

Adesão à dentina úmida e seca: resistência de união à microtração e infiltração marginal

*Aloísio Oro SPAZZIN^a, Bruno CARLINI JÚNIOR^b,
Rafael Ratto de MORAES^c, Marcelo Ferraz MESQUITA^a*

^a*Departamento de Prótese e Periodontia, Faculdade de Odontologia, UNICAMP, 13414-903 Piracicaba - SP, Brasil*

^b*Departamento de Odontologia Restauradora, Faculdade de Odontologia, UPF, 99001-970 Passo Fundo - RS, Brasil*

^c*Departamento de Odontologia Restauradora, Área Materiais Dentários, Faculdade de Odontologia, UNICAMP, 13414-903 Piracicaba - SP, Brasil*

Spazzin AO, Carlini Júnior B, Moraes RR, Mesquita MF. Bonding to wet and dry dentin: microtensile bond strength and marginal leakage. Rev Odontol UNESP. 2008; 37(1): 91-96.

Resumo: Este estudo avaliou o efeito da adesão à dentina úmida ou seca na resistência de união e selamento de restaurações de resina composta. Quarenta molares foram obtidos: em metade dos dentes foi exposta uma superfície plana em dentina para adesão e posterior teste de microtração; a outra metade recebeu preparos cavitários nas faces vestibular e lingual, com margens em dentina/cimento, para o teste de infiltração marginal. Nos substratos preparados, após aplicação de ácido fosfórico a 37% por 15 segundos e lavagem por 15 segundos, a umidade da dentina foi removida com algodão (dentina úmida) ou utilizando jato de ar por 15 segundos (dentina seca). Em seguida, aplicou-se agente de união com solvente acetona e as restaurações foram realizadas. Os corpos de prova para avaliação da resistência de união foram seccionados em fatias, sendo realizada constrição da interface de união no formato de ampulhetas, que foram fixadas em máquina de ensaios com a interface de união paralela ao plano horizontal e submetidas à microtração. Os dados foram analisados pelo teste-t de Student (5%). As cavidades restauradas foram submetidas à ciclagem térmica e imersas em solução de azul de metileno a 2%, por 4 horas. A penetração do corante foi avaliada sob aumento (10X), com escores padronizados de profundidade de penetração do corante. Os dados foram submetidos ao teste de Mann-Whitney (5%). A resistência de união (MPa) à dentina úmida ($17,3 \pm 11$) foi significativamente maior ($p = 0,001$) que à dentina seca ($9,1 \pm 5,7$), enquanto o selamento marginal foi semelhante para as duas técnicas ($p = 0,343$).

Palavras-chave: *Adesivos dentinários; dentina; infiltração dentária; resistência à tração.*

Abstract: This study evaluated the effect of adhesion to wet or dry dentin on the bond strength and sealing of resin composite restorations. Forty molars were obtained: in half of the teeth, a flat surface in dentin was exposed to adhesion and further microtensile testing; in the other half, cavity preparations were made in the buccal and lingual faces, with margins placed in dentin/cementum, for the marginal leakage test. On the prepared substrates, following the application of 37% phosphoric acid for 15 seconds and washing for 15 seconds, the removal of dentin moisture was made with a cotton pellet (wet dentin) or with a air stream for 15 seconds (dry dentin). A bonding system with acetone solvent was then applied and the restorations were made. Samples for bond strength evaluation were sectioned in slices and the bonding interface trimmed to hour-glass specimens, which were attached to a testing machine with the interface parallel to the horizontal axis and submitted to microtensile testing. Data were analyzed by Student's t-test (5%). The restored cavities were submitted to thermalcycling and immersed in 2% methylene blue solution, for 4 hours. Dye penetration was evaluated under magnification (10x), using standard scores regarding the depth of penetration. Data were submitted to Mann-Whitney's test (5%). The bond strength to wet dentin (17.3 ± 11) was significantly higher ($p = 0.001$) than to dry dentin (9.1 ± 5.7), whereas the marginal sealing was similar for the both techniques ($p = 0.343$).

