

Resistência à Compressão de Cimentos de Ionômero de Vidro Restauradores Encapsulados

Compressive Tensile Strength of Encapsulated Restorative Glass-Ionomer Cements

Marta Bersani Chammas^{a*}; Natalia Valarini^b; Sandra Mara Maciel^c; Regina Célia Poli-Frederico^d; Paula Vanessa Pedron Oltramari-Navarro^e; Ana Claudia de Castro Ferreira Conti^f

Resumo

O objetivo deste estudo foi comparar a Resistência à Compressão (RC) de três Cimentos de Ionômero de Vidro (CIVs) restauradores encapsulados: convencional de alta resistência (Riva Self Cure/SDI); modificado por resina (Riva Light Cure/SDI) e reforçado com liga de prata (Riva Silver/SDI). Seis corpos-de-prova foram confeccionados para cada CIV a ser testado, em matrizes de aço inoxidável com 4,0 mm de diâmetro e 6,0 mm de altura. Os corpos-de-prova foram armazenados em recipientes plásticos, com água destilada, e mantidos em estufa a 37°C e 100% de umidade por 7 dias e, então, submetidos aos ensaios de RC, em uma máquina de Ensaio Universal (EMIC DL 500) à velocidade de 1,0 mm/min. Os dados obtidos foram submetidos aos testes ANOVA a um critério e Tukey para comparações múltiplas ($\alpha = 0,05$). Os valores médios e desvio-padrão, em MPa, foram de: 226,17 \pm 10,23 (CIV convencional de alta resistência); 226,55 \pm 26,87 (CIV reforçado com liga de prata) e 182,64 \pm 7,89 (CIV modificado por resina). Constatou-se diferença estatisticamente significativa entre o cimento convencional de alta resistência e o modificado por resina ($P = 0,001$), bem como entre o cimento com liga de prata e o modificado por resina ($P = 0,001$). Não foi observada diferença estatisticamente significativa entre o cimento convencional de alta resistência e o de liga de prata ($P = 0,999$). O Cimento de Ionômero de Vidro convencional de alta resistência e o reforçado com liga de prata apresentaram Resistência à Compressão similares entre si e superior ao Cimento de Ionômero de Vidro modificado por resina.

Palavras-chave: Cimentos de Ionômeros de Vidro. In Vitro. Propriedades Mecânicas.

Abstract

The aim of this study was to compare the compressive tensile strength (CS) of three encapsulated restorative glass ionomer cements (GICs): conventional high strength (Riva Self Cure/SDI), resin modified (Riva Light Cure/SDI), and silver-alloy reinforced (Riva Silver/SDI). Six disk specimens were fabricated for each GIC tested in stainless steel matrices with 4.0 mm diameter and 6.0 mm height. Specimens were stored in distilled water at 37° C and 100% of humidity for 7 days, and were then submitted to the CS test in a universal machine (EMIC DL 500), at a crosshead speed of 1.0 mm/min until failure occurred. Data were submitted to one-way ANOVA and Tukey tests ($\alpha = 0.05$). Mean values and standard deviations, in MPa, were: 226.17 \pm 10.23 (conventional high strength GIC); 226.55 \pm 26.87 (silver-alloy reinforced GIC) and 182.64 \pm 7.89 (resin modified GIC). Statistically significant differences were detected between the conventional high strength and the resin modified GICs ($P = 0.001$), and between the silver-alloy reinforced and the resin modified GICs ($P = 0.001$). No significant differences in CS were detected between the high-strength conventional and the silver-alloy reinforced GICs ($P = 0.999$). The high-strength and silver-alloy reinforced GICs showed similar compressive tensile strength, which was higher than that registered for the resin modified GIC.

Keywords: Glass Ionomer Cements. In Vitro. Mechanical Properties.

^a Graduanda em Odontologia. Universidade Estadual de Maringá (UEM). E-mail: martabersani@hotmail.com.

^b Mestanda em Odontologia – Universidade Norte do Paraná (UNOPAR). E-mail: naty.valarini@gmail.com

^c Doutora em Saúde Pública. Universidade de São Paulo (USP). Docente da Universidade Norte do Paraná (UNOPAR) e Universidade Estadual de Maringá (UEM). E-mail: sanmaciel@sercomtel.com.br

^d Doutora em Ciências Biológicas. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Docente da Universidade Norte do Paraná (UNOPAR). E-mail: reginafrederico@yahoo.com.br

^e Doutora em Odontologia – Universidade de São Paulo (USP). Docente da Universidade Norte do Paraná (UNOPAR). E-mail: pvoltramari@hotmail.com

^f Doutora em Odontologia – Universidade de São Paulo (USP). Docente da Universidade Norte do Paraná (UNOPAR). E-mail: accfconti@uol.com.br

* Endereço para correspondência: Rua Felipe Camarão, 688, Zona 2. CEP. 87.010-330. Maringá – PR.

