

Artigo Original de Pesquisa

Original Research Article

Resistência coesiva de resinas compostas *bulk-fill* com diferentes viscosidades e profundidades de polimerização

Ultimate tensile strength of bulk-fill composites with different viscosities and polymerization depths

Jardel Dorigon dos Santos¹

Roberto César do Amaral²

Autor para correspondência:

Jardel Dorigon dos Santos

Rua Maria Eduarda, n. 127, apto 102 – Pantanal

CEP 88040250 – Florianópolis – SC – Brasil

E-mail: jardel.dorigon@gmail.com

¹ Departamento de Odontologia, Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis – SC – Brasil.

² Departamento de Odontologia, Centro Universitário Unisociesc – Florianópolis – SC – Brasil.

Data de recebimento: 5 fev. 2020. Data de aceite: 26 maio 2020.

Palavras-chave:

resina composta;
resistência à tração;
polimerização.

Resumo

Introdução: As resinas compostas *bulk-fill* vêm sendo cada vez mais utilizadas na prática clínica diária como material restaurador, por sua facilidade de aplicação. **Objetivo:** Avaliar a resistência coesiva (RC) de resinas compostas *bulk-fill* com diferentes viscosidades e em diferentes espessuras de polimerização. **Material e métodos:** Foram utilizadas cinco resinas compostas: um compósito convencional nano-híbrido, como controle, Opallis [OPL]; duas resinas *bulk-fill* de baixa viscosidade, Surefil SDR flow [SDR] e Filtek Bulk Fill flow [FBF]; e duas resinas *bulk-fill* de alta viscosidade, Tetric N-Ceram Bulk Fill [TEB] e Filtek One Bulk Fill [FB]. Uma matriz de silicone com 6,0 mm de profundidade foi preparada. A matriz foi preenchida com as resinas compostas em incremento único e fotoativada da superfície para a base por 20 s, com um aparelho *polywave* aferido em 1550 mW/cm². Após a obtenção dos corpos de prova (CPS) em forma de ampulheta, estes foram seccionados em três partes e separados em

superior (2,0 mm), médio (4,0 mm) e inferior (6,0 mm). Os ensaios mecânicos foram feitos em uma máquina de ensaios universais (EMIC) e tracionados à velocidade de 1,0 mm/minuto. Analisaram-se os dados obtidos com *2-way* Anova e o *post-hoc* teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). **Resultados:** Todas as resinas compostas *bulk-fill* testadas demonstram valores de resistência coesiva estatisticamente superiores à resina composta OPL (controle) em todas as profundidades de polimerização ($p < 0,05$). Dentre as resinas compostas *bulk-fill*, SDR demonstrou os maiores valores de RC nas três profundidades de polimerização: superfície, média e base. Na profundidade da base (6,0 mm) de todos os grupos testados ocorreu uma significativa diminuição nos valores de RC ($p < 0,05$). **Conclusão:** Diante de ensaios mecânicos de RC, a resina composta tradicional utilizada como controle confirmou que seu uso é restrito a incrementos de no máximo 2,0 mm. As resinas *bulk-fill* apresentam um excelente desempenho, podendo ser utilizadas em incrementos de até 6,0 mm, profundidade média de cavidades classe II.

Keywords:

resin composite;
tensile strength;
polymerization.

Abstract

Introduction: The use of bulk-fill composite resins as a restorative material has been increased in daily clinical practice for its ease of application. **Objective:** The present study aims to evaluate the cohesive strength (RC) of bulk-fill composite resins with different viscosities and different polymerization thicknesses. **Material and methods:** Five composite resins were used: a conventional nanohybrid composite as control, Opallis [OPL], two low viscosity bulk-fill resins, Surefil SDR flow [SDR] and Filtek Bulk Fill flow [FBF] and two high viscosity bulk-fill resins: Tetric N-Ceram Bulk Fill [TEB] and Filtek One Bulk Fill [FB]. A 6.0 mm deep silicone matrix was prepared. The matrix was filled with resins composed in single increment and photoactivated from surface to base for 20s, with a polywave device measured at 1550 mW/cm². After obtaining the hourglass-shaped specimens (cps), they were divided into three parts and separated into an upper one (2.0 mm); (4.0 mm) and lower (6.0 mm). Mechanical tests were performed in a universal testing machine (EMIC) and at a speed of 1.0 mm/min. The data obtained were analyzed with 2-way ANOVA and Tukey's test ($\alpha = 0.05$). **Results:** All tested bulk-fill composite resins demonstrated statistically higher cohesive strength values than OPL (control) composite resin at all polymerization depths ($p < 0.05$). Among the bulk-fill composite resins, SDR demonstrated the highest RC values at the 3 polymerization depths: surface, medium and base. At the base depth (6.0 mm) of all groups tested there was a significant decrease in CR values ($p < 0.05$). **Conclusion:** The traditional composite resin used as a control confirmed that its use is restricted in increments of up to 2.0 mm. Bulk-fill resins have excellent performance, can be used in increments of up to 6.0 mm, average depth of class II cavities.

