

Microfiltración de restauraciones sándwich ionómero de vidrio grabadas con ácido

Bona AD¹, Pinzetta C¹, Rosa V²

Resumen

Los objetivos de este estudio fueron evaluar la capacidad de sellado de los diferentes cementos ionómero de vidrio (CIV) usados para restauraciones sándwich, y examinar la influencia de grabado ácido del CIV en el microfiltrado de la interfase CIV-composite. Se prepararon dos cavidades en 20 dientes divididos en cuatro grupos (n=10) y restaurados de la siguiente manera: CIE – se aplicó CIV convencional (CI) a las paredes axiales y cervicales de la cavidad permitiendo que se asentara por espacio de 5 min., y se grabaron con ácido (E) junto con los márgenes de la cavidad, con ácido fosfórico al 35% durante 15 seg., se lavó durante 30 seg. absorbiendo el agua; se aplicó el adhesivo y se curó con luz durante 10 seg., completando la restauración con compuestos de resina curados durante 40 seg.; CIN – procedimiento igual al descrito para CIE, pero no se aplicó ácido al CI; RME – procedimiento igual al descrito para CIE, pero utilizando CIV modificado con resina (CIV-RM); RMN – procedimiento igual al aplicado para RME sin grabar el CIV-RM con ácido. Se mojaron los especímenes en solución de azul de metileno al 1% a 24°C durante 24 hrs., se enjuagaron bajo agua corriente durante 1 hr., se midió el corte y penetración del tinte según los estándares ISO/TS 11405-2003. Los resultados se analizaron estadísticamente utilizando las pruebas Kruskal-Wallis y ji-

-cuadrado ($\alpha=0.05$). Los marcadores de penetración de tinte fueron: CIE – 2.5; CIN – 2.5; RME – 0.9 y RMN – 0.6. Los resultados sugieren que el grabar con ácido el CIV antes de colocar composite, no mejora la capacidad selladora de las restauraciones sándwich. El CIV-RM fue más eficaz que el CI en la prevención de penetración del tinte en las interfaces GIC-composite-dentina.

Publicado primero en J Appl Oral Sci 2007; 15: 230-4.

¹Department of Restorative Dentistry, University of Passo Fundo, Brasil.

²Department of Dental Materials, University of São Paulo, Brasil.

Dirección del autor correspondiente:

Álvaro Della Bona, Dental School, University of Passo Fundo, Campus I, BR 285, Km 171, PO Box 611, Passo Fundo, RS, 99001-970, Brazil, dbona@upf.br

Introducción

El cemento ionómero de vidrio (CIV) fue presentado por Smith a fines de los años 60, resultando del reemplazo de ácido fosfórico por ácido poliacrílico en cementos de fosfato de zinc. La idea original fue unir propiedades tales como alta resistencia, dureza y la capacidad de emitir fluoruro desde el polvo de vidrio de sílice con la biocompatibilidad y capacidad adhesiva del líquido del ácido poliacrílico¹. La propiedad anticariogénica resultante de la emisión de fluoruro, fue el aspecto más atractivo de este material

dental. Además, el mecanismo de adhesión del CIV a la estructura dental, la compatibilidad térmica con el esmalte del diente, la biocompatibilidad y baja citotoxicidad, dieron al CIV una opción clínica interesante para tratamientos restaurativos². Desde la primera aparición comercial del CIV (ASPA, Dentsply De Trey Ltd, Weybridge, UK) en 1976, este material ha pasado por modificaciones significativas para mejorar la resistencia a tracción, resistencia a fracturas, tiempo de trabajo, solubilidad química, y apariencia de pulido³⁻⁵. Por ello, se desarrollaron nuevas variedades de este material, tal como el cemento ionómero de vidrio fotocurado modificado con resina (CIV-RM)^{4,6}. Este material se obtiene añadiendo en el líquido una resina, generalmente la 2-hidroxietilmetacrilato polimerizable soluble en agua (HEMA), y el proceso de adhesión a la estructura dental se produce por retención micro mecánica tal como en los composites⁴. La reacción de fraguado de los CIV-RM sigue dos mecanismos bien definidos: la polimerización de la resina y la reacción ácido-base. El primero puede iniciarse mediante exposición a luz o por una reacción de reducción de oxidación (autocurado), y es responsable por el fraguado inmediato.