Keywords: *Dentin-bonding agents; dentin; dental leakage; tensile strength.*

Introdução

As principais metas da adesão, entre um material restaurador e os tecidos dentais, são a obtenção de efetiva união entre ambos e o selamento efetivo e duradouro das margens restauradoras. Os sistemas adesivos apresentam boa união ao esmalte, porém mostram ainda algumas dificuldades de união à dentina. Um grande avanço na adesão a este substrato foi descrito por Nakabayashi et al.¹, pela difusão de resina no interior do tecido parcialmente desmineralizado: a exposição de fibrilas colágenas, posteriormente encapsuladas por monômeros resinosos, ocasiona a formação de uma zona de dentina infiltrada por resina, conhecida como camada híbrida.

A durabilidade da união à dentina depende da penetração efetiva dos monômeros na rede de colágeno; uma penetração insuficiente resulta em fibrilas expostas, que podem servir de sítio para início do processo de degradação da interface adesiva^{2,3}. Nesse intuito, a presença de umidade na dentina após o condicionamento ácido é essencial, pois mantém as fibrilas expandidas, impedindo seu colapso, e possibilita a infiltração dos monômeros nos espaços interfibrilares, resultando na formação da camada híbrida¹.

O excesso de água na dentina também pode afetar negativamente o processo adesivo, pois pode promover separação entre as fases hidrófobas e hidrófilas dos componentes monoméricos do sistema de união⁴. Como consequência, formações globulares podem se acumular na interface resina/dentina, enfraquecendo a união e resultando num selamento incompleto dos túbulos dentinários⁵. O excesso de água também compete com os monômeros por espaços interfibrilares, resultando em incompleta infiltração e podendo comprometer a integridade estrutural da camada híbrida⁴.

Em relação à remoção de excesso de água da dentina desmineralizada, sabe-se que o uso de ar comprimido pode interferir na adesão⁶. No entanto, estudos recentes têm relatado que alguns adesivos apresentam melhor desempenho quando aplicados sobre a dentina seca^{7,8}. Além disso, Reis et al.⁹ mostraram que, quando a adesão é realizada sobre o substrato seco, apesar de menores valores iniciais de resistência de união à dentina, os efeitos da degradação hídrica ao longo do tempo são menos pronunciados.

Diversos estudos têm avaliado a influência da umidade da dentina na resistência de união⁷⁻⁹ ou infiltração marginal¹⁰⁻¹² de adesivos dentinários. No entanto, pouco se sabe da relação entre as duas avaliações quando a união é realizada ao substrato seco ou úmido. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da adesão ao substrato dentinário desmineralizado, seco ou úmido, na resistência de união e capacidade de selamento marginal de restaurações de resina composta utilizando um sistema adesivo com solvente acetona.

Material e método

Quarenta terceiros molares hígidos, recém-extraídos, foram obtidos do banco de dentes da Faculdade de Odontologia da Universidade de Passo Fundo, após aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade, sob o nº 070/2006. Os dentes foram limpos e armazenados em água destilada, a 4 °C, por um período máximo de quatro meses.

Resistência de união

As porções radiculares de vinte dentes foram incluídas em resina acrílica e as coroas seccionadas perpendicularmente ao longo eixo do dente, 2 mm acima da junção cimento-esmalte (JCE), em cortadeira de precisão (Isomet 1000; Buehler, Lake Bluff, IL, EUA), de maneira a expor uma superfície em dentina média. As superfícies dentinárias foram então polidas com lixas sequenciais de carbureto de silício (Carbimet Disc Set; Buehler), montadas em politriz automática (Metaserv 2000; Buehler), até a granulação 600. Imediatamente após, os espécimes foram aleatoriamente divididos em 2 grupos (n = 10), de acordo com o método de secagem da dentina a ser realizado:

