

CAPACIDADE DE UNIÃO DE UM NOVO SISTEMA ADESIVO À DENTINA

Deise Caren Somacal¹, Ana Maria Spohr²

¹ Aluna de Graduação da Faculdade de Odontologia da PUCRS, Porto Alegre – RS, Brasil

² Professora Titular da Faculdade de Odontologia da PUCRS, Porto Alegre – RS, Brasil

Autor Correspondente:
Ana Maria Spohr
Avenida Ipiranga, 6681
Porto Alegre/RS – Brasil
CEP: 90619-900
Fone: 51-3320.3538
e-mail: ana.spohr@pucrs.br

RESUMO

O objetivo do trabalho foi verificar a resistência de união à dentina do novo sistema adesivo Single Bond Universal (3M) quando aplicado com o condicionamento ácido prévio e quando utilizado na forma autocondicionante. Como grupo controle, foram utilizados os sistemas adesivos Scotchbond MultiPurpose (3M), que emprega o condicionamento ácido prévio, e o Clearfil SE Bond (Kuraray), que é autocondicionante. As raízes de 24 dentes terceiros molares humanos foram incluídas em resina acrílica quimicamente ativada. A superfície oclusal em esmalte foi removida para exposição da dentina, seguido de acabamento com lixas de carbetto de silício de granulação 600. Os dentes foram divididos aleatoriamente em quatro grupos (n=6/grupo): Grupo 1 – Single Bond Universal com aplicação do condicionamento ácido prévio; Grupo 2 – Single Bond Universal na forma autocondicionante; Grupo 3 – Scotchbond MultiPurpose; Grupo 4 – Clearfil SE Bond. Sobre o sistema adesivo foi construído um bloco em resina composta. Após armazenagem em água destilada a 37° C por 24 horas, os conjuntos dente/resina foram cortados paralelamente ao longo eixo do dente, nos sentidos x e y, com secção de aproximadamente 0,80 mm². Foram obtidos 20 corpos de prova na forma de “palitos” para cada grupo, sendo então submetidos ao teste de resistência à microtração em máquina de ensaio universal com velocidade de 0,5 mm/min. De acordo com a Análise de Variância, não houve diferença estatística (p>0,05) entre os grupos: Grupo 1= 39,37 MPa (±10,82); Grupo 2= 31,02 MPa (±13,76); Grupo 3= 35,09 MPa (±14,03); Grupo 4= 35,84 MPa (±11,06). O novo sistema adesivo Single Bond Universal demonstrou capacidade de união à dentina comparável aos sistemas adesivos utilizados como controle.

Palavras-chave: dentina, resistência de união, sistemas adesivos.

INTRODUÇÃO

A introdução da técnica do condicionamento ácido em esmalte por Buonocore,¹ em 1995, e logo após o condicionamento ácido para dentina e esmalte por Fusayama,² em 1979, levou a uma ampla variedade de sistemas adesivos disponíveis no mercado. Van Meerbeeck *et al.*³ classificaram os sistemas adesivos como aqueles que apresentam condicionamento ácido prévio, também conhecidos como *total-etch*, e os sistemas adesivos autocondicionantes, chamados de *self-etch*.

Nos sistemas adesivos *total-etch*, aplica-se o ácido fosfórico para remover a *smear layer*, seguido de *primer* e adesivo, que penetra nas fibras colágenas expostas pela dentina que foi desmineralizada, formando a camada híbrida.⁴ No entanto, os sistemas *self-etch* apresentam monômeros resinosos acídicos que tem ação de desmineralizar a superfície dentinária e permitir a infiltração desses monômeros na dentina simultaneamente.⁵ Dependendo do tipo de monômero e de seu pH, haverá uma desmineralização parcial e superficial da *smear layer* e da dentina, por apresentarem um componente ácido mais fraco, o que não ocorre nos adesivos *total-etch*.^{6,7}

Entre os sistemas adesivos *total-etch*, o Scotchbond MultiPurpose (3M) vem sendo considerado o padrão ouro, enquanto para a categoria de sistemas *self-etch* o Clearfil SE Bond (Kuraray) tem apresentado os melhores resultados de resistência de união à dentina.⁸

Um novo sistema adesivo de frasco único foi lançado no mercado recentemente, denominado Scotchbond Universal (3M/Espe) nos Estados Unidos e na Europa, e chamado Single Bond Universal no Brasil. De acordo com o fabricante, esse sistema pode ser utilizado de duas maneiras: aplicando previamente ácido fosfórico a 37% em esmalte e dentina, caracterizando a forma *total-etch*, ou aplicado na forma *self-etch*, onde somente o produto contido no frasco é aplicado sobre a superfície de esmalte e dentina.