La reacción ácido-base ocurre lentamente y continúa luego del endurecimiento clínico. Una de las ventajas de este material restaurador es un tiempo de trabajo más prolongado y un control del operador sobre la reacción de polimerizado del componente de resina por activación de luz, y consecuentemente, un desarrollo temprano de una mayor fuerza de adhesión, fragilidad disminuida, aumento de resistencia a tracción y flexural, resistencia a desecación y ataque de ácidos, menor sensibilidad a humedad y solubilidad^{4,5,7-10}. A pesar de esto, las propiedades mecánicas (Tabla 1) y apariencia estética aún limitan el uso clínico. Así, las llamadas restauraciones sándwich o técnica de 'CIV laminado-composite', han sido usadas por los clínicos para preservar el mecanismo de emisión de fluoruro y la unión química de la estructura dental provistos por el CIV y el CIV-RM, y para mejorar las propiedades estéticas y mecánicas usando composites de resina laminados. Desde hace mucho tiempo la filtración es reconocida como un problema de la odontología restaurativa¹¹. Se usan las evaluaciones de microfiltración para estimar la resistencia de la interfase diente-restauración al paso de bacteria, fluidos, sustancias químicas, moléculas y iones¹².

Tabla 1. Propiedades representativas (referencias) de los materiales CIV y CIV-RM.

Propiedad	CIV	CIV-RM
Tiempo de trabajo ⁵	2 min	3 min 45 seg.
Tiempo de fraguados ⁵	4 min	20 seg.
Modulo de Young ⁷	20.5 GPa	55.9 GPa
Resistencia compresiva ²	265.3 – 306.2 MPa	196.5 – 301.3 MPa
Resistencia a tracción diametral ⁵	16 MPa	37 MPa
Resistencia flexural ²	71 – 82 MPa	21.2 – 31.4 MPa
Dureza Knoop ²	66.4 – 84.5 KHN	29.7 – 176.8 KHN
Resistencia de unión a tracción en esmalte humano ³⁰	4.9 MPa	11.36 MPa
Resistencia de unión a tracción en esmalte humano ³⁰	2.52 MPa	5.55 MPa
Resistencia a cizalla en esmalte bovino ⁵	4.6 MPa	11.3 MPa
Resistencia a cizalla en dentina bovina ⁵	4.3 MPa	8.2 MPa

La ausencia de un sellado en los márgenes de restauración promueve decoloración del diente, la respuesta adversa de la pulpa, sensibilidad post-operativa, y caries recurrentes¹³. Así, algunos estudios *in-vitro* que intentaban predecir la capacidad sellante marginal clínica de varias técnicas restaurativas, encontraron niveles de microfiltrado cuando se utilizó CIV como material de relleno debajo de la resina compuesta¹⁴⁻¹⁶. A pesar de estos resultados entusiastas, el desempeño clínico de las restauraciones sándwich no parece ser muy efectivo y se reportaron algunas fallas, principalmente en lo concerniente a la porción de CIV¹⁷. Algunos autores aseguran que esta restauración laminada es una alternativa interesante a la amalgama, especialmente en pacientes con riesgo de caries¹⁸. Otros estudios sugirieron que las fallas podían estar relacionadas a una selección inadecuada del sistema de compuesto de CIV, que debería ofrecer una gran resistencia a tracción, un agente de adhesión con alta humectabilidad, y resina compuesta con bajo nivel de contracción al asentarse^{11,19}. Los mecanismos de adhesión al tejido dental de los materiales restaurativos, se explican a menudo en la literatura¹⁸. Sin embargo, pocos estudios han informado sobre aspectos relacionados a los materiales restaurativos utilizados en las técnicas sándwich^{19,20}. Es decir, el pre tratamiento del esmalte y dentina previo a la aplicación de un sistema de adhesión y materiales restaurativos, están bien establecidos en la literatura²¹; sin embargo, aún se encuentra abierta a discusión la necesidad de un tratamiento de superficie CIV antes de aplicar la resina compuesta en las restauraciones sándwich. A pesar de que el grabado ácido del CIV aumenta la resistencia de la unión a tracción en resina compuesta²², no se ha informado de influencia de este paso de acondicionamiento en el

