

Avaliação *in vitro* da microdureza do esmalte adjacente a restaurações após desafio cariogênico

In vitro evaluation of enamel microhardness adjacent to restorations after cariogenic challenge

Resumo

Objetivo: Este estudo *in vitro* utilizou ensaio de microdureza para avaliar a desmineralização do esmalte pela indução de lesões artificiais de cárie adjacentes a materiais restauradores.

Metodologia: Foram utilizados dois cimentos de ionômero de vidro convencionais (MAXXION R[®] e VIDRION R[®]), um cimento de ionômero de vidro modificado por resina (VITREMER[®]) e uma resina composta sem flúor (Z-250[®]). Cavidades padronizadas foram confeccionadas em 160 blocos de esmalte bovino, divididos aleatoriamente em 4 grupos experimentais (n=40) de acordo com o material utilizado. Após ser realizado o ensaio de microdureza inicial, os blocos de esmalte foram restaurados e submetidos à ciclagem térmica e de pH, simulando o desafio cariogênico. Os blocos foram então submetidos a novos ensaios de microdureza. A partir dos dados obtidos, foi calculada a perda de dureza superficial (PDS) do esmalte, a qual foi comparada através da análise de variância e teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

Resultados: A ordem decrescente de perda de dureza superficial do esmalte adjacente foi: Z-250 = VITREMER > VIDRION R > MAXXION R.

Conclusão: A desmineralização foi menor no esmalte adjacente aos cimentos de ionômero de vidro convencionais do que no esmalte adjacente aos materiais resinosos.

Palavras-chave: Inibição de cárie; flúor; cimentos de ionômero de vidro

Abstract

Purpose: This *in vitro* study used microhardness testing to assess the enamel demineralization induced by artificial caries lesions adjacent to restorative materials.

Methods: Two conventional (MAXXION R[®] and VIDRION R[®]) and one resin-modified (VITREMER[®]) glass ionomer cements and one non-fluoridated composite resin (Z-250[®]) were tested. Standard cavities were prepared in 160 bovine enamel blocks. The enamel blocks were randomly divided into 4 experimental groups (n=40) according to the material used. After the initial microhardness measurement, the enamel blocks were restored and subjected to thermal and pH cycling, simulating cariogenic challenge. Microhardness measurements were performed on the enamel blocks to calculate the loss of enamel surface hardness. Data were analyzed by analysis of variance and Tukey test ($\alpha<0.05$).

Results: The descending sequence of loss of enamel surface hardness adjacent to the restoration was: Z-250 = VITREMER > VIDRION R > MAXXION R.

Conclusion: The enamel adjacent to the conventional glass ionomer cements showed less demineralization than the enamel adjacent to resin-modified materials.

Key words: Caries inhibition; fluoride; glass-ionomer cements

Talitha Rodrigues Ribeiro ^a
Rosângela Marques Duarte ^b
Fábia Danielle S. C. Medeiros e Silva ^c
Franklin Delano Soares Forte ^a
Fábio Correia Sampaio ^a
Juliana Karla Guedes Barbosa ^d

^a Departamento de Clínica e Odontologia Social, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil

^b Departamento de Odontologia Restauradora, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil

^c Escola Técnica de Saúde, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil

^d Curso de Odontologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil

Correspondência:

Talitha Rodrigues Ribeiro
Rua Paulo Roberto Sousa Acioly, 1274 – Bessa
João Pessoa, PB – Brasil
58035-110
E-mail: talitha.ribeiro@yahoo.com.br

Recebido: 20 de março, 2008
Aceito: 19 de agosto, 2008

Introdução

O conhecimento dos fatores que determinam o desenvolvimento e a progressão das lesões de cárie, tais como a composição do biofilme bacteriano, a composição da saliva e a taxa do fluxo salivar, a presença de carboidratos fermentáveis e as concentrações de flúor, cálcio e fosfato nos fluidos orais, permitiu o desenvolvimento de meios preventivos e de controle da doença nas últimas décadas (1). Acredita-se que o flúor em contato com os cristaltos do esmalte, também chamado de flúor fracamente ligado, seja o principal responsável pela prevenção de cárie (2), modificando a dinâmica do processo cariioso através da redução da desmineralização, potencialização da remineralização e interferência no metabolismo e crescimento bacteriano (3-5). O desenvolvimento e o uso de materiais restauradores com capacidade de liberar flúor têm sido amplamente observados nos últimos anos, podendo este íon ser liberado como parte da reação de presa ou ser intencionalmente adicionado à formulação desses materiais (5,6). A presença do flúor aumenta a longevidade dos tratamentos restauradores quando associada a outros fatores, que incluem os cuidados do paciente, a habilidade do profissional e características inerentes ao material restaurador (7). A incorporação do flúor em materiais restauradores, portanto, tem despertado interesse especial, por se constituir em uma fonte potencial de liberação desse elemento em baixas concentrações, mantendo os níveis constantes durante as alterações de pH (potencial hidrogeniônico) na cavidade bucal (6-8). Dessa forma, parece válida a análise do potencial anticariogênico de materiais restauradores, em ambientes e circunstâncias dinâmicas em que se dá o processo de cárie (9). Estudos *in vitro* com materiais restauradores, avaliando a microdureza das margens do esmalte antes e após circunstâncias dinâmicas que mimetizam as condições clínicas de desafio cariogênico, são de grande importância na avaliação do potencial preventivo desses materiais. Portanto, este trabalho objetivou avaliar a desmineralização do esmalte que ocorreu pela indução de lesões artificiais de cárie adjacentes a materiais restauradores com capacidade de liberação de flúor.