Esse novo sistema adesivo, independente da sua apresentação comercial ou da técnica de aplicação utilizada, deve ter desempenho comparável aos sistemas adesivos considerados padrão ouro nas pesquisas odontológicas.

Portanto, o objetivo do estudo foi verificar a resistência de união à dentina do novo sistema adesivo Single Bond Universal, quando aplicado com o condicionamento ácido prévio (versão *total-etch*) e quando utilizado na forma autocondicionante (versão *self-etch*), em um período de armazenamento de 24 horas. Este estudo partiu da hipótese

nula de que não há diferença estatística na resistência de união à dentina entre os sistemas adesivos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Os sistemas adesivos utilizados neste estudo estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1: Lote, composição e fabricante dos materiais.

Produto	Descrição	Lote	Composição Química	Fabricante
Single Bond Universal	Sistema adesivo	475261	Copolímero do Vitrebond, MDP, silano, água, etanol.	3M/ESPE, St. Paul, MN, EUA
Scotchbond Multi Purpose	Sistema adesivo	<i>Primer:</i> N271103 <i>Adesivo:</i> N296740	<i>Primer:</i> HEMA, ácido poliacenólico, água. <i>Adesivo:</i> BIS-GMA, HEMA e amina terciária.	3M/ESPE, St. Paul, MN, EUA
Clearfil SE Bond	Sistema adesivo	<i>Primer:</i> 01109A <i>Adesivo:</i> 01662 ^a	<i>Primer:</i> MDP, HEMA, di-canforoquinona, dimetacrilato hidrofílico, água. <i>Adesivo:</i> MDP, Bis-GMA, HEMA, di-canforoquinona, metacrilato hidrofóbico.	Kuraray, Kurashiki, Okayama, Japão
Ultra-Etch	Ácido fosfórico 35%	B7TV4	Ácido fosfórico 35%, espessante, corante.	Ultradent Products Inc. – South Jordan, EUA
Filtek Z250 cor A2	Compósito Híbrido	N396503 N384201	Zircônio/Sílica, BIS-GMA, UDMA, BIS-EMA.	3M/ESPE, St. Paul, MN, EUA

Métodos

Obtenção dos dentes

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da PUCRS.

Os 32 terceiros molares humanos selecionados eram hígidos e inclusos e foram obtidos em consultórios odontológicos por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Os dentes foram armazenados em água destilada a 4°C em um período de, no máximo, seis meses após as exodontias, sendo a água trocada semanalmente. Os mesmos foram limpos com curetas periodontais, desinfetados em cloramina a 0,5% por 24 horas e armazenados em água destilada.

Confecção dos corpos de prova

Inclusão dos dentes na resina acrílica

Durante o tempo de armazenamento, os dentes foram incluídos em resina acrílica quimicamente ativada Jet (Clássico, São Paulo, SP, Brasil) com auxílio de uma matriz cilíndrica de tal forma que a coroa do dente ficou exposta e a superfície oclusal paralela à base da resina acrílica.

Remoção do esmalte oclusal

A superfície oclusal de esmalte foi removida com disco diamantado de dupla face (Extec, Londres, Inglaterra) montado em uma máquina de corte (Labcut 1010 – Extec, Londres, Inglaterra), sob refrigeração à água, expondo uma superfície plana de dentina oclusal. Após, as áreas de dentina foram regularizadas em uma politriz (Panambra, São Paulo, SP, Brasil) com lixas de carbetto de silício de granulação 400 e 600.

Aplicação dos sistemas adesivos

Os dentes foram divididos aleatoriamente em quatro grupos com seis dentes cada. Previamente a aplicação dos materiais específicos de cada grupo, os dentes foram retirados da água destilada e, com jato de ar, foi removido o excesso de umidade presente em cada dente.

