra-sônicas no CIV, uma vez que esta pode influenciar no desempenho clínico destes cimentos.

Proposição



Proposição Geral

Este estudo tem como proposição geral avaliar o efeito da excitação ultra-sônica na resistência máxima à tração e na resistência de união de cimentos de ionômero de vidro à dentina, após diferentes períodos de armazenamento.

Proposições específicas

- **Artigo 1: Efeito da excitação ultra-sônica na resistência máxima à tração de CIV, após diferentes períodos de armazenamento**

Este experimento tem o propósito de avaliar a resistência máxima à tração de CIV, após excitação ultra-sônica e diferentes períodos de armazenamento.

- **Artigo 2: Efeito da excitação ultra-sônica na resistência de união de CIV à dentina, após diferentes períodos de armazenamento**

Este experimento tem o propósito de avaliar a resistência de união do CIV à dentina, após excitação ultra-sônica e diferentes períodos de armazenamento.

*Efeito da excitação ultra-sônica na resistência máxima à tração
de cimentos de ionômero de vidro,
após diferentes períodos de armazenamento*

Elcilaine Rizzato Azevedo¹

Cármem Regina Coldebella¹

Ângela Cristina Cilense Zuanon²

Departamento de Clínica Infantil, Faculdade de Odontologia
de Araraquara – UNESP, Araraquara, São Paulo, Brasil

R. Humaitá, 1680
Centro, Araraquara – SP
Brasil
14801-360

Email: aczuanon@foar.unesp.br

Tel.: (016) 33016335

¹. alunas da Pós-Graduação em Ciências Odontológicas, área de concentração Odontopediatria, da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP

². professora adjunto do Departamento de Clínica Infantil, da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP

Resumo

Este estudo investigou a resistência máxima à tração de cimentos de ionômero de vidro (CIV) após aplicação de excitação ultra-sônica (US) e 2 períodos de armazenamento (24 horas e 30 dias) em água destilada à 37°C, por meio do teste de microtração. Os materiais utilizados foram o CIV de alta viscosidade Fuji IX GP, Ketac Molar e o modificado por resina, Vitremer. Para cada material foram confeccionados 12 corpos de prova, sendo que 6 formaram o grupo controle e 6 receberam tratamento com US, por 30 segundos. Os corpos de prova foram seccionados em espécimes com área média de secção transversal de $0,91\text{mm}^2 (\pm 0,1)$. Os dados foram analisados pela análise de variância com a correção de Welch ($p < 0,001$) e teste de Tamhane ($\alpha = 0,05$). O cimento Fuji IX (24 horas) apresentou aumento significativo na resistência à tração após a aplicação do US, assim como após 30 dias de armazenamento. Em todos os outros grupos não houve alterações significativas após a aplicação de US e diferentes períodos de armazenamento. O ultra-som pode ser utilizado em CIV para se obter maior resistência máxima à tração após 24 horas de armazenamento, quando se utiliza o cimento Fuji IX como material restaurador.

Palavras chaves: cimento de ionômero de vidro; ultra-som; resistência à tração

Introdução

O cimento de ionômero de vidro (CIV) é um material com grande versatilidade na clínica odontológica, pois possui boa adesividade à estrutura dentária, biocompatibilidade e capacidade de liberação de flúor. Como todos os materiais restauradores também têm suas limitações, e entendimento claro de suas características são essenciais para seu sucesso [1,2].

Possui lenta reação de presa inicial, a qual torna vulnerável à contaminação com umidade na primeiras 24 horas, sendo necessária sua proteção superficial para que não incorpore água em excesso, e perca íons importantes para sua formação. Deve-se evitar também a perda de água, a qual é necessária para a hidratação de sais durante o contínuo processo de sua reação de presa [3].

O aumento na velocidade de reação de presa é importante para diminuir as chances de contaminação por umidade na boca [4]. Além disso, permite sessões restauradoras mais rápidas, importantes para o atendimento odontológico infantil [5]. Inúmeras modificações na composição do CIV são estudadas para se alcançar maior sucesso clínico, como a incorporação de partículas metálicas ou monômeros resinosos, controle do tamanho, concentração e distribuição de partículas de vidro do pó, alterações da formulação do poliácido no líquido, dentre outras [1,3].

Para solucionar problemas durante os estágios precoces de reação de presa foram desenvolvidos os CIV modificados por resina, os quais apresentam reação ácido/base, fotoativação e adicionalmente uma reação química de polimerização de resina. Além da melhora do tempo de trabalho, possuem as vantagens de liberar flúor e unir-se quimicamente à estrutura dental, com boas propriedades mecânicas, estéticas e

baixa sensibilidade à água no início de sua reação de presa [1]. Entretanto, apresentam algumas desvantagens que são inerentes ao uso da resina [6], como alterações dimensionais pela absorção de maior quantidade de água devido a grupos funcionais hidrofílicos (HEMA) [7], necessidade de uso de técnica incremental para restaurações extensas, alteração de cor com o passar do tempo [1], contração de polimerização, diminuição da translucidez [8] e maior citotoxicidade pela liberação de monômeros resinosos [9].

McLean [3] e Poolthong et al.[10] relatam a introdução de fibras de reforço (vidro, alumina ou carbono) e de partículas metálicas (liga de amalgama, prata, titânio) para aumentar a resistência do material. O aumento do peso molecular e concentração do poliácido também podem melhorar a resistência e diminuir o tempo de reação de presa, porém acarretam o aumento da viscosidade, dificuldade de manipulação do material e comprometimento da estética [3].

As propriedades mecânicas do CIV também estão relacionadas à proporção de pó/líquido e ao tamanho e distribuição das partículas de vidro [1]. Xie et al. [11] demonstraram que o aumento da proporção pó/líquido e a presença de partículas menores resultam na melhora da resistência à compressão, e que quando o material possui partículas maiores apresenta aumento na resistência à abrasão.

O aumento da velocidade da reação de presa inicial e a melhora de propriedades mecânicas têm sido demonstrados por estudos laboratoriais recentes, com o uso da excitação ultra-sônica sobre o CIV [4-7,12-16].

Por proporcionar aumento na velocidade da reação de presa [4-6,12,13], a aplicação de ondas de ultra-som sobre o CIV confere a vantagem de se evitar alterações higroscópicas, na fase que o material apresenta maior sensibilidade à água [14],

aumentar a resistência à compressão [4,6,12], a dureza [5] e também a resistência à tração [14-16]. Além disso, não modifica a composição química do material [6,12].

Desta maneira, o objetivo deste estudo é avaliar a resistência máxima à tração de CIV, por meio do teste de microtração, após excitação ultra-sônica e diferentes períodos de armazenamento.

Materiais e métodos

Para a confecção dos corpos de prova foi utilizada uma matriz de tira de poliéster com formato cilíndrico (com altura de 6 mm x 8 mm de diâmetro), preenchida com 2 incrementos de CIV com auxílio de uma seringa Centrix (Centrix, Shelton, EUA). Os materiais (Quadro 1) foram manipulados de acordo com as instruções dos fabricantes.

Para cada material foram confeccionados 12 corpos de prova, os quais seis receberam aplicação de ondas de ultra-som e 6 pertenceram ao grupo controle, totalizando 6 grupos experimentais com 6 corpos de prova cada.

Após a inserção de cada incremento do material, os grupos testes receberam aplicação de ondas ultra-sônicas, por 15 segundos, com auxílio do aparelho PROFI III BIOS (Dabi Atlante, SP, BR), com 80% de sua potência e frequência de 28KHz. Após a inserção do segundo incremento e antes da aplicação de US, o material foi coberto com tira matriz de poliéster e aplicou-se pressão digital por 2 segundos, para melhor acomodação do material. O aparelho de US foi aplicado deslizando-se a ponta do aparelho sobre as paredes lateral e superior do corpo de prova.

Decorridos 20 minutos do início da manipulação dos materiais, a tira matriz foi removida e todos os corpos de prova foram protegidos com esmalte incolor (Base incolor, Colorama) para armazenamento em água destilada.

Para os corpos de prova confeccionados com Vitremer, adicionalmente após a aplicação de ondas ultra-sônicas, foi realizada fotoativação, por 40 segundos a cada incremento, com auxílio do aparelho fotopolimerizador Dabi Atlante (Dabi Atlante, SP, BR).

Três corpos de prova de cada grupo experimental foram preparados e tracionados após 24h e 3 após o período de 30 dias.