microfiltrado. El objetivo de este estudio fue evaluar la influencia de la capacidad selladora de diferentes materiales CIV usados para una técnica de restauración sándwich y el efecto de grabado ácido en la superficie del CIV sobre microfiltrado entre materiales restaurativos, probando la hipótesis de que el grabado ácido de superficies CIV no aumenta la capacidad selladora entre materiales CIV y resina compuesta.

Material y Método

Para este estudio se seleccionaron veinte premolares humanos no cariados extraídos, con raíz completamente desarrollada, lo que fue aprobado por el Comité Local de Ética en Investigación. Los dientes se limpiaron de cálculos, tejido suave y otra basura, y fueron almacenados en una solución de cloramina al 2% a 5°C. Se realizaron dos cavidades tipo ventana en ambos lados proximales de cada diente, usando fresas de diamante (no. 3145 y FG58L, KG Sorensen, São Paulo, Brasil), según se muestra en la Figura 1.

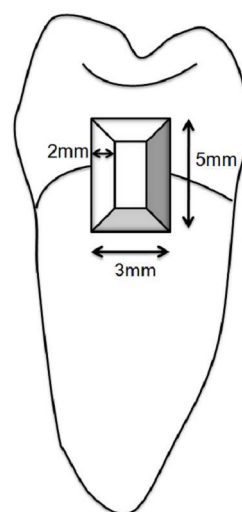


Figura 1. Imagen esquemática de cavidad tipo ventana usada en este estudio, y sus dimensiones.

El estudio incluyó un CIV convencional (CI) (Ketac Fill Plus, lote 178566, 3MESPE St. Paul, USA) y un cemento ionómero fotocurado modificado con resina (CIV-RM) (Vitremmer, lote 4JP 2007-12, 3M-ESPE St. Paul, USA), un sistema adhesivo (AS) (Amper Single Bond, lote 4BU 2007-11, 3MESPE St. Paul, USA) y un composite (RC) (Filtek Z250, lote 2LR 2006-05, 3M-ESPE St. Paul, USA). Todos los materiales se manipularon a temperatura ambiente (23°C) siguiendo las instrucciones de los fabricantes. Las cuarenta cavidades fueron divididas al azar en cuatro grupos (n=10) y restauradas utilizando la técnica sándwich¹⁹. Los grupos experimentales fueron:

CIE- se aplicó CI a las paredes axial y cervical de la cavidad, se dejó asentar por 5 min y se grabó con ácido (E), junto con los márgenes de la cavidad, con ácido fosfórico al 35% durante 15 seg., se lavó con spray de aire y agua por 30 seg., y se secó el agua con una esponja absorbente. Se aplicó el AS y se fotocuró (XL 3000, 3M-ESPE St. Paul, USA) por 10 seg., completando la restauración con una capa de RC que fue fotocurada por 40 seg.

CIN- el mismo procedimiento al descrito para el grupo CIE, salvo por la aplicación de E sobre el material CI.

RME- el mismo procedimiento que el descrito para el grupo CIE, pero usando el material CIV-RM.

RMN- el mismo procedimiento descrito para el grupo CIE, pero usando material CIV-RM y no se aplicó E al material.