Grupo 1 – Single Bond Universal com aplicação prévia de ácido fosfórico: foi realizado condicionamento da superfície dentinária com ácido fosfórico 37% por 15 segundos, seguido de lavagem com *spray* de água por 30 segundos e remoção do excesso de água com papel absorvente. Aplicou-se o adesivo na dentina com

microbrush, sendo esfregado por 20 segundos, seguido de leve jato de ar por 5 segundos e fotoativação por 10 segundos, conforme instruções do fabricante.

Grupo 2 – Single Bond Universal na versão autocondicionante: aplicou-se o adesivo com *microbrush* na dentina, sendo esfregado por 20 segundos, seguido de leve jato de ar por 5 segundos e fotoativação por 10 segundos, conforme instruções do fabricante.

Grupo 3 – Scotchbond MultiPurpose: inicialmente realizou-se o condicionamento da superfície dentinária com ácido fosfórico 37% por 15 segundos, seguido de lavagem com *spray* de água por 30 segundos e remoção do excesso de água com papel absorvente. O *primer* foi aplicado, seguido de leve jato de ar por 5 segundos. Posteriormente aplicou-se o adesivo, seguido de fotoativação por 10 segundos, conforme instruções do fabricante.

Grupo 4 – Clearfil SE Bond: uma camada do *primer* autocondicionante foi aplicada com *microbrush* na superfície dentinária, sendo esfregado por 20 segundos e seguido de leve jato de ar por 5 segundos. O adesivo foi aplicado e fotoativado por 10 segundos, conforme instruções do fabricante.

Construção do bloco de resina composta

Sobre os sistemas adesivos foi construído um bloco de resina composta Z250, cor A2, de aproximadamente 6 mm de altura. Esse bloco foi confeccionado em três incrementos de aproximadamente 2 mm cada, sendo cada incremento fotoativado por 40 segundos. A intensidade de luz do aparelho fotopolimerizador Optilux (Gnatus, Ribeirão Preto, SP, Brasil) foi monitorada com radiômetro (modelo 100, Demetron Inc, Saint Louis, MN, Estados Unidos da América), e permaneceu na intensidade de 450 a 500 mW/cm².

Os conjuntos dente/bloco de resina composta ficaram armazenados em água destilada por 24 horas a 37°C em estufa de cultura FANEM. Passado esse período, primeiramente foi marcada, com auxílio de uma caneta marca-texto, a região central de cada dente, a fim de facilitar a identificação dos corpos de prova da região central, e então o conjunto foi seccionado para obtenção de palitos. Os cortes foram realizados paralelamente ao longo eixo do dente nos eixos x e y, em uma máquina de corte Labcut 1010 com um disco diamantado de dupla face em uma velocidade de 500 rpm sob refrigeração com água. Dessa maneira foram obtidos corpos de prova em forma de palitos, onde a metade superior era de resina composta e, a inferior, de dentina. Os

corpos de prova tiveram a área adesiva mensurada em mm² com um paquímetro digital Mitutoyo (Mitutoyo Sul Americana Ltda, Suzano, SP, Brasil), com erro declarado máximo de 0,01 mm. A área dos corpos de prova foi de aproximadamente 0,80 mm².

Para cada um dos dentes foram selecionados quatro corpos de prova da região central. Os mesmos foram examinados com lupa em aumento de 10 vezes para análise da área adesiva, sendo descartados os que apresentaram defeitos como bolhas, falhas no processo adesivo, falta de material ou área irregular. Esses corpos de prova foram submetidos ao ensaio de microtração imediato. Ao total, 20 corpos de prova por grupo foram submetidos ao ensaio de microtração.

Ensaio de microtração

Os corpos de prova foram fixados individualmente ao dispositivo de microtração com adesivo a base de cianocrilato (Superbond Gel – Loctite, São Paulo, SP, Brasil) associado a um acelerador (Zip Kicker, Pacer, Rancho Cucamonga, CA, EUA) pelas suas extremidades, de forma a posicionar a área adesiva perpendicularmente ao longo eixo da força de tração. Em todos os corpos de prova, a porção correspondente à resina composta voltou-se para cima e, a dentina, para baixo. O teste foi realizado na máquina de ensaio universal EMIC DL-2000 (São José dos Pinhais, PR, Brasil), operada por computador através do software MTest a uma velocidade de 0,5 mm/minuto. A célula de carga utilizada foi a de 50 N.