1 Introdução

Desde o desenvolvimento dos Cimentos de Ionômero de Vidro (CIVs), no início da década de 70, a partir da associação dos cimentos de silicato e policarboxilato de zinco,

avanços significativos têm sido obtidos, tornando-os materiais clinicamente atraentes e largamente utilizados na Odontologia^{1,2,3,4}.

O aumento na utilização dos CIVs é decorrente de suas características vantajosas, tais como: liberação de flúor, adesão às estruturas dentárias, coeficiente de expansão térmica similar ao da estrutura dentária e biocompatibilidade². Por outro lado, os CIVs ainda apresentam limitações que impedem sua indicação em áreas submetidas a esforços mastigatórios, principalmente devido à inadequada resistência mecânica destes materiais^{2,5,6}. Adicionalmente, as restaurações de cimento de ionômero de vidro apresentam também maior tendência de desgaste superficial e fraturas, tanto nas margens quanto no corpo das restaurações⁶.

Diante do exposto, duas estratégias com o intuito de manter as características vantajosas dos CIVs e minimizar suas desvantagens vêm sendo pesquisadas. A primeira delas é otimizar as propriedades dos materiais ionoméricos por meio de modificações em sua composição, que classifica os CIVs em 4 grupos⁷:

1. Convencionais: reação de presa tipo ácido-base;
2. Reforçados por metais: incorporação de íons metálicos sinterizados ao pó dos cimentos convencionais, geralmente a liga de prata;
3. Modificados por resina: adição de componentes resinosos sendo o principal o HEMA, além de componentes fotossensíveis iniciadores de polimerização;
4. Alta resistência: alta proporção pó/líquido e reação de presa.

A segunda estratégia é investigar a melhor forma de aglutinação dos CIVs (manual ou mecânica) e sua inserção na cavidade, com o intuito de reduzir a inclusão de porosidades no interior do material^{6,8,9}. As porosidades internas nos CIVs provocam grande estresse local, bem como são pontos de iniciação e propagação de trincas, o que pode inclusive resultar em fratura parcial ou total da restauração^{7,10}. A diminuição do número de bolhas incorporadas no material e/ou na interface dente-restauração durante a inserção do CIV na cavidade, aumenta a resistência à fratura das restaurações, como constatado em estudo *in vitro*⁶.

Dentro deste contexto, torna-se interessante avaliar a Resistência à Compressão de diferentes CIVs, uma vez que se trata de importante propriedade dos materiais restauradores, particularmente no processo de mastigação¹¹. Este teste é mais apropriado para comparar materiais friáveis, os quais demonstram menores resistências quando sujeitos à tensão¹², o que é o caso dos Cimentos de Ionômero de Vidro. O objetivo deste estudo foi comparar a Resistência à Compressão (RC) entre os Cimentos de Ionômero de Vidro restauradores: convencional de alta resistência, modificado por resina e reforçado com liga de prata. A hipótese nula a ser testada foi de que o tipo de Cimento de Ionômero de Vidro testado não influenciaria sua resistência à compressão.

2 Material e Método

A amostra foi dividida em 3 grupos, de acordo com os Cimentos de Ionômero de Vidro (CIVs) restauradores encapsulados testados: convencional de alta resistência (Riva Self Cure, SDI, Victoria, Austrália), modificado por resina (Riva Light Cure, SDI, Victoria, Austrália) e reforçado com liga de prata (Riva Silver, SDI, Victoria, Austrália) (tabela 1).