Todas las restauraciones fueron pulidas usando discos Sof-Lex (Polishing Discs, 3M-ESPE St. Paul, USA). Se cubrieron los dientes con 3 capas de esmalte de uñas (Risqué, lote 331526, Niasi S/A, Taboão da Serra, SP, Brasil), excepto por una

área de la ventana que incluyó la restauración y 1 mm. alrededor de ella, y se empapó en solución de tinte azul de metileno al 1%, a 24 °C por 24 horas, luego se enjuagó bajo agua corriente por 1 hora.

Se adaptaron los dientes a una máquina cortadora automática (Struers Minitom, Struers A/S, Dinamarca, número de serie 4430782) usando una sierra de disco de diamante de baja velocidad (250 rpm) y refrigeración por agua, haciendo un corte longitudinal para separar el lado mesial del distal de todos los dientes. Luego, se hicieron por lo menos dos tajadas de aproximadamente 1 mm de grosor, dentro del área restaurada. Siempre que se pudo obtener más de dos tajadas por restauración, sólo dos de ellas se guardaron para el estudio, estando una tajada sobre el CEJ (unión cemento-esmalte) y otra debajo del CEJ. Por lo tanto, se examinaron 4 superficies por restauración en un microscopio óptico (Meiji EMZ-TR, Meiji Techno Co LTD., Tokio, Japón, número de serie 32278, magnificación 10x-65x) por sellado marginal y filtrado (40 superficies por grupo). Se grabaron imágenes representativas de todos los especímenes y se registró el máximo grado de penetración de tinte de acuerdo a los siguientes marcadores (ISO/TS 11405-2003)²³:

- 0= no hay penetración de tinte;
- 1= penetración de tinte en el esmalte parte de la pared de la cavidad;
- 2= penetración de tinte en la dentina parte de la pared de la cavidad, pero no incluyendo piso pulpar de la cavidad;
- 3= penetración de tinte incluyendo piso pulpar de la cavidad.

Se analizaron los resultados estadísticamente usando las pruebas Kruskal-Wallis con un nivel de significancia de 5% ($\alpha=0.05$), y ji-cuadrado para los dos tipos de CIV y

para el efecto de grabado ácido en los dos CIV ($\alpha=0.05$).

Resultados

Los marcadores para penetración de tinte por grupo experimental, el promedio de penetración de tinte y la distribución estadística, se resumen en la Tabla 2. No se encontraron diferencias significativas entre los valores de promedios de penetración de tinte para los grupos CIE y CIN ($p>0.05$), y entre los grupos RME y RMN ($p>0.05$). Cuando se consideraron los tratamientos de las dos superficies (E y N), independientemente de los materiales (CI y RM), no se encontraron diferencias estadísticas ($p>0.05$). Sin embargo, se encontraron diferencias significativas entre los dos CIV (CI y RM), sin importar el tipo de tratamiento de la superficie, con CI mostrando un promedio de marcador de penetración de tinte significativamente más alto que los valores promedio de RM ($p<0.05$). La penetración de tinte en la interfase GIC-RC ocurrió en 4 dientes, 3 de ellos del grupo CIE y 1 del grupo CIN. Este hallazgo fue estadísticamente insignificante ($p>0.05$). Siempre que se observó un microfiltrado, el grado máximo de penetración de tinte siempre se encontró dentro de la porción obtenida debajo del CEJ.