Introdução

As restaurações em resinas compostas são as mais escolhidas pelos pacientes, por suas propriedades estéticas [2]. Inicialmente, elas apresentavam inconvenientes, como menor resistência mecânica, em comparação ao amálgama, e maior contração de polimerização se utilizadas de forma inadequada, o que poderia acarretar alguns problemas, como o deslocamento do material da cavidade, infiltração marginal e cárie secundária [4].

A demanda por esse procedimento restaurador e a melhoria das propriedades mecânicas permitiram que esse material fosse usado para restaurar dentes posteriores [11]. Resinas convencionais podem ser empregadas, entretanto os incrementos devem ser de no máximo 2 mm para uma conversão em polímeros satisfatória, tornando o procedimento mais demorado e trabalhoso [11]. Essa dimensão do incremento é utilizada para minimizar a contração de polimerização [18, 28] e pela limitação de conversão do compósito convencional [22, 31].

Compósitos *bulk-fill* podem ser polimerizados em incremento único de até 4 a 5 mm [5, 12, 29], sendo uma opção mais rápida em comparação à técnica incremental [15, 23]. No mercado são encontrados materiais de baixa viscosidade, em que a última camada deve ser com resina convencional, e de alta viscosidade, com maior quantidade de carga inorgânica, podendo ser esculpida.

O ensaio de microtração consegue analisar propriedades mecânicas dos materiais, analisando a resistência coesiva, conferindo um parâmetro para relacionar com os resultados clínicos [7, 20]. Esse tipo de teste demonstra uma melhor distribuição do estresse gerado [20]. Grau de conversão com técnicas espectroscópicas, microdureza, módulo de elasticidade, contração pós-gel e tensão flexural são outras formas de avaliar a resistência mecânica obtida posteriormente à polimerização [1, 3, 10, 19, 25].

A descrição mecânica das resinas *bulk-fill* é necessária para entendimento do seu comportamento durante o ato mastigatório. Os ensaios de RC como forma de avaliação laboratorial é uma maneira de prever como será seu desempenho em testes clínicos com os compósitos em alta e baixa viscosidade [7].

Dessa maneira, o objetivo deste estudo é avaliar a resistência coesiva de uma resina nano-híbrida, duas resinas *bulk-fill flow* e duas resinas *bulk-fill* esculpíveis disponíveis atualmente no mercado.

Material e métodos

Desenho experimental

Este estudo utilizou cinco diferentes resinas compostas para avaliar se o tipo do compósito (tradicional, *bulk-fill* de baixa viscosidade com consistência *flow*, *bulk-fill* de alta viscosidade com consistência esculpível) influencia nas propriedades mecânicas em diferentes espessuras de polimerização. Os materiais foram alocados em cinco grupos:

- OPL (grupo controle): resina composta tradicional nano-híbrida Opallis (FGM, Joinville, SC, Brasil);
- SDR: resina composta *bulk-fill flow* de baixa viscosidade Surefil SDR Flow (Dentsply, Konstaz, Alemanha);
- FBF: resina composta *bulk-fill flow* de baixa viscosidade Filtek Bulk Fill Flow (3M ESPE, St. Paul, Estados Unidos da América);
- TEB: resina composta *bulk-fill* de alta viscosidade Tetric N-Ceram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein);
- FB: resina composta *bulk-fill* de alta viscosidade Filtek One Bulk Fill (3M ESPE, St. Paul, Estados Unidos da América).