Dentina úmida: a superfície foi condicionada com ácido fosfórico a 37% (Dentsply Caulk, Milford, DE, EUA) por 15 segundos, lavada com spray ar/água por 15 segundos, e a secagem foi realizada utilizando um pequeno rolo de algodão estéril, removendo o excesso de água, porém deixando a superfície da dentina visivelmente úmida;

Dentina seca: os mesmos procedimentos descritos para o grupo anterior foram realizados, porém a secagem da dentina foi realizada com forte jato de ar comprimido aplicado por 15 segundos, a uma distância de 5 cm, deixando a superfície da dentina visivelmente seca.

Em seguida, para ambos os grupos, foi aplicado o adesivo com solvente acetona Prime&Bond 2.1 (Dentsply Caulk), de acordo com as recomendações do fabricante. Uma primeira camada foi aplicada, aguardando-se 20 segundos para difusão, seguida de outra camada e de leve jato de ar por 5 segundos, e então foi realizada a fotoativação por 20 segundos (XL2500; 3M ESPE, St. Paul, MN, EUA, 600 mW.cm⁻²). Em seguida, uma coroa em resina composta (Filtek Supreme, 3M ESPE), com 4 mm de altura, foi construída na superfície de cada amostra⁹, em incrementos de aproximadamente 1 mm, sendo cada um fotoativado por 20 segundos.

Os espécimes restaurados foram armazenados em água destilada a 37 °C, por 24 horas, e então levados à cortadeira. Seções no sentido mésio-distal de cada dente foram realizadas para obtenção de fatias de dentina e resina composta com aproximadamente 1 mm de espessura. Cada fatia foi desgastada com pontas diamantadas nº 1093FF (KG Sorensen, Barueri, SP) para a obtenção de amostras no formato de

ampulhetas, com aproximadamente 1 mm² de área de união, que foi mensurada com paquímetro digital (Mitutoyo, Tóquio, Japão) com precisão de 0,01 mm. Em média, 3 fatias foram obtidas para cada espécime, porém houve variação do número de amostras entre os grupos em função de perdas prematuras durante o corte ou desgaste das fatias, sendo estas desconsideradas. No total, ocorreram 3 falhas prematuras para a dentina úmida e 7 para a dentina seca.

Os corpos-de-prova foram então posicionados em uma máquina de ensaios mecânicos (DL 2000; EMIC, São José dos Pinhais, PR) e o teste de microtração realizado até a fratura do espécime, a uma velocidade de 0,5 mm.min⁻¹. Os valores de resistência de união foram calculados em MPa, e os dados submetidos ao teste-t de Student, com nível de significância de 5%, para verificação de possível diferença entre os dois grupos. Os espécimes fraturados foram avaliados em microscópio óptico (Carl Zeiss Inc., Jena, Alemanha), sob aumento de 10X, e as fraturas classificadas como adesiva, coesiva ou mista.

Infiltração marginal

Em cada um dos demais vinte dentes, foram preparadas duas cavidades padronizadas, nas superfícies vestibular e lingual, com brocas diamantadas nº 1090 (KG Sorensen) em alta-rotação, sob constante refrigeração. As brocas foram trocadas após cada 10 preparos. As cavidades apresentavam 1,4 mm de profundidade, 3 mm de extensão méso-distal e 2 mm de extensão ocluso-cervical, com margens gengivais localizadas 1 mm abaixo da JCE. Um batente em resina acrílica foi adaptado para padronização da profundidade (Figura 1), e as dimensões de cada cavidade foram confirmadas com um paquímetro digital.