Tabla 2. El tamaño de muestra, los marcadores de penetración de tinte por grupo experimental, el promedio de penetración de tinte y división estadística

	n	0	1	2	3	Promedio*
CIE	10	1	0	2	7	2.5 a
CIN	10	0	0	5	5	2.5 a
RME	10	6	1	1	2	0.9 b
RMN	10	7	0	3	0	0.6 b

*Los valores promedio de grupo seguidos de la misma letra no son diferentes estadísticamente $\alpha \geq 0.05$

Discusión

La contracción por polimerización desarrollada durante la conversión de moléculas monómeras en una red polimérica, es un fenómeno de indeseable del composite y puede ser considerado uno de los factores responsables de la falta de adaptación de la restauración a la pared de la cavidad, aumentando la susceptibilidad a caries especialmente en la parte profunda de la caja proximal de las cavidades Clase II¹⁸. El uso de CIV como material base en restauraciones sándwich convencionales, reduce considerablemente el volumen de composite utilizado, de manera que el volumen de contracción del composite por polimerización disminuye y la adaptación marginal puede mejorar. Otra ventaja de las técnicas sándwich es la propiedad emisora de fluoruro del CIV, que se considera tiene cierto efecto inhibitor en la formación de caries y su progresión alrededor de las restauraciones³.

Los CIV aún son considerados el único material que se autoadhiera al tejido dental²¹ y se ha probado anteriormente que los CIV y los composites pueden adherirse efectivamente el uno al otro^{8,11,22,24}, independientemente de las limitaciones relativas a este sistema¹⁹. La fuerza de adhesión entre estos materiales está influenciada por lo menos por cuatro factores: 1) la resistencia a tracción de los CIV, mayormente dependiente de la proporción polvo/líquido; 2) la viscosidad del agente adhesivo y su capacidad de mojar la superficie del CIV; 3) el cambio volumétrico en el material composite durante la polimerización; y 4) la dificultad del composite en envolver y adaptarse al CIV sin incorporar vacíos¹⁹. Se sugirió que el procedimiento de grabado ácido del CIV permitiría una superficie limpia apenas áspera, con una resistencia alta¹¹. Se ha asumido que este procedimiento podría

proporcionar los requerimientos necesarios para un contacto más cercano y una mayor interfase entrelazada entre el CIV y el composite^{22,24}. A pesar de estas consideraciones, los resultados de este estudio sugieren que el grabado ácido de las superficies CI y RM, no mejora la capacidad selladora para las restauraciones sándwich.

Tomando en cuenta los materiales CIV analizados, las restauraciones sándwich usando RM mostraron una penetración de tinte significativamente menor que las restauraciones usando CI, lo que concuerda con resultados de informes previos⁹. Además, no se encontraron diferencias significativas en los tratamientos de la superficie (E y N) en material igual. Estos descubrimientos sugieren que la opción de grabado ácido para los CIV no es significativamente relevante en comparación con la selección de tipo de CIV, el que debería ser uno con propiedades mecánicas y composición química mejoradas (Tabla 1). Estudios previos demostraron que la incapacidad del material CI de producir un sellado efectivo depende de dos factores: 1) la sensibilidad del material a humedad durante colocación y fraguado inicial; y 2) la deshidratación luego del fraguado, resultando en grietas y fisuras^{10,25}. A pesar de ello, se asume que el comportamiento de sellado superior de RM es un resultado de los tags de resina en los túbulos dentinarios coligados al proceso de intercambio de iones presente en la interfase dentina-RM, como se reportó anteriormente^{20,26,27}. Aunque algunos estudios no testifican la presencia de estos tags de resina, ni siquiera la formación de una capa híbrida^{28,29}, esta conjetura se levanta como la razón de un desempeño superior de los CIV-RM. Además, la presencia de HEMA en los CIV-RM es responsable por el aumento de fuerza de adhesión a composites⁸ y debería contribuir en la prevención de

penetración de tinte a través de la interfase de estos materiales, como se mostró en los resultados de este estudio.

Conclusión

Dentro de las limitaciones de este estudio, los resultados sugieren que el grabado ácido de los CIV previo a la colocación de composite, utilizando ácido fosfórico, no mejora el sellado de las restauraciones sándwich. La resistencia a penetración de tinte en las interfases (CIV-composite-dentina) pareció ser controlada primordialmente por el tipo de CIV, con el CIV-RM produciendo significativamente menos penetración de tinte que el CIV convencional.