Para isso, os corpos de prova foram cortados no seu longo eixo, em fatias paralelas de 1 mm de espessura, na máquina de cortes (Isomet 1000, Buehler Ltd, Lake Bluf, IL, EUA), sob refrigeração constante, peso de 200 gf, velocidade de 250 rpm e equipada com disco diamantado de 0,5 mm de espessura (Diamond Wafering Blade, Buehler Ltd. Lake Bluf, IL, EUA). Após rotação do corpo de prova em 90°, nova série de cortes foi realizada, com o mesmo protocolo descrito, e ao final, foram obtidos espécimes em forma de palitos, com área transversal quadrangular de secção de aproximadamente 1 mm².

Cada palito foi cuidadosamente inspecionado em lupa estereoscópica (Carl Zeiss, 475200/9901, Alemanha) e todos aqueles que apresentavam irregularidades ou bolhas de ar foram excluídos da amostra. Os espécimes selecionados tiveram sua área de secção transversal individualmente mensurada com paquímetro digital (Mod. 500-144B, Mytutoyo Sul Americana Ltda., SP, BR), com resolução de 0,01 mm, para posterior cálculo dos valores de resistência máxima à tração.

Os espécimes foram individualmente fixados com adesivo de cianocrilato (Super Bonder Gel e Ativador 7456, Henkel Loctite Ltda, SP, BR), em um dispositivo

metálico adaptado na máquina de ensaios mecânicos (Material Testing System, MTS 810, Mineapolis, EUA) para o teste de microtração, previamente ajustada com célula de carga de capacidade máxima de 1 kN e velocidade de 0,5 mm/min.

Os movimentos de tração foram iniciados por meio de um programa computadorizado (Test Works IV, Star II, MTS System Corporation, Mineapolis, USA), e cessados no momento do rompimento do espécime, quando os valores de carga máxima foram registrados.

Para avaliar o efeito da excitação ultra-sônica sobre a resistência máxima à tração dos CIV, após os dois períodos de armazenamento, foi utilizada a análise de variância (Anova). Devido à variabilidade depender do tipo de material, utilizou-se a correção de Welch e as comparações múltiplas de médias foram realizadas pelo teste de Tamhane. Todos os testes estatísticos foram considerados ao nível de significância de 5%.

Resultados

A média das áreas de secção dos espécimes preparados para o ensaio de microtração foi de $0,91 \text{ mm} \pm 0,1$. Os valores de resistência de união foram calculados pela razão entre a carga máxima dividida pela área de secção do espécime.

Aplicou-se a análise de variância para a avaliação dos fatores material, tratamento e tempo de armazenamento, com a correção de Welch para a heterogeneidade de variâncias. Houve efeito significativo e interação dos fatores em estudo sobre a resistência ($p < 0,001$), portanto, considerando a não homogeneidade de variâncias e o número de amostras diferentes entre os grupos experimentais, o teste de Tamhane foi aplicado para comparações múltiplas de médias duas a duas.

Conforme os resultados apresentados na Tabela 1, o cimento Fuji IX (controle) apresentou aumento significativo na resistência à tração após 30 dias de armazenamento. Com a aplicação do US, o grupo Fuji IX armazenado por 24 horas também apresentou aumento na máxima resistência á tração. Em todos os outros grupos não houve alteração significativa após a aplicação de US ou após 30 dias de armazenamento.

Discussão

O teste original de microtração foi proposto por Sano et al, [17] em 1994, para medir não somente a resistência de união de materiais adesivos às estruturas dentárias, mas também a resistência máxima à tração de ambos, substratos dentários e materiais restauradores [18-20]. Neste estudo, foi utilizado o teste de microtração para avaliação da resistência máxima à tração de CIV, após tratamento com ondas ultra-sônicas e diferentes períodos de armazenamento.

Os materiais restauradores utilizados foram os CIV de alta viscosidade, Fuji IX GP e Ketac Molar, que apresentam partículas de tamanho reduzido e alta concentração pó/líquido, e o Vitremer com aproximadamente 5% de monômeros resinosos em sua composição [1] e distribuição equivalente entre partículas menores e maiores [20]. A incorporação de monômeros resinosos fotoativados, o aumento da proporção pó/líquido e o uso de partículas reduzidas nestes materiais são estratégias para se alcançar melhorias nas propriedades mecânicas e uma reação de presa mais rápida [11,21].

Maior velocidade na reação de presa também pode ser conseguida com aplicação de uma fonte de energia externa como o US [5,6]. A excitação ultra-sônica

favorece a aceleração da reação de presa inicial desses materiais, devido ao aumento de temperatura [6,15] e a alta concentração de energia que estimulam a reação entre as partículas de vidro e o poliácido. Ocorre difusão mais rápida dos íons através do líquido, acelerando a formação das cadeias cruzadas de ácido polialcenóico [12,14]. Melhores propriedades mecânicas também foram alcançadas pelo CIV após aplicação de US, pela diminuição do número e volume de bolhas intrínsecas no material e melhor compactação da restauração [4-6,12,13,15]. Towler et al. [5] relataram o aumento das propriedades mecânicas e redução do tempo de presa inicial com a aplicação de ondas de ultra-som sobre o CIV. Os autores verificaram aumento da dureza superficial, com a aplicação do US por 10 segundos e com 75% da potência do aparelho.

Preocupados com possíveis injúrias a polpa dental em função do aumento de temperatura provocada pela aplicação de US, Abrams et al. [22] relataram que o aumento de temperatura depende de vários fatores incluindo a ponta selecionada, tempo de contato e pressão, presença e temperatura da água, apropriada função e ajuste do equipamento. Deve-se considerar também a condutividade térmica e espessura da estrutura dentária até a polpa, e presença de restaurações metálicas, o que pode aumentar a condutividade térmica. No entanto, o efeito desse aumento de temperatura sobre os tecidos pulparez depende de quantos graus a temperatura aumenta, do tempo que é mantida e da sensibilidade do tecido [23].

Kleverlaan et al.[6] relataram o aumento de 1°C na temperatura no interior do cimento, durante a presa convencional e de 13°C durante a presa com a aplicação do US, por 45 segundos. Apesar do relato de considerável aumento de temperatura do cimento durante a aplicação de ondas ultra-sônicas, Algera et al.[15] verificaram o aumento de 1°C dentro da câmara pulpar de incisivos humanos, após 60 segundos de aplicação do US.

Sabe-se que o dente é um pobre condutor térmico, além disso, tem-se de considerar o resfriamento pela circulação sanguínea através da câmara pulpar, a difusão de calor e de ondas ultra-sônicas do dente para o osso de sustentação [24].

Neste estudo, o tempo de aplicação do US foi de 15 segundos após a inserção de cada incremento, totalizando 30 segundos. A ponta utilizada foi a mesma relatada por estudos prévios [4,5,12-14] com formato achatado, indicada para remoção de cálculo em periodontia. O ultra-som foi aplicado sem irrigação, para evitar que a água interferisse nas propriedades do CIV nos estágios iniciais de presa [7]. Pôde-se observar que a aplicação de ondas de ultra-som não alterou a resistência à tração dos CIV, exceto para o Fuji IX GP, após 24h de sua manipulação. Barata et al. [16] também relataram que somente o Fuji IX apresentou influência da aplicação de excitação ultra-sônica por 15 segundos, o qual apresentou aumento de sua resistência à tração diametral, após 24 horas.

O grupo Fuji IX GP controle apresentou a menor resistência à tração após 24 horas (média= $2,82 \pm 0,77$ MPa), a qual aumentou (média= $15,44 \pm 4,85$ MPa) após aplicação de ondas de ultra-som. Valores próximos (média= $16,59 \pm 5,35$ MPa) puderam ser observados para o mesmo material após 30 dias de armazenamento sem a aplicação de US.

O CIV Vitremer apresentou as maiores médias de resistência à tração, seguida pelo Fuji IX GP e Ketac Molar. Os CIV modificados por resina possuem melhores propriedades mecânicas que os CIV convencionais devido à incorporação de monômeros resinosos em sua composição [2,25,26]. Entretanto, possuem uma distribuição não uniforme das partículas de vidro na matriz resinosa [11] e deve-se considerar também que apesar de a fotoativação determinar o momento da presa do material, a reação química ácido-base continua por um longo período de tempo.

O processo de reação de presa dos CIV, em geral, é um processo contínuo, que tem como consequência a melhoria de algumas propriedades mecânicas com o passar do tempo [4,6,13,27]. Recomenda-se um período de 24 horas para que os CIV convencionais tenham melhores propriedades mecânicas, pois são relativamente fracos nos períodos iniciais de presa e muito sensíveis a desidratação e contaminação por umidade [28].