Tabela 1 - Especificações dos cimentos de ionômero de vidro testados

Cimentos de Ionômero de Vidro	Fabricante/Cidade / País	Classificação	Composição	Lote/ Validade
Riva Self Cure	SDI/ Victoria/ Austrália	Convencional de alta resistência	Pó: Fluoreto de silicato de alumínio Ácido poliacrílico Líquido: Ácido poliacrílico Ácido tartárico	BI59516/2010-11
Riva Light Cure	SDI/ Victoria/ Austrália	Modificado por resina	Pó: Fluoreto de silicato de alumínio Líquido: Ácido poliacrílico Ácido tartárico Hidroxietil metacrilato Dimetacrilato Monômero acidificado	J0803033/2009-09
Riva Silver	SDI/ Victoria/ Austrália	Reforçado com liga de prata	Pó: Fluoreto de silicato de alumínio Ácido poliacrílico Liga de prata Estanho Cobre Líquido: Ácido poliacrílico Ácido tartárico	GO805261/2010-05

Seis corpos-de-prova foram confeccionados para cada grupo, em matrizes de aço inoxidável com $4,0 \pm 0,1$ mm de diâmetro e $6,0 \pm 0,1$ mm de altura, de acordo com a Especificação nº 9917 da ISO¹³.

Os procedimentos de confecção dos corpos-de-prova foram realizados em laboratório, com temperatura ambiente controlada em $23 \pm 1^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $50 \pm 5\%$, por

2 operadores devidamente treinados e calibrados. Um dos operadores foi responsável pela etapa de trituração, enquanto o segundo operador realizou os procedimentos de inserção dos CIVs nas matrizes.

Após a trituração, o CIV foi inserido na matriz, previamente isolada com vaselina sólida (Sidepal, Guarulhos, Brazil). Logo em seguida, uma tira de poliéster (TDV Dental, São Paulo, SP,

Brasil) foi posicionada sobre o corpo-de-prova e sobre esta foi posicionada uma laminula de vidro. Após 2 minutos do início da manipulação, o conjunto matriz/corpo-de-prova foi levado à estufa a $37 \pm 1^\circ \text{C}$ até que fossem completados 15 minutos do início da manipulação.

Para o CIV modificado por resina os procedimentos de trituração e inserção foram idênticos aos anteriormente descritos, com a exceção da seguinte etapa: após a inserção do CIV e posicionamento da tira de poliéster e laminula, foi realizada a fotoativação por 40 segundos no topo e base do corpo-de-prova, com o aparelho Radii-cal 1200 mW/cm² (SDI, Victoria, Austrália).

Os corpos-de-prova foram cuidadosamente removidos das matrizes e colocados em recipientes plásticos contendo 6 mL de água destilada. Os recipientes de plástico com os corpos-de-prova permaneceram na estufa por 7 dias, até o momento da realização dos ensaios mecânicos.

Os testes foram conduzidos em Máquina de Ensaio Universal (Emic, São José dos Pinhais, PR, Brasil), à velocidade de deslocamento de 1,0 mm/min. O teste de resistência à compressão aplica força axial simultaneamente a dois pontos na mesma amostra, porém em direções opostas, com o objetivo de testar a estrutura molecular do material¹² (figura 1). A resistência à compressão (RC) em MPa foi calculada conforme a seguinte equação: $RC = 4P/\pi d^2$, onde: P = carga aplicada, em Newton; d = diâmetro do corpo-de-prova, em milímetros; π = constante (3,14).

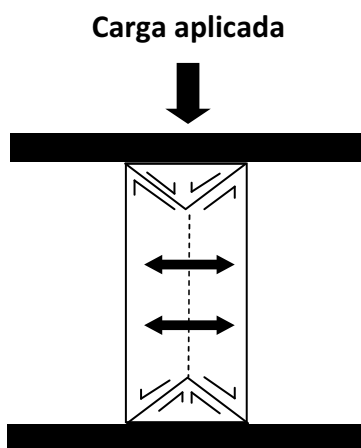


Figura 1 - Esquema ilustrativo do teste de Resistência à Compressão, adaptado de Darvell¹², 2000.

Planejamento estatístico: Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) a um critério e teste de Tukey para comparações múltiplas. Para todos os testes estatísticos o nível de significância adotado foi de 5%.

3 Resultados

As médias e desvios-padrão dos grupos estudados estão apresentados na tabela 2. A hipótese nula foi parcialmente aceita. Diferença estatisticamente significativa foi verificada entre o cimento convencional de alta resistência e o modificado por resina ($P = 0,001$), bem como entre o cimento com liga de

prata e o modificado por resina ($P = 0,001$). Não foi observada diferença estatística entre o cimento convencional de alta resistência e o com liga de prata ($P = 0,999$).

Tabela 2 - Médias de Resistência à Compressão, em MPa, e desvio-padrão (dp), após 7 dias

Cimentos de Ionômeros de Vidro	Resistência à Compressão (MPa±dp)*
Convencional de alta resistência	226,17±10,23 ^a
Reforçado com liga de prata	226,55±26,87 ^a
Modificado por resina	182,64±7,89 ^b

Anova a um critério e Tukey ($P < 0,05$)

*Mesma letra sobrescrita não indica diferença estatística significativa.