Imediatamente após o preparo, os espécimes foram divididos aleatoriamente em 2 grupos (n = 20 cavidades por grupo), de acordo com o método de secagem da dentina a ser



Figura 1. Padronização da profundidade da cavidade utilizando batente em resina acrílica adaptado à broca diamantada.

utilizado (Grupos 1 e 2), conforme descrito anteriormente para o teste de resistência de união. Após aplicação do sistema adesivo, as cavidades foram restauradas com a resina composta aplicada em dois incrementos¹⁰, e cada um deles foi fotoativado por 20 segundos. As restaurações receberam acabamento com pontas diamantadas de granulação fina nº 3118F (KG Sorensen) em baixa rotação, com irrigação ar/água, e o polimento foi realizado com discos de óxido de alumínio (Sof-Lex, 3M ESPE).

Após imersão em água destilada a 37 °C, por 24 horas, os espécimes foram submetidos a 500 ciclos térmicos, realizados em máquina de ciclagem (MSTC-3; Marcelo Nucci ME, São Carlos, SP), com banhos de 30 segundos em água destilada à temperatura de 5 °C e 55 °C, com 3 segundos de intervalo de transferência entre os banhos. Os forames apicais foram então fechados com ionômero de vidro (Vidrión R; SS White, Rio de Janeiro, RJ) e todas as superfícies de cada amostra, impermeabilizadas com adesivo à base de cianoacrilato e duas camadas de esmalte de unha, exceto as restaurações e 1 mm ao redor delas. A seguir, os espécimes foram imersos em solução de azul de metileno a 2%, por 4 horas, e, depois, lavados em água corrente por 10 minutos.

Para determinação da penetração do corante, os espécimes foram incluídos em resina acrílica e receberam quatro cortes no sentido ocluso-gengival, conforme mostrado na Figura 2: um corte localizado a 0,5 mm do centro da restauração para a distal, outro a 0,5 mm do centro da restauração para a mesial, e outros dois cortes a 1 mm além dos anteriores. Com isso, foram geradas quatro interfaces para leitura, as quais foram avaliadas por dois examinadores cegos calibrados, sob aumento de 10X em microscópio óptico (Carl Zeiss), conforme os escores previamente estabelecidos e apresentados na Figura 3.

O maior escore de infiltração entre as fatias foi registrado como o escore do espécime. Quando discordância entre os

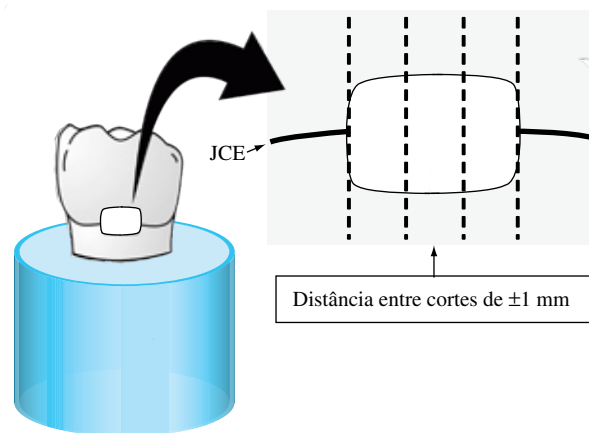


Figura 2. Representação dos cortes realizados para obtenção de fatias para leitura da infiltração do corante. JCE: junção cimento-esmalte.

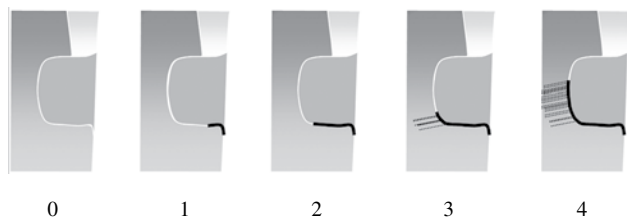


Figura 3. Escores adotados para a determinação do grau de infiltração na parede gengival das restaurações, com margens em dentina/cimento.

examinadores existia, um consenso era obtido. Não foram consideradas áreas de penetração do corante não advindo da interface analisada. Os dados foram submetidos ao teste não-paramétrico de Mann-Whitney, com nível de significância de 5%.