Twomey et al. [4] observaram que os CIV completaram a fase de geleificação após 45 segundos de aplicação do ultra-som e apresentaram aumento na resistência à compressão após 24h e 7 dias de sua manipulação, quando comparados com aqueles não tratados com US. O aumento na resistência à compressão dos CIV que receberam aplicações de ondas de ultra-som após o período de 24 horas e 7 dias de armazenamento também foi relatado por outros estudos [6,12,16], porém após diferentes tempos de aplicação deste sistema.

De acordo com Arcoria et al. [29] o aumento na resistência à flexão após excitação ultra-sônica somente foi observado no CIV encapsulado, apresentando melhores resultados com a aplicação por 10 segundos e após 2 semanas de armazenamento.

Algera et al.[15] também verificaram aumento na resistência de união ao esmalte e aumento na velocidade de reação de presa dos CIV tratados com US (com 60 segundos de aplicação) e com 100% de potência do aparelho. Aumento na resistência à tração diametral à dentina dos CIV que receberam aplicação do ultra-som por 15 segundos a cada incremento, com 75% de potência do aparelho, após 24 horas também foi observado por Fagundes et al.[14].

A aceleração na reação de presa com o uso do US pode fazer com que o CIV alcance sua máxima resistência à tração em um período mais curto de tempo [15].

Twomey et al. [4] relataram que após 24 horas da manipulação, a resistência à compressão dos CIV tratados com US foi semelhante a resistência alcançada pelos CIV que não receberam tratamento, após 7 dias de maturação.

Nesse estudo, três corpos de prova de cada grupo experimental foram preparados e tracionados após 24hs de sua manipulação e o restante, após o período de 30 dias de armazenamento, quando alcançaram estágio mais avançado de maturação [27]. Entretanto os CIV não apresentaram diferenças significativas na resistência à tração entre os diferentes períodos de armazenamento, independente do uso de excitação US. Somente o grupo controle Fuji IX GP apresentou aumento em sua média de resistência com o tempo. Kleverlaan et al.[6]também não tiveram alteração na resistência a compressão entre os períodos de 24 horas e 28 dias, para os CIV não tratados com US.

O uso da excitação ultra-sônica sobre os CIV tem-se mostrado promissor para a melhora das propriedades mecânicas nos estágios iniciais de presa do cimento, além de possuir a vantagem do aparelho de US ser comumente encontrado na clínica odontológica e não alterar a composição do material.

Porém, a aplicação de ondas ultra-sônicas não resultou em aumento significativo na resistência máxima à tração, independente do período de armazenamento, exceto para o material Fuji IX GP após 24 horas de sua manipulação. Quanto à natureza dos materiais, pode-se observar que o Vitremer apresentou os maiores valores de resistência máxima à tração, independente da aplicação de US e do período de armazenamento.

Conclusão

O ultra-som pode ser utilizado em CIV para se obter maior resistência máxima à tração após 24 horas de armazenamento, quando se utiliza o cimento Fuji IX como material restaurador.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelo suporte financeiro dado a este estudo.

Referências

1. G. J. MOUNT, *Oper. Dent.* **24** (1999) 115-24.
2. G. J. MOUNT, *Oper. Dent.* **19** (1994) 82-90.
3. J. W. MCLEAN, *Br. Dent. J.* **164** (1988) 293-300.
4. E. TWOMEY, M. R. TOWLER, C. M. CROWLEY, J. DOYLE and S. HANSPHIRE, *J. Mater. Sci.: Mat. Med.* (2004) 4631-2.
5. M. R. TOWLER, A. J. BUSHBLY, R. W. BILLINGTON, and R. G. HILL, *Biomaterials* **22** (2001) 1401-6.
6. C. J. KLEVERLAAN, R. N. VAM DUINEN and A. J. FEILZER, *Dent. Mater.* **20** (2004) 45-50.
7. M. A. CATTANI-LORENTE, V. DUPUIS, J. PAYAN, F. MOYA and J. M. MEYER, *Dent. Mater.* **15** (1999) 71-8.
8. J. W. MCLEAN, *Oper. Dent.* **5** (1992) 184-90.

9. C. A. DE SOUZA COSTA, J. HEBLING, F. GARCIA-GODOY and C. T. HANKS, *Biomaterials* **24** (2003) 3853-8.
10. S. POOLTHONG, T. MORI and M. V. SWAIN, *Dent. Mater.* **13** (1994) 220-7.
11. D. XIE, W. A. BRANTLEY, B. M. CULBERTSON, and G. WANG, *Dent. Mater.* **16** (2000) 129-38.
12. D. A. TANNER, N. RUSHE and M. R. TOWLER, *J. Mater. Sci.: Mater. Med.* **17** (2006) 313-8.
13. M. R. TOWLER, C. M. CROWLEY and R. G. HILL, *J. Mater. Sci.: Mater. Med.* (2003) 1401-6.
14. T. C. FAGUNDES, T. J. BARATA, E. BRESCIANI, D. F. CEFALY and C. A. CARVALHO, *J. Adhes. Dent.* **8** (2006) 401-7.
15. T. J. ALGERA, C. J. KLEVERLAAN, A. J. DE GEE, B. PRAHL-ANDERSEN and A. J. FEILZER, *Eur. J. Orthod.* **27** (2005) 472-6.
16. T. J. BARATA, E. BRESCIANI, A. ADACHI, T. C. FAGUNDES, J. C. PEREIRA, M. F. L. NAVARRO, *J. Dent. Res. (IADR Abstracts)* (2005) Abs. 85.
17. H. SANO, B. CIUCCHI, W. G. MATTHEWS and D. H. PASHLEY, *J. Dent. Res.* **73** (1994) 1205-11.
18. D. H. PASHLEY, R. M. CARVALHO, H. SANO, M. NAKAJIMA, M. YOSHIYAMA, Y. SHONO et al., *J. Adhes. Dent.* **1** (1999) 299-309.
19. M. GIANNINI, C. J. SOARES and R. M. CARVALHO, *Dent. Mater.* **20** (2004) 322-9.
20. S. GLADYS, B. VAN MEERBEEK, M. BRAEM, P. LAMBRECHTS and G. VANHERLE, *J. Dent. Res.* **76** (1997) 883-94.
21. A. U. YAP, Y. S. PEK and P. CHEANG, *J. Oral Rehabil.* **30** (2003) 1-8.

22. H. ABRAMS, W. W. BARKMEIER and R. L. COOLEY, *Gen. Dent.* **27** (1979) 62-4.
23. W. R. LAIRD and A. D. WALMSLEY, *J. Dent.* **19** (1991) 14-7.
24. A. D. WALMSLEY, A. R. WILLIAMS and E. R. LAIRD, *J. Dent.* **14** (1996) 2-6.
25. S. B. MITRA and B. L. KEDROWSKI, *Dent. Mater.* **10** (1994) 78-82.
26. L. C. PEREIRA, M. C. NUNES, R. G. DIBB, J. M. POWERS, J. J. ROULET and M. F. L. NAVARRO, *J. Adhes. Dent.* **4** (2002) 73-80.
27. A. U. YAP, A. C. TAN, A. T. GOH, D. C. GOH and K. C. CHIN, *Oper. Dent.* **28** (2003) 728-33.
28. S. GLADYS, M. BRAEM, B. VAN MEERBEEK, P. LAMBRECHTS and G. VANHERLE, *Biomaterials* **19** (1998) 541-4.
29. C. J. ARCORIA, J. R. BUTLER, M. J. WAGNER and B. A. VITASEK, *J. Oral Rehabil.* **19** (1992) 607-13.

Quadro 1 – Materiais, proporcionamento e lote

Material	Nome comercial	Fabricante	Proporção pó/líquido	Lote
CIV alta viscosidade	Ketac Molar	3M ESPE Germany	2,9/1,0	233717
	Fuji IX GP	GC Corporation Japan	3,6/1,0	0508091
CIV modificado por resina	Vitremer	3M ESPE Germany	2,5/1,0	0715100073

Tabela 1 - Médias e desvios padrão (Dp) de resistência máxima à tração, em MPa, de acordo com o material, tratamento com excitação ultra-sônica e tempo de armazenagem

CIV	Tratamento Estatístico	Tempo	
		24h	30d
Fuji IX GP	Controle	n	33
		Média	2,82
		Dp	0,77
	US	n	38
		Média	15,44
		Dp	4,85
Ketac Molar	Controle	n	26
		Média	12,59
		Dp	3,40
	US	n	38
		Média	15,34
		Dp	4,22
Vitremer	Controle	n	26
		Média	22,65
		Dp	6,06
	US	n	26
		Média	19,82
		Dp	6,64

Nota: letras iguais em uma coluna indicam que não há diferença estatisticamente significante para o período correspondente. As diferenças entre os períodos foram indicadas por asteriscos.