4 Discussão

O presente estudo revelou elevados valores de resistência à compressão independente do tipo de CIV testado. Este resultado pode estar diretamente relacionado à microestrutura dos CIVs^{14,15,16}, considerando-se que o número de porosidades encontradas nos CIVs manipulados manualmente é maior do que o observado nos CIVs triturados mecanicamente¹⁷, que foram investigados nesse estudo. Os achados, também se justificam por se tratar de CIVs encapsulados, os quais já vêm com a proporção pó-líquido pré-estabelecida, característica que elimina a possibilidade de alteração de proporcionamento¹⁸. Em adição, os CIVs encapsulados são aglutinados mecanicamente, o que minimiza a inclusão de bolhas durante a manipulação, bem como dispõem de um aplicador próprio para sua inserção. Dessa forma, o desempenho dos CIVs encapsulados restauradores, em termos de resistência à compressão, módulo de elasticidade e desgaste têm superado sua apresentação na versão pó-líquido⁹.

Constatou-se nesse estudo que, comparativamente, a resistência à compressão foi similar entre o CIV convencional de alta resistência e o CIV reforçado com liga de prata, porém ambos apresentaram valores superiores aos registrados para o CIV modificado por resina. Este resultado pode ser atribuído à melhoria na composição dos mesmos.

A literatura aponta que o desenvolvimento de CIVs de alta resistência partiu da premissa de que o aumento da proporção pó-líquido, bem como da concentração e peso molecular dos poliácidos, conduz ao aumento das propriedades mecânicas dos CIVs¹⁹. Adicionalmente, a redução do tamanho médio das partículas dos CIVs de alta resistência e sua melhor distribuição dentro da matriz permitiram também melhoramento de suas propriedades, bem como da textura superficial mais densa, com menor número e quantidade de porosidades²⁰. Outra importante característica a ser ressaltada é a redução no tempo de presa e, conseqüentemente, redução da sensibilidade inicial à umidade (sinérese e embebição) e à solubilidade aos fluidos orais⁷.

Por outro lado, a literatura é controversa no que tange à

comparação das propriedades mecânicas dos CIVs reforçados com liga de prata e convencionais de alta resistência, pois nem sempre são observadas diferenças estatísticas entre eles^{14,21}. Os CIVs com liga de prata deveriam apresentar melhores propriedades mecânicas, visto sua maior densidade, menor solubilidade e baixa inclusão de porosidades quando comparados aos CIVs convencionais⁷. Contudo, no presente estudo, não foi detectada diferença estatística entre CIVs convencional de alta resistência e reforçado com liga de prata, ambos os materiais apresentaram resistência similar. No entanto, vale ressaltar que dois aspectos limitam a indicação dos CIVs reforçados com liga de prata: a menor liberação de flúor e o aspecto anti-estético do material, que apresenta aspecto metálico opaco¹⁴.

Outro aspecto a ser analisado é que, nesse estudo, todos os CIVs testados apresentaram valores de resistência à compressão superiores ao valor mínimo preconizado pela ISO 9917 para os cimentos de ionômero de vidro (130 MPa)¹³.

Assim, embora o CIV modificado por resina testado tenha apresentado menor RC (182,64 MPa) comparativamente aos CIVs convencional de alta resistência (226,17 MPa) e reforçado com liga de prata (226,55 MPa), ainda assim pode ser considerado um valor adequado de resistência e está de acordo com a literatura²². O valor de resistência à compressão reportado pode ser atribuído ao comportamento de deformação plástica dos CIV modificado por resina devido à sua composição¹⁵. Neste contexto, é importante ressaltar que tanto o tempo, quanto o uso apropriado de fotopolimerizadores para materiais resinosos maximizam a resistência à compressão destes materiais¹¹.

A partir dos resultados obtidos, sugerem-se outros estudos para avaliar propriedades como: resistência à tração diametral, tenacidade e desgaste, composição química, biocompatibilidade e liberação de flúor, a fim de se obter melhor estimativa do comportamento desses novos materiais ionoméricos.

5 Conclusão

Com base nos resultados obtidos neste estudo, pode-se concluir que:

Os Cimentos de Ionômero de Vidro convencional de alta resistência e o reforçado com liga de prata apresentaram Resistência à Compressão similares; e

O Cimento de Ionômero de Vidro modificado por resina, comparativamente aos Cimentos de Ionômero de Vidro convencional de alta resistência e o reforçado com liga de prata, mostrou os menores valores de resistência.