Análise dos tipos de falha

Após o teste de microtração, a porção correspondente à dentina de todos os corpos de prova foi visualizada em microscópio eletrônico de varredura (MEV) Phillips XL30 (Phillips Electronic Instruments Inc., Mahwah, NJ, Estados Unidos da América) para determinar o tipo de falha ocorrido. A extremidade dos corpos de prova foi fixada lado a lado em *stubs* com a interface de fratura voltada para cima, metalizada com ouro (Bal-Tec, Balzers, Liechtenstein) para observação no MEV com aumento de cerca de 200 vezes. Os padrões de falha foram classificadas em diferentes tipos: a) adesiva (fratura entre o adesivo e a dentina); b) coesiva no adesivo (fratura no adesivo); c) interfacial (adesiva e coesiva em adesivo); d) coesiva em dentina (ruptura da dentina); e) coesiva em resina composta (ruptura na resina composta); f) mista (associação dos tipos de falha).

Análise estatística

Os valores obtidos no teste de microtração foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk. Sendo constatada normalidade nos dados, empregou-se a análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey. O nível de significância foi de 5%.

RESULTADOS

A Tabela 2 mostra os valores de resistência de união à microtração obtidos nos grupos.

Não houve diferença estatística significativa na resistência à microtração entre os sistemas adesivos ($p > 0,05$). O Single Bond Universal *total-etch* (39,37 MPa) apresentou o maior valor médio de resistência à microtração, não diferindo estatisticamente do Clearfil SE Bond (35,84 MPa), do Scotchbond MultiPurpose (35,09 MPa) e do Single Bond Universal *self-etch* (31,02 MPa).

Tabela 2 – Médias de resistência à microtração dos grupos (MPa).

Grupo	Média (MPa)	Desvio-padrão	Coefficiente de variação
Single Bond Universal <i>total-etch</i>	39,37	±10,82	27%
Single Bond Universal <i>self-etch</i>	31,02	±13,76	44%
Scotchbond Multi Purpose	35,09	±14,03	39%
Clearfil SE Bond	35,84	±11,06	30%

As falhas foram predominantemente do tipo mista, correspondendo a 80% para os sistemas adesivos Single Bond Universal e para o Clearfil SE Bond, e 55% para o Scotchbond Multi Purpose. No Scotchbond MultiPurpose, 45% das falhas foram do tipo interfacial. Quanto às falhas mistas, estas se subdividiram em dois tipos: a) interfacial e coesiva em resina composta; b) coesiva no adesivo e coesiva na resina composta. Não

ocorreram falhas puramente adesivas, coesivas na resina composta, ou coesivas em dentina (Tabela 3).

Tabela 3 – Falhas obtidas nos diferentes grupos.

	Single Bond Universal <i>total-etch</i>	Single Bond Universal <i>self-etch</i>	Scotchbond Multi Purpose	Clearfil SE Bond
Interfacial	4 (20%)	4 (15%)	9 (45%)	4 (20%)
Coesiva RC	-	-	-	-
Coesiva dentina	-	-	-	-
Adesiva	-	-	-	-
Mista	16 (80%)	16 (80%)	11 (55%)	16 (80%)
Interfacial + coesiva RC	9 (45%)	10 (50%)	6 (30%)	8 (40%)
Coesiva adesivo + Coesiva RC	7 (35%)	6 (30%)	5 (25%)	8 (40%)
Nº interface/grupo	20 (100%)	20 (100%)	20 (100%)	20 (100%)

DISCUSSÃO

De acordo com os resultados, a hipótese nula deste estudo foi aceita, pois não houve diferença estatística entre o sistema adesivo Single Bond Universal, utilizado tanto na versão *total-etch* como na versão *self-etch*, e os sistemas adesivos Scotchbond MultiPurpose e Clearfil SE Bond, no que se refere à resistência à microtração sobre a dentina.