*Efeito da excitação ultra-sônica na resistência de união de
cimentos de ionômero de vidro à dentina, após diferentes
períodos de armazenamento*

Elcilaine Rizzato Azevedo¹

Cármen Regina Coldebella¹

Ângela Cristina Cilense Zuanon²

Departamento de Clínica Infantil, Faculdade de Odontologia
de Araraquara – UNESP, Araraquara, São Paulo, Brasil

R. Humaitá, 1680
Centro, Araraquara – SP
Brasil
14801-360

Email: aczuanon@foar.unesp.br

Tel.: (016) 33016335

¹. Alunas da Pós-Graduação em Ciências Odontológicas, área de concentração Odontopediatria, da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP

². Professora Adjunto do Departamento de Clínica Infantil, da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP

Resumo

Este estudo investigou a resistência de união à dentina de cimentos de ionômero de vidro (CIV) após excitação ultra-sônica e diferentes períodos de armazenamento. Trinta e seis terceiros molares foram divididos em 6 grupos experimentais, de acordo com o material utilizado e o tratamento com ultra-som (US), por 30 segundos. Os dentes tiveram sua superfície oclusal seccionada para exposição de superfície plana em dentina e foram restaurados com os CIV Fuji IX GP, Ketac Molar e Vitremer. Após os períodos de 24 horas ou 30 dias de armazenamento em água destilada à 37°C, os dentes foram seccionados em espécimes com área adesiva média = $0,93\text{mm}^2 \pm 0,09$ e submetidos ao teste de microtração. Os dados foram avaliados pela análise de variância com a correção de Welch ($p < 0,001$) e teste de Tamhane ($\alpha = 0,05$). O cimento Ketac Molar (24 horas) apresentou aumento significativo na resistência à tração após a aplicação do US, assim como após 30 dias de armazenamento. Em todos os outros grupos não houve alterações significativas após a aplicação de US e diferentes períodos de armazenamento. O ultra-som pode ser utilizado em CIV para se obter maior resistência de união à dentina após 24 horas de armazenamento, quando se utiliza o cimento Fuji IX como material restaurador.

Palavras-chaves: cimento de ionômero de vidro; ultra-som; resistência à tração; dentina

Introdução

Os testes mecânicos laboratoriais empregados para avaliação da união entre materiais adesivos à estrutura dentária, frequentemente fundamentam-se na aplicação de forças de deslocamento dos materiais, na tentativa de simular os esforços sofridos pela restauração durante sua função no meio bucal [1]. Estes testes baseiam-se em uma tensão aplicada ao espécime, quando mede-se a carga por unidade de área no momento da ruptura da união que o mantém com a superfície dental.

O teste de microtração utiliza áreas de superfície de adesão pequenas, para melhor distribuição de estresse durante a aplicação da carga e redução de falhas ou bolhas intrínsecas na interface restauração/dente. É indicado para materiais que possuem resistência de união relativamente baixa, como os cimentos de ionômero de vidro (CIV) [2,3].

O mecanismo de adesão dos CIV convencionais à estrutura dentária inicia-se com ligações de hidrogênio fracas, gradualmente substituídas por interações mais fortes tipo iônica/polar entre os grupos carboxílicos e a estrutura dental. Cadeias de ácido polialcenóico difundem-se ao esmalte e dentina para ligar-se a íons fosfato e cálcio dos cristais de hidroxiapatita [4,5].

Os CIV modificados por resina aderem-se à estrutura dentária pelo mesmo mecanismo que os convencionais, porém sua composição possibilita também a retenção micro-mecânica, similar aquela encontrada no sistema de resina, caracterizado pela formação de tags no interior dos túbulos dentinários, assim como a formação de camada híbrida com a dentina intertubular e dentina peritubular [6]. Tem demonstrado

maior resistência de união à dentina quando comparado com os CIV convencionais em função de melhoras nas suas propriedades e do adicional mecanismo de união [7].

Os CIV possuem capacidade de aderir à estrutura dentária, mas ainda apresentam baixa resistência de união à dentina, quando comparados com as resinas compostas [8,9]. Possuem também a vantagem de liberar fluoretos, e essa propriedade anticariogênica, combinada a adesão à estrutura dental, fazem-no o material de escolha para tratamento de cárie precoce ou em pacientes com alto risco de desenvolvimento de cárie. Entretanto, são materiais frágeis, porosos [10] e sensíveis à contaminação por umidade ou desidratação durante os estágios iniciais de presa [11].

Melhorias em sua formulação têm resultado em maior resistência mecânica, aumento de translucidez, e tempo de presa mais rápida [10]. De acordo com Yap et al.[12], o aumento na velocidade de reação de presa desses materiais resulta em melhora das propriedades mecânicas iniciais, uma vez que atingem suficiente resistência às forças mastigatórias num período de tempo mais curto.

A literatura tem mostrado a busca de melhores propriedades mecânicas do CIV nesse período crítico, com a aplicação de ondas de ultra-som [13-18] a qual promove aceleração de sua reação de presa [19]. O sistema promove quebra dos aglomerados de partículas de vidro, oferecendo maior área de reação [15], além de diminuir o número de bolhas de ar incorporadas na restauração [18-20] e aumentar a resistência à tração diametral [15]. Algera et al., [13] demonstraram efeito benéfico na união de CIV ao esmalte nos estágios iniciais de presa, com a aplicação de ondas ultra-sônicas.

Este experimento tem o propósito de avaliar a resistência de união do CIV à dentina, após excitação ultra-sônica por meio do teste de microtração, após diferentes períodos de armazenamento.

Materiais e métodos

Trinta e seis terceiros molares permanentes hígidos não inclusos foram armazenados em solução de timol a 0,1%, em temperatura ambiente até o momento de sua utilização. Estes dentes foram obtidos a partir de doação do Banco de Dentes Humanos da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP, após aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa, desta mesma instituição (protocolo nº 41/07, em anexo).

Após avaliação em lupa estereoscópica (Carl Zeiss, 475200/9901, Alemanha) dos dentes quanto a ausência de hipoplasias, trincas, ou qualquer alteração, estes foram distribuídos aleatoriamente em 06 grupos experimentais (6 dentes por grupo), definidos segundo o tipo de CIV, tratamento com ultra-som e período de armazenamento (Tabela 1).

Após profilaxia, os dentes tiveram suas superfícies oclusais seccionadas horizontalmente 2mm abaixo da fossa oclusal central, com auxílio da máquina para cortes (Isomet 1000, Buehler Ltd, Lake Bluf, IL, EUA), sob refrigeração constante, peso de 200 gf e velocidade de 250 rpm e equipada com disco diamantado de 0,5 mm de espessura (Diamond Wafering Blade, Buehler Ltd. Lake Bluf, EUA), resultando em uma superfície plana, totalmente em dentina. Esta superfície foi desgastada manualmente com lixa de carbetto de silício (granulação 320), sob lubrificação com água por 60 segundos, para obtenção de uma smear layer semelhante àquela obtida clinicamente [21]. Logo após a superfície foi lavada por 20 segundos e seca com papel absorvente.

Os dentes dos grupos formados pelos CIV de alta viscosidade tiveram a superfície em dentina tratada com ácido poliacrílico à 11,5% (SS White, BR), por 20 segundos,

lavada com água por 30 segundos e delicadamente seca com papel absorvente, para não desidratá-la. No grupo formado com o CIV modificado por resina, a superfície em dentina foi tratada com o primer do próprio material (Primer Vitremer - 3M ESPE) aplicado por 30 segundos, delicadamente seco com uma seringa de ar por 15 segundos e então, fotoativado por 20 segundos.

Na seqüência, uma matriz de poliéster foi adaptada ao redor da coroa dentária, com auxílio de um porta matriz tipo Toflemire, para permitir a construção da restauração em CIV. Os materiais foram manipulados de acordo com as instruções dos fabricantes e inseridos em 2 incrementos, com auxílio de uma seringa Centrix (Centrix, Shelton, EUA). Após a inserção do segundo incremento e antes da aplicação de US, o material foi coberto com tira matriz de poliéster e aplicou-se pressão digital por 2 segundos, para melhor acomodação do material.