Confecção dos corpos de prova

Para o estudo confeccionou-se uma matriz de silicone em formato de ampulheta (3 x 2 x 6), com a parte densa de uma silicona de adição (Adsil, Vigodent, SP, Brasil). Os compósitos foram inseridos dentro da matriz de silicone em incremento único, cobertos com uma tira de poliéster, para que o oxigênio não inibisse a camada superficial, e polimerizados pelo tempo de 20 segundos. A fotoativação foi feita com um aparelho LED (BluePhase N – Ivoclar Vivadent) aferido em 1550 mW/cm², a mais alta irradiação de luz que o aparelho conseguiu proporcionar, aferido por um radiômetro Demetron (Kerr, Orange, Estados Unidos da América) sempre ao centro da matriz, com uma única ativação por espécime. Os CPS foram removidos cuidadosamente da matriz e armazenados a seco em um recipiente escuro, vedado da luz, a 37°C por 24 horas, para que não houvesse nenhuma interferência na polimerização do material.

Foram preparados 10 CPS em forma de ampulheta para cada resina composta testada (n = 10). Na sequência os espécimes foram colados

com cianocrilato Super Bond Gel (Locitec, São Paulo, Brasil) no sentido vertical em um dispositivo e acoplados a uma máquina de corte Labcut 1010 de tal maneira que ficassem perpendiculares ao eixo de um disco diamantado de corte. Realizaram-se dois cortes para obtenção das porções superficial (2,0 mm), média (4,0 mm) e base (6,0 mm) (figura 1).

RESISTÊNCIA COESIVA

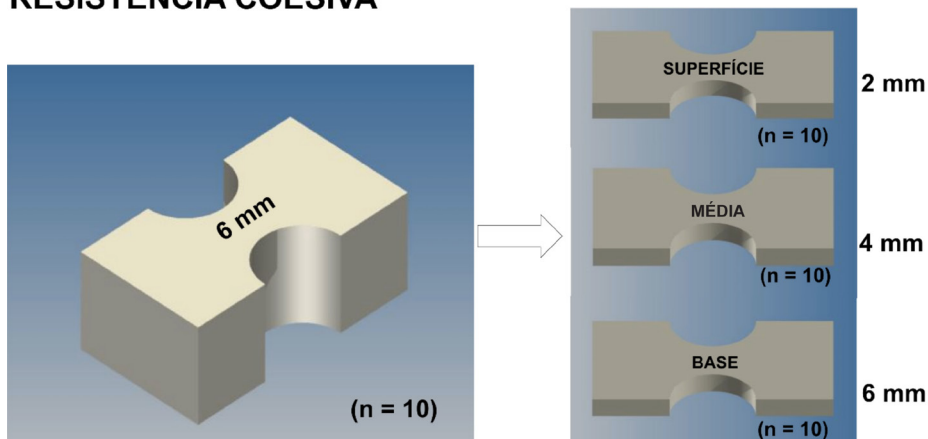


Figura 1 - Desenho esquemático da obtenção dos corpos de prova

Ensaio mecânico de resistência coesiva

A área de secção transversal de CPS foi mensurada com um paquímetro digital Mitutoyo (Tóquio, Japão). Os espécimes foram fixados com cola de cianoacrilato em uma garra de Geraldeli e levados em posição para serem tensionados em uma máquina de ensaios universais - EMIC (São José dos Pinhais, Paraná, Brasil), a uma velocidade de 1,0 mm/min, até que houvesse a ruptura. Os resultados foram registrados em MPa.

Na tabela I estão os principais dados das resinas compostas testadas no estudo.