Resultado

Os valores médios do ensaio de microtração estão apresentados na Tabela 1. O teste-t de Student mostrou haver diferença significativa entre os grupos analisados, ou seja, foi observada maior resistência de união para a técnica de adesão úmida em comparação à técnica de adesão seca ($p = 0,001$). Os resultados da análise dos modos de falha estão apresentados na Tabela 2. Predominância de falhas adesivas foi verificada para ambas as técnicas de adesão. Não foram detectadas falhas coesivas para nenhum dos dois grupos. Os escores de penetração do corante são apresentados na Tabela 3. O teste de Mann-Whitney mostrou não haver diferença estatisticamente significativa de selamento das margens restauradoras entre os grupos ($p = 0,343$).

Discussão

Os achados do presente estudo mostram que, após desmineralização, a resistência de união à dentina úmida foi significativamente maior que à seca. Isto está de acordo com estudos prévios¹³⁻¹⁸, e a provável explicação para este fato está relacionada à zona de interdifusão resina/dentina formada durante a adesão. A qualidade da região hibridizada depende da condição do substrato em relação à facilidade de penetração dos monômeros resinosos¹⁹. Quando a dentina desmineralizada é seca, ocorrem colapso das fibras colágenas e estabelecimento de pontes de hidrogênio entre elas, contraindo e enrijecendo a malha de colágeno e levando à perda da configuração espacial tridimensional. Assim, há diminuição da permeabilidade dessa rede aos monômeros adesivos, o que leva à formação de uma ‘camada híbrida’, que é bem menos espessa e não propicia adequado selamento dos túbulos dentinários⁵.

Relatos prévios demonstram que é possível recriar os espaços interfibrilares da rede de colágeno colapsada para

Tabela 1. Resultados obtidos para a resistência de união à microtração (MPa), desvio-padrão (D.P.)

Grupo	n	Média ± D.P.
Dentina úmida	27	17,3 ± 11 a
Dentina seca	23	9,1 ± 6 b

Letras distintas indicam diferenças significativas (teste-t de Student, $p \leq 0,05$)

Tabela 2. Resultados da análise dos padrões de falha

Grupo	Padrão de falha		
	Adesiva	Mista	Coesiva
Dentina úmida	21	6	0
Dentina seca	21	2	0

Tabela 3. Distribuição e medianas dos escores de infiltração marginal

Grupo	Escore					Mediana
	0	1	2	3	4	
Dentina úmida	7	5	4	0	4	1,0 a
Dentina seca	3	6	5	5	1	2,0 a

Letras diferentes indicam diferenças significativas (teste de Mann-Whitney, $p \leq 0,05$)

infiltração do adesivo, principalmente por meio da utilização de água²⁰. Para isso, a combinação monômero/solvente deve ser capaz de quebrar as pontes de hidrogênio interpeptídicas e, assim, reexpandir a matriz dentinária. No entanto, sabe-se que apenas solventes com parâmetro de solubilidade maior que 19 ($J.cm^{-3}$)⁻² são capazes de quebrar tais ligações. Enquanto o parâmetro de solubilidade da água é de 37,3, o da acetona é de apenas sete²⁰. Isto explica a incapacidade do adesivo com solvente acetona utilizado neste estudo de reexpandir a matriz de colágeno e produzir valores de resistência de união comparáveis à técnica úmida.

No entanto, mesmo assumindo-se que a infiltração de monômeros foi menos efetiva para a técnica seca, ambos os grupos apresentaram predominância de falhas adesivas. Ou seja, valores de resistência de união maiores para a técnica úmida não refletiram em alteração do padrão de falha. Além disso, não foram detectadas falhas coesivas para nenhum dos dois grupos. Estes fatos sugerem que mesmo sobre a dentina úmida, onde a resistência adesiva foi maior, o sistema adesivo não foi capaz de proporcionar um embricamento mecânico com a dentina parcialmente mineralizada, abaixo da camada de colágeno, a ponto de ocorrerem falhas coesivas.