O Single Bond Universal pode ser utilizado na versão *self-etch* por apresentar o monômero 10-MDP em sua composição, que oferece acidez ao adesivo, dando capacidade de condicionamento da superfície dentária. Mesmo com a presença deste monômero, o fabricante estabelece que o sistema adesivo também pode ser empregado na versão *total-etch*, aplicando o condicionamento com ácido fosfórico a 37% sobre a

dentina, previamente ao uso do adesivo. Assim, a escolha fica a cargo do profissional sobre a forma de utilização deste produto.

No presente estudo não houve diferença estatística nos valores de resistência à microtração entre as duas versões do Single Bond Universal (*self-etch* e *total-etch*). Contudo, existe uma preferência na atualidade pelo uso da versão *self-etch* sobre a dentina, já que essa forma de aplicação causa uma menor desmineralização da superfície dentinária se comparada com a técnica que utiliza o ácido fosfórico a 37% (*total-etch*).⁹ Além disso, a versão *self-etch* diminui uma etapa clínica considerada crítica e que precisa ser realizada nos sistemas adesivos na versão *total-etch*, que é a etapa de remoção dos excessos de umidade após a lavagem do ácido fosfórico.¹⁰

Nos sistemas adesivos *total-etch*, o ácido fosfórico é aplicado a 35% durante 15 segundos sobre a dentina, removendo a camada de *smear layer* e *smear plugs*, além de promover a abertura dos túbulos dentinários e a desmineralização da dentina intertubular e peritubular a uma profundidade de 5 µm, aproximadamente.⁷ A seguir, é aplicado o adesivo de frasco único e polimerizado. Na versão *self-etch*, por sua vez, à medida que o monômero ácido 10-MDP desmineraliza a superfície dentinária, os demais componentes do adesivo se incorporam na dentina recém desmineralizada.³ A profundidade da desmineralização vai depender do pH do monômero ácido. Os sistemas adesivos que contém o 10-MDP são considerados de média acidez, já que esse monômero apresenta um pH ao redor de 2, provocando uma desmineralização parcial da dentina e a formação de uma camada híbrida inferior a 1µm.⁷ Assim, nas observações feitas em microscopia eletrônica de varredura (MEV) observa-se a formação de uma camada híbrida mais espessa e *tags* de resina mais longos nas amostras das versões *total-etch* se comparados às versões *self-etch*.¹¹ Yoshida *et al.*¹¹ constatou, em microscópio eletrônico de transmissão, a formação de uma camada híbrida de 0,2 a 0,5 µm para o Single Bond Universal usado na versão *self-etch* e 0,5 a 0,7 µm para o Clearfil SE Bond. Além disso, as diferenças morfológicas na interface de união dos sistemas adesivos *total-etch* e *self-etch* não alteraram significativamente os valores de resistência à microtração, o que também foi descrito por outros autores.^{9,12}

Os adesivos simplificados de frasco único sofrem maior degradação hidrolítica se comparado aos sistemas adesivos de três passos ou os sistemas *self-etch* de dois passos (*primer* condicionante e adesivo). A explicação para essa maior degradação nos sistemas de frasco único está relacionada à maior quantidade de monômeros hidrofílicos na sua composição,¹³ além da ausência de uma camada hidrofóbica de adesivo.¹⁴ Essas

características deixam os adesivos simplificados semelhantes a membranas semipermeáveis, que captam maior quantidade de água e favorece à degradação hidrolítica.¹⁵ Contudo, o sistema adesivo Single Bond Universal não apresentou prejuízo na resistência de união se comparado aos adesivos controles testados no estudo, mesmo sendo um adesivo de frasco único, o que o torna um sistema adesivo diferenciando com relação à degradação.¹⁶

Após o término do ensaio de microtração, as falhas foram analisadas em MEV. Essa análise teve o objetivo de verificar se a metodologia aplicada no estudo fornece valores de resistência de união compatíveis com a interface dentina-adesivo, que é a face que se deseja estudar. Além disso, a análise determinou a área com maior suscetibilidade a falhas.¹⁷ Foi observada a predominância de falhas mistas, com adesivo ou resina composta unida à dentina. Essa análise demonstra que os sistemas adesivos utilizados no estudo apresentaram uma união considerável à superfície dentinária, já que não houve falhas puramente adesivas. As falhas mistas foram divididas em dois tipos: falha interfacial associada à falha coesiva na resina composta, ou falha coesiva no adesivo associada à falha coesiva na resina composta.