Tabela I - Composição, fotoiniciador, cor e lote dos compósitos dos grupos testados

Material e fabricante	Abreviação	Tipo de compósito	Composição	Cor e lote
Opallis (FGM)	OP	Resina composta nano-híbrida	Bis-GMA, BISEMA, TEGDMA, UDMA, CQ, silano, vidro de bário-alumínio silicato silanizado, pigmentos e sílicas	EA2 (050914)
Surefil SDR Flow (Dentsply)	SDR	<i>Bulk-fill</i> de baixa viscosidade <i>flow</i>	Vidro de bário boro flúor alumínio silicato, vidro de estrôncio alumínio flúor silicato, dimetacrilato uretano modificado, EBPADMA, TEGDMA, CQ, butil-hidroxitolueno, dióxido de titânio	Universal (863391F)
Filtek Bulk Fill Flow (3M ESPE)	FBF	<i>Bulk-fill</i> de baixa viscosidade <i>flow</i>	Cerâmica silanizada, UDMA, dimetacrilato substituído, BISEMA, fluoreto de itérbio, BISGMA, benzotriazol, TEGDMA, CQ	A3 (1533700692)
Tetric N-Ceram Bulk Fill (Ivoclar-Vivadent)	TEB	<i>Bulk-fill</i> alta viscosidade esculpível	Vidro de bário, pré-polímero, trifluoreto de etérbio, aditivos, estabilizadores e pigmentos, Ivocerim	IVA (U038089)
Filtek One Bulk Fill (3M ESPE)	FB	<i>Bulk-fill</i> de alta viscosidade esculpível	Cerâmica silanizada, UDMA, uretano dimetacrilato aromático, sílica, CQ	A3 (15211500381)

Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de *2-way* Anova, considerando os fatores “resina composta” e “profundidade”, seguido de um *post-hoc* teste de Tukey, para verificar a interação entre os fatores e detectar entre quais grupos específicos estão as diferenças. O nível de significância foi de 5%, e usou-se como programa o *software* estatístico IBM SPSS versão 20.0.0 (Armonk, NY, Estados Unidos da América).

Resultados

A média dos valores de resistência coesiva obtidos para os diferentes grupos de resina composta testados nas diferentes profundidades de polimerização está exposta na tabela II. O teste de *2-way* Anova demonstrou diferenças estatisticamente significantes para os fatores “resina composta” ($p = 0,0214$) e “profundidade” ($p = 0,0001$). Diante da análise verificou-se interação entre os dois fatores “resina composta” e “profundidade” ($p = 0,0042$).

Tabela II - Média e (desvio padrão) dos valores de resistência coesiva em MPa das diferentes resinas compostas testadas em diferentes profundidades

	Superfície (2 mm)	Média (4 mm)	Base (6 mm)
Opallis (OPL)	18,57 (7,3) Ca	11,5 (8,6) Cb	0,0 (0,0) Cc
Surefil SDR (SDR)	42,8 (10,2) Aa	37,4 (9,8) Aa	32,9 (10,6) Ab
Filtek Bulk Fill Flow (FBF)	35,2 (7,0) Ba	30,1 (5,4) Ba	25,6 (11,2) Bb
Tetric N-Ceram Bulk Fill (TEB)	39,5 (9,4) ABa	30,6 (5,9) Bb	27,9 (15,9) ABb
Filtek One Bulk Fill (FB)	33,2 (8,1) Ba	29,2 (19,2) ab	27,9 (15,9) ABab

Média seguida por diferentes letras (letras maiúsculas: coluna; letras minúsculas: linha) é significativamente diferente pelo teste de Tukey, com nível de significância de 5%

A resina composta SDR demonstrou os maiores valores de resistência coesiva, independentemente da profundidade de polimerização. O compósito tradicional nano-híbrido OPL, utilizado como grupo controle, apresentou valores estatisticamente inferiores ($p < 0,05$) aos das outras resinas compostas testadas, mesmo em 2,0 mm, conforme recomenda o fabricante.

A resina composta OPL na base, profundidade de 6,0 mm, não polimerizou e os valores atribuídos para a análise estatística foram zero. Em uma comparação direta entre as RC esculpíveis, a TEB teve valores superiores aos da FB apenas na porção superficial (2,0 mm) ($p < 0,05$). Nas porções média (4,0 mm) e base (6,0 mm) não foram verificadas diferenças significantes ($p > 0,05$).

Discussão

A utilização de materiais de incremento único é desejável, pois facilita a prática restauradora. Porém algumas preocupações devem ser levadas em conta na hora da indicação [6]. As resinas *bulk-fill* estão cada vez mais indicadas para restaurações de amplas cavidades de dentes posteriores, tais

como cavidades classe II MOD. Nesse tipo de cavidade ocorre a necessidade de uma quantidade significativa de material e a luz emitida pelo aparelho fotopolimerizador necessita de intensidade suficiente para atingir toda a massa do material até a base da cavidade [27].