Os resultados deste estudo confirmam a importância da umidade dentinária na obtenção de maiores valores imediatos de resistência de união à dentina. Assim, se poderia esperar que a técnica de adesão úmida reduzisse também a infiltração marginal. No entanto, quanto à efetividade do selamento das

margens restauradoras, observou-se não haver diferença significativa entre as técnicas de união. Em concordância com este achado, Santini et al.¹², avaliando diferentes adesivos, verificaram ineficiente selamento marginal para todos os sistemas utilizados, sem diferença entre a técnica de adesão úmida e seca. Este resultado sugere que, mesmo em uma condição expandida da malha de colágeno, pode haver dificuldade de penetração do adesivo. De fato, recentemente foi relatado que a quantidade de água requerida para maximizar a resistência de união pode variar entre os sistemas de união⁸. Enquanto sistemas com solvente acetona requerem, em geral, superfícies mais úmidas, sistemas à base de água obtiveram melhores resultados em superfícies mais secas⁸.

As análises de microtração e infiltração marginal apresentaram resultados conflitantes no presente estudo, embora se deva destacar que foram realizados em espécimes diferentes. Não foi verificado melhor selamento marginal para a técnica de união que gerou os maiores valores de resistência de união. Este achado concorda com os de Cenci et al.²¹, que analisaram a relação entre ambas as metodologias, utilizando espécimes provenientes das mesmas restaurações Classe II, e não observaram qualquer relação entre as metodologias. Outros estudos também têm mostrado resultados conflitantes de infiltração e resistência adesiva²²⁻²⁴. Esta falta de relação pode ser atribuída a alguns fatores, sendo, o principal deles, a variabilidade dos resultados gerados por testes de penetração de corante. Embora amplamente utilizado, permanece a dúvida do potencial deste tipo de teste na avaliação da qualidade da adesão, e mesmo da implicação clínica de seus achados.

Em relação à relevância clínica dos resultados do presente estudo, parece plausível indicar que a adesão à dentina seja realizada por meio da técnica úmida quando um adesivo com solvente acetona é utilizado. Entretanto, o manejo da umidade adequada não é fácil de ser obtido. A discriminação de um grau adequado de umidade para materiais com diferentes solventes ainda é um desafio, uma vez que depende, entre outros fatores, do solvente utilizado, da interpretação das instruções dos fabricantes, do tempo e método de secagem e da habilidade do operador. Por outro lado, Dal-Bianco et al.⁷ afirmaram que a adesão à dentina desmineralizada seca pode ser uma opção para redução da quantidade de água incorporada na camada híbrida, e um modo de prover maior estabilidade à união⁹. Além disso, um estudo recente aponta que a aplicação de adesivos de frasco único, quando friccionados na superfície do substrato, é capaz de aumentar a resistência de união imediata à dentina seca⁷. Dessa forma, estudos adicionais são necessários para melhor elucidação desses fatos.

Conclusão

Resguardando-se as condições experimentais testadas e as limitações do presente estudo in vitro, pode-se concluir

que a técnica de adesão ao substrato úmido aumenta os valores imediatos de adesão à dentina, porém sem influência significativa sobre o selamento das margens restauradoras. Além disso, os diferentes métodos de avaliação da interface adesiva (microtração e infiltração marginal) apresentaram resultados conflitantes.