Metodologia

Obtenção dos blocos de esmalte

Foram utilizados 160 dentes incisivos extraídos de bovinos jovens, com idade média de 36 meses, abatidos para consumo no Frigorífico do Município de João Pessoa, PB. Após serem extraídos e limpos, os incisivos foram esterilizados em solução de timol a 0,5%, pH 7, onde ficaram imersos durante todo o período de preparo dos blocos de esmalte.

Os dentes foram seccionados na porção cervical e do centro da face vestibular de cada elemento foi obtido um bloco de esmalte com dimensões de 4×4 mm através do uso de discos diamantados dupla face. A dentina dos blocos de esmalte foi planificada com lixas

d'água de granulação 320 com refrigeração a água, até atingirem a espessura de 2 mm, assim como o esmalte foi planificado e polido com lixas d'água com granulação decrescente sequenciada de 600 a 1200, sob refrigeração a água, para a obtenção de uma superfície plana, polida e paralela à base de resina acrílica na qual foram embutidos.

Ensaio de microdureza superficial inicial e seleção dos blocos de esmalte

Na superfície dos blocos de esmalte, a 200 µm de distância da margem do bloco, foram realizadas cinco endentações paralelas utilizando um penetrador tipo Vickers, carga estática de 100 g por 15 s, utilizando-se microdurômetro Carl Zeiss (Carl Zeiss Optronics, Oberkochen, Alemanha). O comprimento das diagonais das penetrações foi medido e a dureza Vickers determinada através da seguinte fórmula:

$$HV = \frac{1,854 \cdot F}{d^2}$$

onde: HV = dureza Vickers, F = Carga aplicada em kgf, d = média das duas diagonais da endentação (mm), constante = 1,854.

A média do comprimento das diagonais das cinco endentações foi utilizada para excluir os blocos com microdureza fora do padrão. Foram desprezados os blocos com média do comprimento da endentação com valor 10% acima ou 10% abaixo da média de todos os blocos.

Preparo das cavidades e restauração dos blocos de esmalte

No centro dos blocos de esmalte foram confeccionadas cavidades circulares padronizadas (1,5 mm de profundidade × 1,5 mm de diâmetro) com auxílio de ponta diamantada 2294 (KG Sorensen, Barueri, São Paulo, Brasil), montada em caneta de alta rotação sob constante refrigeração ar-água. A cada 10 preparos, foi realizada a substituição da ponta diamantada. Para cada material, foram distribuídos aleatoriamente 40 blocos com cavidades prontas para receber a restauração. As cavidades foram então restauradas com os materiais listados na Tabela 1, seguindo as recomendações dos respectivos fabricantes.

Para os materiais fotoativados (Z-250® e Vitremer®), foi utilizado o aparelho Optilight Plus (Gnatus, Ribeirão Preto, SP, Brasil), com intensidade de luz aferida em 600 mW/cm², conforme leitura do radiômetro portátil Demetron 100 (Demetron Research Corp., Danbury, EUA). Depois de restaurados, os blocos foram mantidos em recipientes fechados, com umidade relativa e a 37°C por 24 h. Após este período, foi realizado o polimento das restaurações com discos de lixa de óxido de alumínio com granulação decrescente (Sof-Lex®/3M ESPE, Sumaré, SP, Brasil) em baixa rotação sob refrigeração.

Tabela 1. Materiais restauradores utilizados, de acordo com sua classificação, composição* e fabricante.