Referências

1. Wilson AD, Kent BE. A new translucent cement for dentistry: the glass-ionomer cement. *British Dental Journal*. 1972;132:133-6.
2. Tyas MJ. Milestones in adhesion: glass-ionomer cements. *The Journal of Adhesive Dentistry*. 2003;5(4):259-66.
3. Nicholson JW, Carnecka B. The biocompatibility of resin-modified glass-ionomer cements for dentistry. *Dental Materials*. 2008;24(12):1702-8.

4. Barata TJE, Bresciani E, Mattos MCR, Lauris JRP, Ericson D, Navarro MFL. Comparison of two minimally invasive methods on the longevity of glass ionomer cement restorations: short-term results of a pilot study. *Journal of Applied Oral Science*. 2008;16(2):155-60.
5. Bresciani E, Barata TJE, Fagundes TC, Adachi A, Terrin MM, Navarro MFL. Compressive and diametral tensile strength of glass ionomer cements. *Journal of Applied Oral Science*. 2004;12(4):344-8.
6. Esteves Barata TJ, Bresciani E, Cestari Fagundes T, Gigo Cefaly DF, Pereira Lauris JR, Lima Navarro MF. Fracture resistance of Class II glass-ionomer cement restorations. *American Journal of Dentistry*. 2008a;21(3):163-7.
7. Navarro MFL, Bresciani E, Barata TJE, Fagundes TC. Tratamento Restaurador Atraumático (ART) e o Programa de Saúde da Família. *BioOdonto*. 2004;2(4):1-111.
8. Prentice LH, Tyas MJ, Burrow MF. The effect of mixing time on the handling and compressive strength of an encapsulated glass-ionomer cement. *Dental Materials*. 2005;21(8):704-8.
9. Dowling AH, Fleming GJ. Are encapsulated anterior glass-ionomer restoratives better than their hand-mixed equivalents? *Journal of Dentistry*. 2009;37(2):133-40.
10. Barata TJE, Bresciani E, Adachi A, Fagundes TC, Carvalho CAR, Navarro MFL. Influence of ultrasonic setting on compressive and diametral tensile strengths of glass ionomer cements. *Materials Research*. 2008b;11(1):57-61.
11. Alpöz AR, Ertugrul F, Cogulu D, Ak AT, Tanoglu M, Kaya E. Effects of light curing method and exposure time on mechanical properties of resin based dental materials. *European Journal Dentistry*. 2008;2(1):37-42.
12. Darvell BW. Mechanical testing. In: _____. *Materials Science for Dentistry*. 6th ed. Hong Kong: University of Hong Kong; 2000. p.1-18.
13. Technical Committee, International Standard ISO 9917. *Dental water-based cements*, 1991.
14. Yap AU, Cheang PH, Chay PL. Mechanical properties of two restorative reinforced glass-ionomer cements. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2002;29(7):682-8.
15. Xie D, Brantley WA, Culbertson BM, Wang G. Mechanical properties and microstructures of glass-ionomer cements. *Dental Materials*. 2000;16(2):129-38.
16. Bonifácio CC, Kleverlaan CJ, Raggio DP, Werner A, de Carvalho RC, van Amerongen WE. Physical-mechanical properties of glass ionomer cements indicated for atraumatic restorative treatment. *Australian Dental Journal*. 2009;54(3):233-7.
17. Covey DA, Ewoldsen NO. Porosity in manually and machine mixed resin-modified glass ionomer cements. *Operative Dentistry*. 2001;26(6):617-23.
18. Prentice LH, Tyas MJ, Burrow MF. The effect of mixing time on the handling and compressive strength of an encapsulated glass-ionomer cement. *Dental Materials*. 2005;21(8):704-8.
19. Guggenberger R, May R, Stefan KP. New trends in glass-ionomer chemistry. *Biomaterials*. 1998;19(6):479-83.
20. Nomoto R, McCabe JF. Effect of mixing methods on the compressive strength of glass ionomer cements. *Journal Dentistry*. 2001;29(3):205-10.
21. McLean JW, Gasser O. Glass-cermet cements. *Quintessence International*. 1985;16(5):333-43.
22. Aratani M, Pereira AC, Correr-Sobrinho L, Sinhorette MAC, Consani S. Compressive strength of resin-modified glass ionomer restorative material: effect of P/L ratio and storage time. *Journal of Applied Oral Science*. 2005;13(4):356-9.