Nos grupos tratados com ultra-som, sua aplicação foi realizada por 15 segundos, com auxílio do aparelho PROFI III BIOS (Dabi Atlante, BR), com 80% de sua potência total, frequência de 28KHz, após a inserção de cada incremento de material. Este procedimento foi realizado deslizando a ponta do aparelho sobre a tira matriz adaptada ao redor o dente, assim como na face oclusal da restauração, também protegido com tira matriz de poliéster. Decorridos 20 minutos do início da manipulação, a tira matriz foi removida e o corpo de prova protegido com esmalte incolor (Base incolor, Colorama), para armazenamento em água destilada.

Os dentes restaurados com CIV modificado por resina foram fotoativados por 40 segundos após inserção de cada incremento, com auxílio do aparelho fotopolimerizador Dabi Atlante (Dabi Atlante, BR). No grupo tratado com ultra-som, os dentes receberam aplicação de ondas ultra-sônicas por 15 segundos sobre a tira matriz, após inserção de cada incremento e previamente à fotoativação dos mesmos.

Após a fotoativação, a tira matriz foi removida e o corpo de prova protegido com esmalte incolor.

Três dentes de cada grupo foram preparados e tracionados após 24hs e o restante após o período de 30 dias de armazenamento, quando alcançaram um estágio mais avançado de maturação [12].

Para o ensaio de microtração, os dentes foram seccionados a 3 mm abaixo da junção esmalte/cementária, paralelo à superfície oclusal, para a remoção das raízes, a partir do protocolo já descrito.

Em seguida, os dentes foram cortados no seu longo em fatias de 1 mm de espessura, perpendicularmente à interface de união dente/CIV. Após rotação do dente em 90°, nova série de cortes foi realizada, também com 1 mm de espessura. Ao final, foram obtidos espécimes em forma de palitos, com área transversal quadrangular de aproximadamente 1 mm².

Cada palito foi cuidadosamente inspecionado em lupa estereoscópica, sendo excluídos da amostra todos aqueles que apresentaram interfaces defeituosas, irregularidades ou bolhas nas proximidades da união CIV/dentina e/ou que possuíam presença de esmalte. Os espécimes selecionados tiveram sua área de união individualmente mensurada com paquímetro digital (Mod. 500-144B, Mytutoyo Sul Americana Ltda., SP, BR), com resolução de 0,01 mm.

Os espécimes foram individualmente fixados com adesivo de cianocrilato (Super Bonder Gel e Ativador 7456, Henkel Loctite Ltda., BR), a um dispositivo metálico adaptado na máquina de ensaios mecânicos (Material Testing System, MTS 810, Mineapolis, EUA) para o teste de microtração, previamente ajustada com célula de carga de capacidade máxima de 1 kN e atuando com velocidade de 0,5 mm/min.

Os movimentos de tração foram iniciados por meio de um programa computadorizado específico (Test Works IV, Star II, MTS System Corporation, Mineapolis, EUA), os quais cessaram no momento de rompimento do espécime, quando os valores de carga máxima foram registrados. O tipo de fratura foi examinado em lupa estereoscópica, com ampliação de 40 vezes e classificada em adesiva (fratura entre o CIV e a dentina), mista (combinação da fratura adesiva e coesiva), coesiva em CIV ou dentina (fraturas que ocorreram dentro do substrato CIV ou dentina).

Para avaliar o efeito da excitação ultra-sônica sobre a resistência de união de CIV após os dois períodos de armazenamento, foi utilizada a análise de variância (Anova). Devido à variabilidade depender material, utilizou-se a correção de Welch e as comparações múltiplas de médias foram realizadas pelo teste de Tamhane. Todos os testes estatísticos foram considerados ao nível de significância de 5%.

Resultados

A análise de variância foi aplicada para a avaliação dos fatores material, tratamento e tempo de armazenamento, com a correção de Welch para a heterogeneidade de variâncias e encontrou-se efeito significativo dos fatores em estudo sobre a resistência de união ($p < 0,001$). Levando-se em conta a não homogeneidade de variâncias e o número de amostras diferente entre os grupos experimentais, foi aplicado o teste de Tamhane para comparações múltiplas de médias duas a duas.

Na tabela 2 são apresentadas as médias e desvios padrão (Dp) de resistência de união, em MPa, dos espécimes de CIV de alta viscosidade (Fuji IX GP e Ketac Molar) e modificado por resina (Vitremer) submetidos ou não ao tratamento de excitação ultra-sônica, armazenados por dois períodos de tempo (24 horas e 30 dias).

O cimento Ketac Molar (controle) apresentou aumento significativo na resistência de união após 24 horas com a aplicação do US e também após 30 dias de armazenamento. Em todos os outros grupos não houve alteração significativa com a aplicação de US ou diferentes períodos de armazenamento.

As maiores médias de resistência de união à dentina foram apresentadas pelo Vitremer sem diferença estatística quanto ao tratamento e o período de armazenamento.

Na figura 1 estão representadas graficamente as médias amostrais e intervalos de confiança de 95% para as médias.

Pode-se observar maior porcentagem de fraturas adesivas para o Vitremer e Fuji IX GP, independente do tratamento e do período de armazenamento. O Ketac Molar apresentou predomínio de fraturas mistas. As fraturas do tipo coesivas em cimento ocorreram em menor frequência para todos os grupos e nenhuma fratura coesiva em dentina foi observada. Na figura 2 estão representadas graficamente as porcentagens observadas de cada tipo de fratura avaliada.

Discussão

O teste de microtração possui como uma de suas principais vantagens a possibilidade de real análise da resistência de união entre o material e a estrutura dentária [23]. Ao se aplicar uma carga sobre um corpo de prova, esta se distribui pelo substrato gerando propagação de tensões não uniformes que dependem de fatores como tipo de substrato, tipo de teste, tamanho dos corpos de prova, volume de material, extensão da área adesiva, local, velocidade e direção de aplicação da carga, entre outros [1]. Assim, grande variabilidade de resultados pode-se encontrar na literatura [24],

dificultando a comparação dos resultados das pesquisas. Em estudo de resistência de união à dentina, Tanumiharja et al.[5] relataram média de 8,5 ($\pm 2,9$) MPa para o CIV Fuji IX GP, quando condicionado com ácido poliacrílico à 10%, após 24 horas de armazenamento, a partir de espécimes em formato de ampulheta com aproximadamente 1,2mm² de área adesiva circular. Neste estudo foram encontradas média de 4,1 MPa, $\pm 1,95$ para o mesmo material, tratamento da superfície de dentina e período de armazenamento, entretanto com espécimes em forma de palitos com área adesiva quadrangular média de 0,93mm² ($\pm 0,09$). Médias superiores (12,4 MPa $\pm 8,6$) também foram relatadas por Yip et al. [25], os quais variaram área de secção transversal dos palitos avaliados, em média com 0,81 mm² ($\pm 0,04$). Estas variações de resultados podem ser atribuídas ao formato de ampulheta e área adesiva cilíndrica dos espécimes utilizadas nos estudos de Tanumiharja et al.[5] que resulta em melhor distribuição de estresse durante a aplicação de carga [2] e a menor área adesiva utilizada no experimento de Yip et al. [25], as quais resultam em maiores valores resistências de união [23,26].

Entre os fatores relacionados ao substrato, à concentração de cálcio, espessura, idade e permeabilidade da dentina remanescente encontram-se entre aqueles que produzem consideráveis diferenças na resistência de união [24].

A dentina é um substrato heterogêneo e para assegurar a união dos cimentos poliacrílicos ao substrato dentário é necessário que a superfície esteja limpa e livre de filmes orgânicos, como a saliva [27], pois maior contato do material com irregularidades ou poros do substrato naturalmente aumenta sua adesão mecânica [9].

O ácido poliacrílico remove a smear layer e contaminantes ao mesmo tempo em que altera a energia de superfície, expondo assim uma superfície dentária altamente mineralizada para a difusão de ácido e troca iônica. Sua aplicação diminui a

energia de superfície do substrato, de modo que o cimento se adapte e escoe mais facilmente sobre a superfície dental [28]. Ácidos mais fortes não devem ser utilizados para o condicionamento, pois podem imprópriamente desmineralizar o dente e reduzir a eficiência da adesão por trocas iônicas [4].