摘要

本研究的目标在于评估用于三明治修复法的各种玻璃离子接合剂(GIC)材料的密封能力,以及检验GIC-树脂合成物接面的微裂隙上酸蚀对于GIC的影响。在20颗牙齿上各备两个洞,这20颗牙齿分为4组(n=10),并按下列方式修补: CIE 使用常规GIC(CI)施于轴向及牙颈部的洞壁,静置5分钟,沿牙洞边缘酸蚀,使用35%磷酸15秒,冲洗30秒,吸干水分;应用粘剂系统,光疗10秒,以树脂合成物完成修复,治疗40秒; CIN 与上述CIE程序相同,但不加酸蚀; RME 与CIE程序相同,但使用树脂改良GIC(RMGIC); RMN 与RME应用的程序相同,但不加酸蚀。样品浸于24°C,1%亚甲基蓝色染料溶液中24小时,在流水下冲洗1小时,切开,根据ISO/TS 11405-2003标准测量染料浸润程度。试验结果使用Kruskal-Wallis和Chi Square试验($\alpha=0.05$)进行统计分析。染料浸润度分别为: CIE- 2.5; CIN- 2.5; RME- 0.9 和 RMN- 0.6。结果表明,在施加树脂合成物之前对GIC进行酸蚀不能提高三明治式修复的封合能力。在防止染料浸润GIC-树脂合成物-象牙质接面上,RMGIC比CI更为有效。首次发表于J Appl Oral Sci 2007; 15: 230-4。

Abstract

The objectives of this study were to evaluate the sealing ability of different glass ionomer cement (GIC) materials used for sandwich restorations and examine the influence of acid etching the GIC on microleakage of GIC-resin composite interface. Two cavities were prepared in 20 teeth, divided in four groups (n=10) and restored as follows: CIE – conventional GIC (CI) was applied onto the axial and cervical cavity walls, allowed to set for 5 min and acid etched (E) along with the cavity margins, with 35% phosphoric acid for 15 s, washed for 30 s and blotting the water; the adhesive system was applied and light cured for 10s, completing the restoration with resin composite cured for 40s; CIN – same procedure as described for CIE, but no acid was applied onto the CI; RME – same procedure as for CIE, but using the resin modified GIC (RMGIC); RMN – same procedure applied for RME without acid etching the RMGIC. Specimens were soaked in 1% methylene blue dye solution at 24°C for 24h, rinsed under running water for 1h, cut and dye penetration was measured following the ISO/TS 11405-2003 standard. Results were statistically analyzed using Kruskal-Wallis and Chi Square tests ($\alpha=0.05$). Dye penetration scores were as follow: CIE– 2.5; CIN– 2.5; RME– 0.9 and RMN– 0.6. Results suggest that acid etching the GIC prior the placement of resin composite do not improve the sealing ability of sandwich restorations. The RMGIC was more effective at preventing dye penetration at the GIC-resin composite-dentine interfaces than CI. *First published in J Appl Oral Sci 2007; 15: 230-4.*