Os fabricantes recomendam o uso dos compósitos *bulk-fill* em incrementos de 4 a 5 mm. Estudos comprovam que em amplas restaurações de classe II a distância da ponta do aparelho fotoiniciador até a base da caixa proximal possui entre 5 e 7 mm quando o aparelho é corretamente posicionado [24]. Se o aparelho for afastado da cavidade, tal distância aumenta e conseqüentemente na base a luz não alcança, o que compromete as propriedades mecânicas dos compósitos. Assim, é fundamental que a intensidade de luz consiga adentrar e ativar maior quantidade de moléculas fotoiniciadoras possível [24, 26]. Esse fato conduziu o delineamento do presente estudo, em que se simularam cavidades amplas e profundas com 6,0 mm, para avaliar se a luz é capaz de penetrar nessa espessura e converter os monômeros em polímeros nas resinas compostas *bulk-fill*. Os resultados demonstraram um excelente desempenho nos grupos SDR e FBF, e mesmo em 6,0 mm a luz foi capaz de penetrar, realizando uma conversão significativa.

A avaliação das propriedades mecânicas dos compósitos *bulk-fill* de consistência *flow*, baixa viscosidade e esculpível (alta viscosidade) por meio da resistência coesiva é fundamental para o entendimento do comportamento do material durante a mastigação [7, 25]. O fator que leva à indicação de as resinas compostas *bulk-fill* serem utilizadas em incrementos maiores que o compósito tradicional é a translucidez. Esta depende da quantidade e do tamanho das partículas de carga na composição do material, o que interfere diretamente na refração da luz dentro do incremento imediatamente à polimerização [12, 17]. Outra razão é a presença de nanopartículas que não dissipam ou possuem uma absorção limitada da luz visível, o que também aumenta a translucidez [12, 14].

A resina composta OPL apresentou o menor valor em todas as profundidades, com diferença estatisticamente significativa em todos os grupos. A camada de base (6,0 mm) foi descartada por não conseguir fotopolimerização satisfatória para os testes de microtração. Na camada média (4 mm) houve a polimerização, porém os valores obtidos foram muito inferiores aos demais. Esse resultado vai ao encontro do estudo de Rueggeberg *et al.* [27], que afirmam que a espessura de cada incremento de compósitos tradicionais deve ser de no máximo 2,0 mm desde que o aparelho ativador consiga alcançar uma densidade de energia de 16-24 J/cm².

Illie *et al.* [14] destaca que o aumento na distância da ponteira do fotopolimerizador diminui em até 70% a intensidade de luz nas camadas mais profundas, gerando uma deficiência na ativação dos fotoiniciadores. Esse resultado corrobora com o presente estudo, em que os espécimes de base de todas as marcas apresentaram valores estatísticos menores em comparação aos CP de superfície e médio, confirmando menor conversão de monômeros em polímeros, diminuindo a RC.

A resina composta SDR, primeira do mercado, é indicada em camadas de até 4 mm. Uma camada adicional de um compósito tradicional é sugerida para melhorar o seu desempenho, porque resinas *flow* possuem menos partículas de carga e não devem ficar em contato direto com o dente antagonista, por causa das forças mastigatórias [13]. Essa sugestão também deve ser aplicada às demais resinas compostas *bulk-fill* de baixa viscosidade. No entanto os materiais *bulk-fill* de alta viscosidade possuem uma maior quantidade de carga inorgânica, o que lhes confere uma característica de maior viscosidade, tornando-os passíveis de serem esculpidos e suportando as cargas oclusais [10]. Diante disso, a avaliação das propriedades mecânicas dessa nova classe de

resinas compostas, tanto das esculpíveis quanto das *flow*, torna-se fundamental para prever o comportamento de tais materiais em amplas cavidades em boca.

Os resultados para SDR em todos os espécimes foram maiores quando comparados aos das demais marcas. Isso se explica pela menor quantidade de carga e maior tamanho desta (>20 µm), o que reduz a interface entre resina-carga, fazendo com que a luz penetre com maior facilidade, ativando maior quantidade de fotoiniciadores.