Neste estudo, o substrato dentinário dos dentes que receberam CIV de alta viscosidade (Fui IX GP e Ketac Molar) foi preparado com a aplicação de ácido poliacrílico 11,5% (SSWhite, BR), por 20 segundos, seguido de lavagem com água em abundância e secagem delicada com papel absorvente. Nos grupos formados pelo CIV modificado por resina (Vitremer), o substrato dentinário foi preparado com aplicação do Vitremer Primer (3M ESPE) por 30 segundos, delicadamente seco com uma seringa de ar por 15 segundos e então, fotoativado por 20 segundos.

Melhora na adesão após o tratamento com ácido poliacrílico sobre a dentina foi reportado por Powis et al,[29], enquanto Hinoura et al.,[11] relataram que a resistência de união dos CIV modificados por resina diminuiu após o condicionamento da dentina com este mesmo ácido, o qual removeu a smear layer, mas manteve smear plugs dos túbulos dentinários. Carvalho et al.[7] observaram que condicionador de dentina com HEMA promoveu aumento na resistência de união de CIV modificados por resina, pois a presença de monômeros resinosos é de crucial importância para a formação da uma camada híbrida.

Esses tipos condicionadores ou primers ácidos desmineralizam a dentina mais superficial, abaixo da smear layer, possibilitando a infiltração de monômeros resinosos dos CIV modificados por resina na rede de colágeno exposta. Desta maneira, permite a formação de tags de resina e de uma camada híbrida, resultando em retenção micro-mecânica na interface deste material e a dentina [7].

Friedl et al.[30] e Fritz et al.[31] mostraram que a resistência de união dos CIV modificados por resina foi muito maior que a dos convencionais e que a melhora das propriedades mecânicas podem também ter contribuído para o aumento na resistência de união.

A incorreta manipulação e inserção dos CIV nas cavidades resultam em bolhas no interior do material e na interface com a dentina [23]. Além de bolhas de ar, esta interface de união pode apresentar uma superfície irregular, espessura de smear layer não uniforme e separação de fases do cimento, que podem conduzir a uma distribuição de estresse não uniforme [9].

Fagundes et al.[14] sugeriram a aplicação de ondas de ultra-som sobre o CIV para uma melhor compactação do material na interface cimento/dentina, permitindo íntimo contato do material com o substrato dentinário e possibilitando aumento na resistência adesiva.

Maior resistência à compressão, em período de tempo mais curto, é também relatada com o uso de excitação ultra-sônica dos CIV [16]. A aplicação do US nos CIV promove vibração e quebra de aglomerados de partículas permitindo maior contato entre as mesmas e o políacido [15], além da compactação do material e diminuição do número e volume de bolhas [15,20]. Proporciona também aceleração da reação de presa [19], e consequentemente melhora em suas propriedades mecânicas.

Assim, a diminuição de porosidade interna dos CIV, combinado com uma melhor mistura de seus componentes e melhor compactação pode melhorar suas propriedades mecânicas [14,19].

Embora a ocorrência de porosidade seja inerente ao CIV Tanumiaharja et al.[5] e Arcoria et al.[19] relataram que a excitação ultra-sônica imediatamente após sua inserção na cavidade, pode aumentar significativamente sua resistência à flexão

devido a eliminação de bolhas internas. A presença de poros age como pontos de concentração de estresse, onde pode iniciar uma fratura. Com a aplicação de ondas de ultra-som, as bolhas internas do material, também chamadas de núcleos cavitacionais, se rompem formando micro-bolhas que se transformam em novos núcleos cavitacionais menores [32]. Algumas micro-bolhas podem emergir para a superfície e desaparecer e outras permanecerem no interior do cimento, porém com dimensões menores, que não afetam a resistência do material.

Acredita-se que a excitação ultra-sônica também acelere a reação de presa desses materiais, devido ao aumento de temperatura e a alta concentração de energia cinética proveniente das ondas de ultra-sônicas. Quando ondas de ultra-som se propagam, parte de sua energia é dissipada em forma de calor, provocando elevação de temperatura no local [32], o que estimula a reação das partículas de vidro com o poliácido, permitindo difusão mais rápida dos íons através do líquido e aceleração da formação das cadeias cruzadas de ácido polialcenóico [14,16].

Fagundes et al.[14] relataram que a aplicação de US nos CIV, por 15 segundos após cada incremento e utilizando potência de 75%, aumentou a resistência à tração diametral após 24 horas de armazenamento. Entretanto, Barata et al. [33] verificaram que esse tratamento não alterou significativamente a resistência dos CIV, para o mesmo período de tempo, exceto para o Fuji IX.

Neste estudo o US foi aplicado por 15 segundos e o aparelho foi ajustado com 80% de sua potência e a ponta utilizada foi a mesma relatadas por estudos prévios [15-19] com formato achatado, indicada para remoção de cálculo em periodontia. O ultra-som foi aplicado sem irrigação, para evitar que a água interferisse nas propriedades do CIV antes de sua presa inicial [34].

O Ketac Molar armazenado por 24 horas foi o único cimento que apresentou aumento significativo em sua resistência de união após a aplicação de ondas de ultra-som. Segundo Xie et al. [35], as características da composição deste cimento, com menores partículas e porosidades, resultam em aumento da resistência à tração diametral. Estas características podem ter sido potencializadas pela ação US, com a quebra de aglomerados de partículas, aumentando a área superficial de reação e diminuição de bolhas internas.

Os tempos de trabalho e de presa diminuíram com o aumento de temperatura e com aplicação de ondas US no CIV [13]. Como consequência dessa aceleração da reação de presa inicial, os CIV que sofreram vibração tornam-se resistentes mais precocemente. De acordo com Kleverlaan et al.[20], após maior período de armazenamento, os resultados em relação aos grupos que não receberam US se tornariam semelhantes devido à reação de presa se encontrar em um estágio mais avançado. Os autores não encontraram diferenças estatísticas, em relação à resistência à compressão, após aplicação de US e após 28 dias de armazenamento.

No presente estudo, os CIV tiveram suas resistências de união a dentina avaliadas após diferentes períodos armazenamento, pois sabe-se que o processo de reação de presa dos CIV é um processo contínuo, que tem como consequência a melhoria de algumas propriedades mecânicas com o passar do tempo [12,15,16,20], como aumento da resistência ao cisalhamento [31], dureza superficial, resistência à tração diametral e à compressão [12]. De acordo com Yap et al. [36] este fato reflete a contínua reação de presa, que ocorre após a fase geleificação do material e envolve progressiva formação de sais de alumínio [28]. Assim, pode-se observar aumento significativo na resistência de união no CIV Ketac Molar, após 30 dias de armazenamento.

Entretanto, os CIV Vitremer e Fuji IX GP não apresentaram alteração significativas na resistência de união após diferentes períodos de armazenamento, indicando maior estabilidade do material. Outros estudos também não apresentaram alteração significativa na resistência de união do Fuji IX [12,37] e do Vitremer [38], após diferentes períodos de armazenamento.

Neste estudo, pôde-se observar maior porcentagem de fraturas adesivas para o Vitremer e Fuji IX GP, independente do tratamento e do período de armazenamento. Os grupos formados pelo cimento Ketac Molar apresentaram predomínio de fraturas mistas, corroborando com resultados encontrados por outro estudos [15,27,33,38].

Embora o teste de microtração favoreça uma distribuição mais uniforme de estresse na interface [2], as faturas observadas neste estudo não foram puramente de natureza adesiva, pois em algumas vezes a resistência do material foi inferior a adesão dos mesmos à dentina e as fatura ocorreram dentro do cimento [3,4,6,9,31,32].

Conclusão

O ultra-som pode ser utilizado em CIV para se obter maior resistência de união à dentina, após 24 horas de armazenamento, quando se utiliza o cimento Ketac Molar como material restaurador.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelo suporte financeiro dado a este estudo.