Ficou evidente no resultado desse estudo que a simplificação do Single Bond Universal não causou prejuízo nos valores de resistência à microtração sobre a dentina na avaliação em 24 horas. Essa informação é relevante uma vez que o novo sistema adesivo Single Bond Universal é comparável aos sistemas adesivos considerados padrão ouro no mercado odontológico. O sistema adesivo de frasco único simplifica a prática clínica, reduzindo etapas e a possibilidade de erros de aplicação do mesmo.

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados encontrados nesse estudo, foi possível concluir que o Single Bond Universal apresentou resultados semelhantes de resistência de união à dentina quando testado na versão *total-etch* e na versão *self-etch*. Além disso, a simplificação em frasco único desse sistema adesivo não causou prejuízo nos valores de resistência de união do material à dentina no período de 24 horas de avaliação.

REFERÊNCIAS

1. Buonocore, M. G. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filing materials to enamel surface. *J. Dent. Rest.* 1995; 34:849-53.
2. Fusayama T, Nakamura M, Kurosaki N, Iwaku M. Non pressure adhesion of a new adhesive restorative resin. *J Dent Rest.* 1979; 58:1364-70.
3. Van Meerbeeck B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent.* 2003; 28:215-35.
4. Nakabayashi N, Kojima M, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrate. *J Biomed Mater Res* 1982; 16:265–73.
5. Miyasaki M, Onose H, Iida N, Kasama H. Determinations of residual Double bonds in resin-dentin interface by Raman spectroscopy. *Dent Mater* 2003; 19:245-51.
6. Breschi L, Mazzoni A, Ruggeri A, Cadenaro M, Di Lenarda R, Dorigo ED. Dental adhesion review: Aging and stability of the bonded interface. *Dent Mater* 2008; 24:90-101.
7. Sarr M, Kane AW, Vreven J, Mine A, Van Landuyt KL, Peumans M, Lambrechts P, Van Meerbeek B, De Munck J. Microtensile bond strength and interfacial characterization of 11 contemporary adhesives bonded to bur-cut dentin. *Oper Dent* 2010; 35:94-104.
8. Hashimoto M, Fujita S, Nagano F, Ohno H, Endo K. Ten-years degradation of resin-dentin bonds. *Eur J Oral Sci* 2010; 118:404-10.
9. Yoshiyama M, Matsuo T, Ebisu S, Pashley D. Regional bond strengths of self-etching/self-priming adhesive systems. *J Dent* 1998; 26:609-16.

10. Tay F, Gwinnett AJ, Pang KM, Wei SH. Resin permeation into acid-conditioned, moist, and dry dentin: a paradigm using water-free adhesive primers. *J Dent Res* 1996; 75:1034-44.
11. Yoshida Y, Yoshihara K, Nagaoka N, Hayakawa S, Torii Y, Ogawa T, Osaka A, Van Meerbeek B. Self-assembled nano-layering at the adhesive interface. *J Dent Res* 2012; 91:376-81.
12. Miyazaki M, Sato M, Onose H, Moore BK. Influence of thermal cycling on dentin bond strength of two step bonding systems. *Am J Dent* 1998; 11:118-22.
13. Tay FR, Pashley DH. Agressiveness of contemporary self-etching systems. I. Depth of penetration beyond dentin smear layers. *Dent Mat* 2001; 17: 296-308.
14. Cadenaro M, Antonioli F, Sauro S, Tay FR, Di Lenarda R, Prati C, Biasotto M, Contardo L, Breschi L. Degree of conversion and permeability of dental adhesives. *Eur J Oral Sci* 2005; 113:525-30.
15. Tay FR, *et al.* A. Single-step adhesives are permeable membranes. *J Dent* 2002; 30: 371-82.
16. Manfroi FB. Resistência de união à dentina de um sistema adesivo de frasco único: Avaliação em 24 horas e seis meses de armazenamento. Dissertação de Mestrado, PUCRS, 2014, 42p.
17. Armstrong SR, Boyer, DB, Keller, JC. Microtensile bond strength testing and failure analysis of two dentin adhesives. *Dent Mat* 1998; 14:44-50.