O compósito TEB apresentou valores semelhantes aos da SDR, sem diferença estatística significativa. O diferencial desse material é a molécula fotoiniciadora alternativa à canforoquinona presente na maioria dos compósitos. Esse novo fotoiniciador é uma molécula patenteada chamada Ivocerin®, oriundo do germânio, e possibilita uma maior absorção de luz visível e alta fotorreatividade. Sendo assim, uma reação polimérica mais rápida e profunda vai ocorrer. Diante de nossos resultados para a TEB, podem-se correlacionar os altos valores mesmo na base (6,0 mm) com a presença desse fotoiniciador. Além disso, por não possuir canforoquinona, apresenta um aspecto mais claro, o que possibilita restaurações em dentes clareados sem prejudicar a estética [8, 9].

Os compósitos *bulk-fill* de baixa viscosidade possuem uma maior facilidade de aplicação em cavidades mais amplas em virtude de sua maior capacidade de escoamento, proporcionando uma melhor adaptação. Todo material com consistência *flow* possui menos partículas de carga na sua composição, fato que pode favorecer a passagem de luz até a porção mais profunda de uma restauração [7, 18]. Isso pode ser verificado nos resultados obtidos com as duas resinas *bulk-fill flow* testadas. Além disso, Van Dijken e Pallesen [30] realizaram um estudo clínico comparando as técnicas incrementais e *bulk-fill* e em três anos não foram encontradas diferenças significativas entre os dois métodos, tendo a fratura como falha mais comum encontrada.

Conclusão

Diante dos resultados obtidos e das limitações do presente estudo, conclui-se que as resinas compostas *bulk-fill* demonstraram excelente desempenho diante da avaliação de suas propriedades mecânicas, além de espessuras incrementais de 6,0 mm terem desempenho similar ao de 4,0 mm, padrão desse tipo de compósito e distância média em restaurações classe II.