Referências

1. F. C. P. GARCIA, P. H. P. D'ALPINO, R. S. S. TERADA and R. M. CARVALHO, *Rev. Fac. Odontol. Bauru*, **10** (2002) 118-27.
2. D. H. PASHLEY, R. M. CARVALHO, H. SANO, M. NAKAJIMA, M. YOSHIYAMA, Y. SHONO et al., *J. Adhes. Dent.* **1** (1999) 299-309.
3. M. F. BURROW, U. NOPNAKEEPPONG and S. PHRUKKANON, *Dent. Mater.* **18** (2002) 239-45.
4. G. J. MOUNT, *Oper. Dent.* **24** (1999) 115-24.
5. M. TANUMIHARJA, M. F. BURROW and M. J. TYAS, *J. Dent.* **28** (2000) 361-6.
6. A. L. ABDALLA, *J. Oral Rehabil.* **27** (2000) 808-14.
7. R. M. CARVALHO, M. YOSHIYAMA, J. A. HORNEY and D. H. PASHLEY, *Am. J. Dent.* **8** (1995) 253-8.
8. S. GLADYS, B. VAN MEERBEEK, M. BRAEM, P. LAMBRECHTS and G. VANHERLE, *J. Dent. Res.* **76** (1997) 883-94.
9. A. LIN, M. S. MCINTYRE and R. D. DAVIDSON, *J. Dent. Res.* **71** (1992) 1836-41.
10. J. W. MCLEAN, *Br. Dent. J.* **164** (1988) 293-300.
11. K. HINOURA, M. MIYASHAKI and H. ONOSE, *J. Dent. Res.* **70** (1991) 1542-4.
12. A. U. YAP, A. C. TAN, A. T. GOH, D. C. GOH and K. C. CHIN, *Oper. Dent.* **28** (2003) 728-33.
13. T. J. ALGERA, C. J. KLEVERLAAN, A. J. DE GEE, B. PRAHL-ANDERSEN and A. J. FEILZER, *Eur. J. Orthod.* **27** (2005) 472-6.
14. T. C. FAGUNDES, T. J. BARATA, E. BRESCIANI, D. F. CEFALY and C. A. CARVALHO, *J. Adhes. Dent.* **8** (2006) 401-7.

15. M. R. TOWLER, C. M. CROWLEY and R. G. HILL, *J. Mater. Sci.: Mat. Med.* (2003) 1401-6.
16. E. TWOMEY, M. R. TOWLER, C. M. CROWLEY, J. DOYLE and S. HANSPHIRE, *J. Mater. Sci.: Mat. Med.* (2004) 4631-2.
17. D. A. TANNER, N. RUSHE and M. R. TOWLER, *J. Mater. Sci.: Mater. Med.* **17** (2006) 313-8.
18. M. R. TOWLER, A. J. BUSHBLY, R. W. BILLINGTON, and R. G. HILL, *Biomaterials* **22** (2001) 1401-6.
19. C. J. ARCORIA, J. R. BUTLER, M. J. WAGNER and B. A. VITASEK, *J. Oral Rehabil.* **19** (1992) 607-13.
20. C. J. KLEVERLAAN, R. N. VAM DUINEN and A. J. FEILZER, *Dent. Mater.* **20** (2004) 45-50.
21. S. S. OLIVEIRA, N. K. PUGACH, J. F. HILTON, L. G. WATANABE, S. J. MARSHALL and G. W. MARSALL Jr, *Dent. Mater.* **19** (2003) 758-67.
22. M. M. CARNEIRO, M. C. SERRA, L. A. M. S. PAULILLO, M. F. L. NAVARRO and E. M. TAGA, *Rev. Bras. Odontol.* **53** (1996) 52-5.
23. D. H. PASHLEY, H. SANO, B. CIUCCHI, M. YOSHIYAMA, R. M. CARVALHO, *Dent. Mat.* **11** (1995) 117-25.
24. R. M. CARVALHO, H. SANO, B. CIUCCHI, M. YOSHIYAMA and D. H. PASHLEY, *Rev. Facul. Odontol. Bauru*, (1994) 77-82.
25. H. K. YIP, R. F. TAY, H. C. NGO, R. J. SMALE and D. H. PASHLEY, *Dent. Mater.* **17** (2001) 456-70.
26. H. SANO, B. CIUCCHI, W. G. MATTHEWS and D. H. PASHLEY, *J. Dent. Res.* **73** (1994) 1205-11.
27. D. BEECH, *Int. Dent. J.* **28** (1978) 338-47.

28. G. J. MOUNT, *Oper. Dent.* **19** (1994) 82-90.
29. D. R. POWIS, T. FOLLERAS, S. A. MERSON and A. D. WILSON, *J. Dent. Res.* **61** (1982) 1416-22.
30. K. H. FRIELD, J. M. POWERS and K. A. HILLER, *Oper. Dent.* **20** (1995) 74-80.
31. U. B. FRITZ, W. J. FINGER and S. UNO, *Dent. Mater.* **12** (1996) 161-6.
32. W. R. LAIRD and A. D. WALMSLEY, *J. Dent.* **19** (1991) 14-7.
33. T. J. BARATA, E. BRESCIANI, A. ADACHI, T. C. FAGUNDES, J. C. PEREIRA, M. F. L. NAVARRO, *J. Dent. Res. (IADR Abstracts)* (2005) Abs. 85.
34. M. A. CATTANI-LORENTE, V. DUPUIS, J. PAYAN, F. MOYA and J. M. MEYER, *Dent. Mater.* **15** (1999) 71-8.
35. D. XIE, W. A. BRANTLEY, B. M. CULBERTSON, and G. WANG, *Dent. Mater.* **16** (2000) 129-38.
36. A. U. YAP, A. C. TAN, A. T. GOH, D. C. GOH and K. C. CHIN, *Oper. Dent.* **28** (2003) 728-33.
37. L. C. PEREIRA, M. C. NUNES, R. G. DIBB, J. M. POWERS, J. J. ROULET and M. F. L. NAVARRO, *J. Adhes. Dent.* **4** (2002) 73-80.
38. S. B. MITRA and B. L. KEDROWSKI, *Dent. Mater.* **10** (1994) 78-82.

Tabela 1 – Grupos, CIV, tratamento e número de dentes de acordo com o período de armazenamento

Grupo	CIV	Tratamento	Nº. dentes / período de armazenamento	
			24h	30 dias
1	Ketac Molar (3M ESPE, Germany)	controle	3	3
2		US	3	3
3	Fuji IX GP (GC Corporation, Japan)	controle	3	3
4		US	3	3
5	Vitremer (3M ESPE, Germany)	controle	3	3
6		US	3	3

Tabela 2 - Médias e desvios padrão (Dp) de resistência de união, em MPa, de acordo com o material empregado, tratamento e tempo de armazenagem

CIV	Tratamento Estatístico	Tempo		
		24h	30d	
Fuji IX GP	Controle	n	40	50
		Média	4,10 ^a	5,30 ^a
		Dp	1,95	2,96
	US	n	26	54
		Média	4,58 ^{ab}	5,33 ^a
		Dp	2,69	2,32
Ketac Molar	Controle	n	21	54
		Média	3,46 ^{a*}	9,69 ^{b*}
		Dp	2,46	4,32
	US	n	33	38
		Média	6,35 ^b	5,91 ^a
		Dp	1,99	1,74
Vitremer	Controle	n	38	48
		Média	13,26 ^c	13,69 ^c
		Dp	5,18	5,94
	US	n	42	36
		Média	16,92 ^c	15,12 ^c
		Dp	7,16	6,08

Nota: letras iguais em uma coluna indicam que as médias não diferem significativamente para o período de armazenamento correspondente, pelo teste de Tamhane ao nível de 5%. As diferenças entre os períodos foram indicadas por asteriscos.

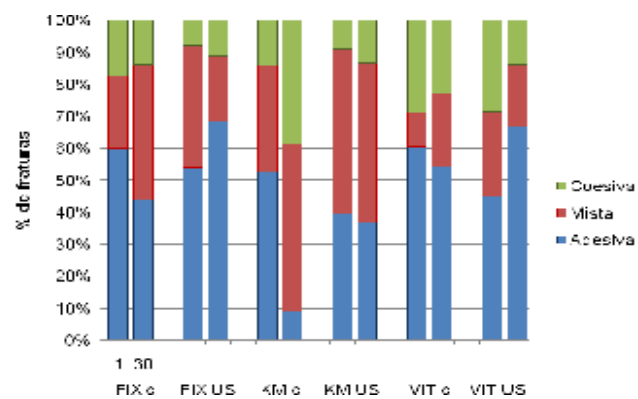


Figura 1 - Porcentagem de ocorrência de fraturas (ocorreram fraturas coesivas em cimento, mas nenhuma coesiva em dentina)

Considerações finais



Considerações finais

O CIV apresenta-se como um bom material restaurador e adesivo, possui propriedades anticariogênicas devido à liberação de flúor, coeficiente de expansão térmica similar as estruturas dentárias, biocompatibilidade e baixa citotoxicidade²². Entretanto, possui baixa resistência mecânica e devido sua lenta reação de presa inicial é muito sensível às variações de umidade da cavidade bucal¹².