Referencias

1. Smith DC. New dental cement. Br Dent J 1968; 124: 381-4.
2. Xie D, Brantley WA, Culbertson BM, Wang G. Mechanical properties and microstructures of glass-ionomer cements. Dent Mater 2000; 16: 129-38.
3. Bowen RL, Marjenhoff WA. Dental composites/glass ionomers: the materials. Adv Dent Res 1992; 6: 44-9.
4. Tyas MJ. Milestones in Adhesion: Glass-ionomer cements. J Adhes Dent 2003; 5: 259-66.
5. van Noort R. Introduction to Dental Materials. St Louis: Mosby; 1994.
6. Antonucci JM, McKinney JE, Stansbury JW. Resin-modified glass ionomer cement. USA Patent Application No. 160856; 1988.
7. Attin T, Vataschki M, Hellwig E. Properties of resin-modified glass-ionomer restorative materials and two polyacid-modified resin composite materials. Quintessence Int 1996; 27: 203-9.
8. Fortin D, Vargas MA, Swift EJ, Jr. Bonding of resin composites to resin-modified glass ionomers. Am J Dent 1995; 8: 201-4.
9. Hallett KB, Garcia-Godoy F. Microleakage of resin-modified glass ionomer cement restorations: an in vitro study. Dent Mater 1993; 9: 306-11.
10. Mount GJ. Restoration with glass-ionomer cement: requirements for clinical success. Oper Dent 1981; 6: 59-65.
11. Mount GJ. Clinical requirements for a successful 'sandwich' - dentine to glass ionomer cement to composite resin. Aust Dent J 1989; 34: 259-65.

12. Bauer JF, Henson JL. Microleakage around dental restorations: a summarizing review. *J Am Dent Assoc* 1972; 87: 1349-57.
13. Eriksen HM, Pears G. In vitro caries related to marginal leakage around composite resin restorations. *J Oral Rehabil* 1978; 5: 15-20.
14. Gupta S, Khinda VI, Grewal N. A comparative study of microleakage below cemento-enamel junction using light cure and chemically cured glass ionomer cement liners. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 2002; 20: 158-64.
15. Loguercio AD, Alessandra R, Mazzocco KC, Dias AL, Busato AL, Singer Jda M, Rosa P. Microleakage in class II composite resin restorations: total bonding and open sandwich technique. *J Adhes Dent* 2002; 4: 137-44.
16. Platt JA, Rhodes B. Microleakage of high-strength glass ionomer: resin composite restorations in minimally invasive treatment. *J Indiana Dent Assoc* 2001; 80: 20-22.
17. Welbury RR, Murray JJ. A clinical trial of the glass-ionomer cement-composite resin "sandwich" technique in class II cavities in permanent premolar and molar teeth. *Quintessence Int* 1990; 21: 507-12.
18. Dijken JWV, Kieri C, Carlen M. Longevity of extensive class II open-sandwich restorations with a resin-modified glass-ionomer cement. *J Dent Res* 1999; 78: 1319-25.
19. Mount GJ. The tensile strength of the union between various glass ionomer cements and various composite resins. *Aust Dent J* 1989; 34: 136-46.
20. Nezu T, Winnik FM. Interaction of water-soluble collagen with poly (acrylic acid). *Biomaterials* 2000; 21: 415-19.
21. De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, Van Meerbeek B. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res* 2005; 84: 118-32.
22. Hinoura K, Moore BK, Phillips RW. Tensile bond strength between glass ionomer cement and composite resin. *J Am Dent Assoc* 1987; 114: 167-72.
23. International Standards Organization. ISO Standard 11405: 2003. Dental materials-testing of adhesion to tooth structure Geneva: ISO-TS. 2003.
24. McLean JW, Powis DR, Prosser HJ. The use of glass-ionomer cements in bonding composite resins to dentine. *Br Dent J* 1985; 158: 410-14.
25. Charbeneau GT. Principles and practice of operative dentistry. Philadelphia: Lea & Febiger; 1988.
26. Mount GJ. Adhesion of glass-ionomer cement in the clinical environment. *Oper Dent* 1991; 16: 141-8.
27. Pereira PNR, Yamada T, Tei R, Tagami J. Bond strength and interface micromorphology of an improved resin-modified glass ionomer cement. *Am J Dent* 1997; 10: 128-32.
28. Ramos JC, Perdigao J. Bond strength and SEM morphology of dentin-amalgam adhesives. *Am J Dent* 1997; 10: 152-8.
29. Sidhu SK, Schmalz G. The biocompatibility of glass-ionomer cement materials. A status report for the American Journal of Dentistry. *Am J Dent* 2001; 14: 387-96.