Referências

1. Abbas G, Fleming GJ, Harrington E, Shortall AC, Burke FJ. Cuspal movement and microleakage in premolar teeth restored with a packable composite cured in bulk or in increments. *J Dent.* 2003;31(6):437-44.
2. Baratieri LN, Monteiro JS, Melo TS. *Odontologia restauradora: fundamentos & técnicas.* São Paulo: Santos; 2010.
3. Bicalho AA, Pereira RD, Zanatta RF, Franco SD, Tantbirojn A, Vesluis A et al. Incremental filling technique and composite material - part I: cuspal deformation, bond strength, and physical properties. *Oper Dent.* 2014;39(2):71-82.
4. Cenci M, Demarco F, Carvalho R. Class II composite resin restorations with two polymerization techniques: relationship between microtensile bond strength and marginal leakage. *J Dent.* 2005;33(7):603-10.
5. Czasch P, Ilie N. In vitro comparison of mechanical properties and degree of cure of bulk fill composites. *Clin Oral Investig.* 2013;17(1):227-35.
6. Ende AV, Munck JD, Landuyt KLV, Poitevin A, Peumans M, Meerbeek BV. Bulk-filling of high C-factor posterior cavities: Effect on adhesion to cavity-bottom dentin. *Dent Mater.* 2013;29(3):269-77.
7. Fronza BM, Rueggeberg FA, Braga RR, Mogilevych B, Soares LE, Martins AA et al. Monomer conversion, microhardness, internal marginal adaptation, and shrinkage stress of bulk-fill resin composites. *Dent Mater.* 2015;31(12):1542-51.
8. Ganster B, Fischer UK, Moszner N, Liska R. New photocleavable structures, 4. Acylgermane-based photoinitiator for visible light curing. *Macromol Rapid Commun.* 2008;29(1):57-62.
9. Ganster B, Fischer UK, Moszner N, Liska R. New photocleavable structures, Diacylgermane-based photoinitiators for visible light curing. *Macromolecules.* 2008;41(7):2394-400.
10. Goracci C, Cadenaro M, Fontanive L, Giangrosso G, Juloski J, Vichi A et al. Polymerization efficiency and flexural strength of low-stress restorative composites. *Dent Mater.* 2014;30(6):688-94.
11. Hashimoto M, Ohno H, Sano H, Kaga M, Oguchi H. Degradation patterns of different adhesives and bonding procedures. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2003;66(1):324-30.
12. Ilie N, Bucuta S, Draenert M. Bulk-fill resin-based composites: an in vitro assessment of their mechanical performance. *Oper Dent.* 2013;38(6):618-25.
13. Ilie N, Hickel R. Investigations on a methacrylate-based flowable composite based on the SDR technology. *Dent Mater.* 2011;27(4):348-55.
14. Ilie N, Keßler A, Durner J. Influence of various irradiation processes on the mechanical properties and polymerisation kinetics of bulk-fill resin based composites. *J Dent.* 2013;41(8):695-702.
15. Jang JH, Park SH, Hwang IN. Polymerization shrinkage and depth of cure of bulk-fill resin composites and highly filled flowable resin. *Oper Dent.* 2015;40(2):172-80.
16. Kim JJ, Moon HJ, Lim BS, Lee YK, Rhee SH, Yang HC. The effect of nanofiller on the opacity of experimental composites. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2007;80(2):332-8.
17. Lee YK. Influence of filler on the difference between the transmitted and reflected colors of experimental resin composites. *Dent Mater.* 2008;24(9):1243-7.
18. Leprince JG, Leveque P, Nysten B, Gallez B, Devaux J, Leloup G. New insight into the "depth of cure" of dimethacrylate-based dental composites. *Dent Mater.* 2012;28(5):512-20.
19. Leprince JG, Palin WM, Vanacker J, Sabbagh J, Devaux J, Leloup G. Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites. *J Dent.* 2014;42(8):993-1000.
20. Manhart J, Chen HY, Neuerer P, Thiele L, Jaensch B, Hickel R. Clinical performance of the posterior composite *QuiXfil* after 3, 6, and 18 months in class 1 and 2 cavities. *Quintessence Int.* 2008;39(9):757-65.
21. Marovic D, Taubock TT, Attin T, Panduric V, Tarle Z. Monomer conversion and shrinkage force kinetics of low-viscosity bulk-fill resin composites. *Acta Odontol Scand.* 2014;73(6):474-80.
22. Opdam NJ, Bronkhorst EM, Loomans BA, Huysmans MC. 12-year survival of composite vs. amalgam restorations. *J Dent Res.* 2010;89(10):1063-67.
23. Park J, Chang J, Ferracane J, Lee IB. How should composite be layered to reduce shrinkage stress: incremental or bulk filling? *Dent Mater.* 2008;24(11):1501-5.

24. Price RB, Felix CA. Effect of delivering light in specific narrow bandwidths from 394 to 515 nm on the micro-hardness of resin composites. *Dent Mater.* 2009;25(7):899-908.
25. Rosatto CMP, Bicalho AA, Veríssimo C, Bragança GF, Rodrigues MP, Tantbirojn D et al. Mechanical properties, shrinkage stress, cuspal strain and fracture resistance of molars restored with bulk-fill composites and incremental filling technique. *J Dent.* 2015;43(12):1519-28.
26. Rueggeberg FA. State-of-the-art: dental photocuring – a review. *Dent Mater.* 2011;27(1):39-52.
27. Rueggeberg FA, Caughman WF, Chan DCN. Novel approach to measure composite conversion kinetics during exposure with stepped or continuous light curing. *J Esthet Dent.* 1999;11:197-205.
28. Shortall AC, Palin WM, Burtscher P. Refractive index mismatch and monomer reactivity influence composite curing depth. *J Dent Res.* 2008;87(1):84-8.
29. Tiba A, Zeller GG, Estrich CG, Hong A. A laboratory evaluation of bulkfill versus traditional multi-increment-fill resin-based. *JADA.* 2013;144(10):1182-3.
30. Van Dijken JW, Pallesen U. Randomized 3-year clinical evaluation of class I and II posterior resin restorations placed with a bulk-fill resin composite and a one-step self-etching adhesive. *J Adhes Dent.* 2015;17(1):81-8.
31. Van Nieuwenhuysen JP, D'Hoore W, Carvalho J, Qvist V. Long-term evaluation of extensive restorations in permanent teeth. *J Dent.* 2003;31(6):395-405.