Desde o desenvolvimento do CIV na década de 1970, muitas mudanças na formulação original foram feitas para melhorar suas propriedades mecânicas e aumentar suas aplicações clínicas¹⁶. O aumento na velocidade de reação de presa desses materiais tem sido muito considerado em estudos clínicos e laboratoriais, pois de acordo com Yap et al.²³ (2003), resulta em melhora de suas propriedades mecânicas .

A aceleração da velocidade da reação de presa inicial dos CIV pode ser obtida por adição de energia externa, como a aplicação de excitação ultra-sônica ⁹. Alguns estudos tem mostrado melhoras das propriedades mecânicas do CIV com a aplicação do US, com o aumento da dureza superficial²⁰, da resistência à flexão⁵, da resistência à compressão^{6,9,21} e da resistência à tração^{3,6,8}.

Diante das melhoras destas propriedades, o uso do US pode ser viável na clínica odontológica, pois o aumento na velocidade de reação de presa desses materiais em seus estágios iniciais, evita a absorção de água nesta fase de maior sensibilidade a alterações higroscópicas⁸ e permite que o cimento alcance suficiente resistência às forças mastigatórias num período de tempo mais curto²³.

A melhora das propriedades mecânicas do CIV também pode se conseguida com algumas alterações na composição química do material, com o aumento da

proporção pó/líquido, uso de partículas de vidro menores e uma melhor distribuição das mesmas^{14,22}. A aplicação do US sobre o Fuji IX GP aumentou sua resistência à tração após 24 horas de sua manipulação, sem a necessidade de alteração em sua composição química.

De acordo com os resultados obtidos e considerando-se diferentes situações clínicas, o profissional deve optar pelo CIV Ketac Molar para a realização de restauração, uma vez que o mesmo apresentou maior resistência de união à dentina após excitação ultra-sônica.

O CIV modificado por resina é uma boa opção para o uso na clínica odontológica, pois apresentou as maiores médias de resistência à tração e de união à dentina, independente de aplicação do US, além de apresentar as vantagens inerentes à sua composição com monômeros resinosos, como o controle do tempo de presa inicial, permitindo um menor tempo operatório.

Dentre os CIV de alta viscosidade utilizados neste estudo, o Ketac Molar apresentou melhores resultados para resistência à tração e de união.

Referências



Referências*

1. Abdalla AL. Morphologic interface between hybrid ionomers and dentin with and without smear-layer removal. *J Oral Rehabil.* 2000; 27: 808-14.
2. Abrams H, Barkmeier WW, Cooley RL. Temperature changes in the pulp chamber produced by ultrasonic instrumentation. *Gen Dent.* 1979; 27: 62-4.
3. Algera TJ, Kleverlaan CJ, de Gee AJ, Prahl-Andersen B, Feilzer AJ. The influence of accelerating the setting rate by ultrasound or heat on the bond strength of glass ionomers used as orthodontic bracket cements. *Eur J Orthod.* 2005; 27: 472-6.
4. Anusavise KJ. Phillips, materiais dentários. Rio de Janeiro: Elsevier; 2005. 11th ed. 764 p.
5. Arcoria CJ, Butler JR, Wagner MJ. Bending strength of Fuji e Ketac glass ionomers after sonication. *J Oral Rehabil.* 1992; 19: 607-13.
6. Barata TJE, Bresciani E, Adachi A, Fagundes TC, Pereira JC, Navarro MFL. Effect of ultrasonic setting on the mechanical properties of GICs. [abstract 540]. [cited 2008 Aug 19]. Available from: http://iadr.confex.com/iadr/2005Balt/techprogram/abstract_64722.htm
7. Coldebella CR. Avaliação da aplicação de ondas de ultra-som sobre os cimentos de ionômero de vidro: rugosidade superficial e perda de massa após escovação [Dissertação - Mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia - UNESP; 2007.

* De acordo com o estilo Vancouver. Disponível no site:

http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html

8. Fagundes TC, Barata TJ, Bresciani E, Cefaly DFG, Carvalho CAR, Navarro MFL. Influence of ultrasonic setting on tensile bond strength of glass-ionomer cements to dentin. *J Adhes Dent*. 2006; 8: 401-7.
9. Kleverlaan CJ, van Duinen RNB, Feilzer AJ. Mechanical properties of glass ionomer cements affected by curing methods. *Dent Mater*. 2004; 20: 45-50.
10. Laird WR, Walmsley AD. Ultrasound in dentistry. Part 1-Biophysical interactions. *J Dent*. 1991; 19: 14-7.
11. Lin A, McIntyre NS, Davidson RD. Studies on the adhesion of glass-ionomer cements to dentin. *J Dent Res*. 1992; 71: 1836-41.
12. McLean JW. Glass-ionomer cements. *Br Dent J*. 1988; 164: 293-300.
13. Mount GJ. Adhesion of glass-ionomer cement in the clinical environment. *Oper Dent*. 1991; 16: 141-8.
14. Mount GJ. Glass ionomers: a review of their current status. *Oper Dent*. 1999; 24: 115-24.
15. Pashley DH, Carvalho RM, Sano H, Nakajima M, Yoshiyama M, Shono Y, et al. The microtensile bond test: a review. *J Adhes Dent*. 1999; 1: 299-309.
16. Pereira LCG, Nunes MCP, Dibb RGP, Powers JM, Roulet JF, Navarro NFL. Mechanical properties and bond strength of glass-ionomer cements. *J Adhes Dent*. 2002; 4: 73-80.
17. Powis DR, Folleras T, Merson SA, Wilson AD. Improved adhesion of a glass ionomer cement to dentin and enamel. *J Dent Res*. 1982; 61: 1416-22.
18. Tanner DA, Rushe N, Towler MR. Ultrasonically set glass polyalkenoate cements for orthodontic applications. *J Mater Sci Mater Med*. 2006; 17: 313-8.

19. Towler MR, Crowley CM, Hill RG. Investigation into the ultrasonic setting of glass ionomer cement: Part I: postulated modalities. *J Mater Sci Lett.* 2003; 22: 539-41.
20. Towler MR, Bushby AJ, Billington RW, Hill RG. A preliminary comparison of the mechanical properties of chemically cured and ultrasonically cured glass ionomer cements, using nano-indentation techniques. *Biomaterials.* 2001; 22: 1401-6.
21. Twomey E, Towler MR, Crowley MC, Doyle J, Hanspshire S. Investigation into the ultrasonic setting of glass ionomer cements. Part II: setting times and compressive strengths. *J Mater Sci.* 2004; 39: 4631-2.
22. Xie D, Brantley WA, Culbertson BM, Wang G. Mechanical properties and microstructures of glass-ionomer cements. *Dent Mater.* 2000; 16: 129-38.
23. Yap AU, Tan AC, Goh AT, Chin KC. Effect of surface treatment and cement maturation on the bond strength of resin-modified glass ionomers to dentin. *Oper Dent.* 2003; 28: 728-33.

Anexo



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE ARARAQUARA

Comitê de Ética em Pesquisa



Certificado

Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado "RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE CIMENTOS DE IONÔMERO DE VIDRO À DENTINA, APÓS EXCITAÇÃO ULTRA-SÔNICA", sob o protocolo nº. 41.087, de responsabilidade do Pesquisador (a) ÂNGELA CRISTINA CICEENYE ZUJANOW, está de acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS, de 10/10/96, tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa-FOAr, com validade de 01 (um) ano, quando será avaliado o relatório final da pesquisa.

Certify that the research project titled "BOND STRENGTH OF GLASS IONOMER TO DENTIN, AFTER ULTRASOUND SETTING", protocol number 41.087, under the ÂNGELA CRISTINA CICEENYE ZUJANOW, responsibility, is under the terms of Conselho Nacional de Saúde/MS resolution # 196/96, published on May 10, 1996. This research has been approved by Research Ethics Committee, FOAr-UNESP. Approval is granted for 01 (one) year when the final review of this study will occur.

Araraquara, 15 de fevereiro de 2018.

Prof^ª Dr^ª Mirian Aparecida Onofre
Coordenadora

Autorizo a reprodução deste trabalho.
(Direitos de publicação reservado ao autor)

Araraquara, 31 de julho de 2008.

Elcilaine Rizzato Azevedo