Referências

1. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res.* 1982;16:265-73.
2. Gwinnett AJ. Altered tissue contribution to interfacial bond strength with acid conditioned dentin. *Am J Dent.* 1994;7: 243-6.
3. Uno S, Finger WJ. Function of the hybrid zone as a stress-absorbing layer in resin-dentin bonding. *Quintessence Int.* 1995;26:733-8.
4. Spencer P, Wang Y. Adhesive phase separation at the dentin interface under wet bonding conditions. *J Biomed Mater Res.* 2002;62:447-56.
5. Tay FR, Gwinnett JA, Wei SH. Micromorphological spectrum from overdrying to overwetting acid-conditioned dentin in water-free acetone-based, single-bottle primer/adhesives. *Dent Mater.* 1996;12:236-44.
6. De Goes MF, Pachane GC, García-Godoy F. Resin bond strength with different methods to remove excess water from the dentin. *Am J Dent.* 1997;10:298-301.
7. Dal-Bianco K, Pellizzaro A, Patzlaft R, Bauer JR, Loguercio AD, Reis A. Effects of moisture degree and rubbing action on the immediate resin-dentin bond strength. *Dent Mater.* 2006;22:1150-6.
8. Reis A, Loguercio AD, Azevedo CL, Carvalho RM, Singer JM, Grande RH. Moisture spectrum of demineralized dentin for different solvent-based adhesive system. *J Adhes Dent.* 2003;5:183-92.
9. Reis A, Loguercio AD, Carvalho RM, Grande RH. Durability of resin-dentin interfaces: effects of moisture and adhesive solvent component. *Dent Mater.* 2004;20:669-76.
10. Santini A, Mitchell S. Microleakage of composite restorations bonded with three new dentin bonding agents. *J Esthet Dent.* 1998;10:296-304.
11. Santini A, Mitchell S. Effect of wet and dry bonding techniques on marginal leakage. *Am J Dent.* 1998;11:219-24.
12. Santini A, Plasschaert AJ, Mitchell S. Marginal leakage of filled dentin adhesives used with wet and dry bonding techniques. *Am J Dent.* 2000;13:93-7.
13. Gwinnett AJ. Moist versus dry dentin: its effect on shear bond strength. *Am J Dent.* 1992;5:127-9.
14. Hashimoto M, Tay FR, Svizero NR, de Gee AJ, Feilzer AJ, Sano H, et al. The effects of common errors on

- sealing ability of total-etch adhesives. *Dent Mater.* 2006;22:560-8.
15. Munksgaard EC. Wet or dry, normal or deproteinized dentin surfaces as substrate for dentin adhesives. *Acta Odontol Scand.* 2002;60:60-4.
 16. Nakajima M, Sano H, Zheng L, Tagami M, Pashley DH. Effect of moist vs. dry bonding to normal vs. caries-affected dentin with Scotchbond Multi-Purpose Plus. *J Dent Res.* 1999;78:1298-303.
 17. Perdigão J, Van Meerbeek B, Lopes MM, Ambrose WW. The effect of a re-wetting agent on dentin bonding. *Dent Mater.* 1999;15:282-95.
 18. Zhang ZX, Huang C, Zheng TL, Wang SA, Cheng XR. Effects of residual water on microtensile bond strength of one-bottle dentin adhesive systems with different solvent bases. *Chin Med J.* 2005;118:1623-8.
 19. Tay FR, Gwinnett AJ, Pang KM, Wei SH. Structural evidence of a sealed tissue interface with a total-etch wet-bonding technique in vivo. *J Dent Res.* 1994;73:629-36.
 20. Pashley DH, Carvalho RM, Tay FR, Agee KA, Lee KW. Solvation of dried dentin matrix by water and other polar solvents. *Am J Dent.* 2002;15:97-102.
 21. Cenci MS, Demarco FF, Carvalho RM. Class II composite resin restorations with two polymerization techniques: relationship between microtensile bond strength and marginal leakage. *J Dent.* 2005;33:603-10.
 22. Retief DH, Mandras RS, Russel CM. Shear bond strength required to prevent microleakage at the dentin/restoration interface. *Am J Dent.* 1994;7:44-6.
 23. Okuda M, Pereira PN, Nakajima M, Tagami J, Pashley DH. Long-term durability of resin dentin interface: nanoleakage vs microtensile bond strength. *Oper Dent.* 2002;27:289-96.
 24. Guzman-Ruiz S, Armstrong SR, Cobb DS, Vargas MA. Association between microtensile bond strength and leakage in the indirect resin composite/dentin adhesively bonded joint. *J Dent.* 2001;29:145-53.