Material	Fabricante	Composição das partículas	Matriz resinosa ou líquido	Classificação
Z-250®	3M-ESPE (Sumaré, SP, Brasil)	zircônia/sílica	BIS-GMA, UDMA e BIS-EMA	Resina composta híbrida
MAXXION R®	FGM (Joinville, SC, Brasil)	ionômero de vidro micronizado*	ácido poliacrílico*	Cimento de ionômero de vidro convencional
VIDRION R®	SS WHITE (Rio de Janeiro, RJ, Brasil)	fluorsilicato de sódio, cálcio e alumínio; sulfato de bário; ácido poliacrílico; pigmento óxido ferroso	ácido tartárico; veículo aquoso	Cimento de ionômero de vidro convencional
VITREMER®	3M-ESPE (Sumaré, SP, Brasil)	cristais de fluorossilicato, persulfato de potássio, ácido ascórbico e pigmentos	ácido polialcenoico, grupos metacrilatos, água, HEMA, canforoquinona	Cimento de ionômero de vidro modificado por resina

* A completa composição do material não foi fornecida pelo fabricante.

Indução de cárie artificial

O modelo dinâmico proposto por Featherstone et al. (10), descrito por Serra e Cury (11) e adaptado por Serra e Rodrigues Jr. (12) e por Rodrigues et al. (13) foi utilizado para a indução das lesões de cárie *in vitro*.

Os blocos de esmalte restaurados foram submetidos manualmente a 500 ciclos térmicos, banhados em temperaturas de 5 ± 2 e $55\pm 2^\circ\text{C}$, com tempo de permanência de 1min em cada banho. Após a ciclagem térmica, os blocos de esmalte restaurados foram cobertos com cera 7 deixando livre a restauração e área de 1,0mm de esmalte ao redor desta para padronizar a área de atuação das soluções desmineralizante (2mM cloreto de cálcio; 2mM fosfato de potássio; 75mM acetato de sódio - pH 4,3) e remineralizante (1,5mM cloreto de cálcio; 0,95mM fosfato de potássio; 150mM de cloreto de potássio - pH 7,0) durante a ciclagem de pH. Iniciando o ciclo, cada amostra foi imersa individualmente em 30mL de solução desmineralizante por 6h, lavada em água destilada e deionizada, seca e imersa individualmente em 30mL de solução remineralizante, completando o ciclo de 24h. Decorrido este tempo, os blocos foram removidos da solução remineralizante, lavados, secos e novamente imersos em solução desmineralizante por 6h, dando início a um novo ciclo. Foram realizadas 10 ciclagens para cada grupo experimental conduzidas por 14 dias. Todas as soluções foram renovadas diariamente, exceto as dos dias 6, 7, 13 e 14, quando os blocos permaneceram somente na solução remineralizante (12, 13).

Após o desafio cariogênico, os blocos de esmalte foram novamente submetidos ao ensaio de microdureza Vickers, sob as mesmas condições do ensaio inicial. No entanto, as endentações finais foram realizadas no intervalo de 100 a 300 μm de distância da margem da restauração voltada para o lado oposto ao que foi utilizado para a realização das endentações iniciais.

Análise estatística

A variação de microdureza Vickers (inicial \times final) dentro de cada grupo de material restaurador foi analisada por

teste t de Student para amostras pareadas. A perda de dureza superficial (PDS) do esmalte entre os grupos experimentais foi comparada através de análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey. Foi utilizado nível de significância de 0,05 para os testes realizados com o programa SPSS versão 13.0.

Resultados

A comparação entre a perda de dureza superficial do esmalte adjacente aos materiais restauradores testados está descrita na Tabela 2. Não houve diferença significativa de PDS entre os materiais resinosos. Os materiais com maior perda de dureza superficial do esmalte adjacente, em ordem decrescente, foram Z-250 = VITREMER > VIDRION R > MAXXION R.

Tabela 2. Comparação da perda de dureza superficial (PDS) (Vickers) no esmalte adjacente a restaurações materiais testados (n=40/grupo) após desafio cariogênico.

Material	Dureza inicial Média \pm DP	Dureza final Média \pm DP	PDS* Média \pm DP	P
Z-250	483 \pm 36	152 \pm 15	331 \pm 30 ^a	0,327
MAXXION R	446 \pm 28	338 \pm 24	108 \pm 10 ^c	<0,001
VIDRION R	437 \pm 23	240 \pm 18	196 \pm 13 ^b	<0,001
VITREMER	429 \pm 26	123 \pm 15	305 \pm 27 ^a	0,327

* Médias seguidas de letras distintas são estatisticamente diferentes (ANOVA e Teste de Tukey, $\alpha=0,05$).

Discussão

Mesmo com as limitações de um estudo *in vitro* para inferências clínicas, o desenvolvimento observável das lesões de cárie artificiais, induzidas por um modelo dinâmico que mimetiza as condições que ocorrem *in vivo* em situações de alto desafio cariogênico, sugere que os mesmos efeitos poderiam ser observados em pacientes com alto risco ou atividade de cárie, tornando os resultados úteis para prever o desempenho dos materiais avaliados (12). O modelo

dinâmico de ciclagem de pH foi escolhido por simular *in vitro* o desenvolvimento e a progressão de lesões de cárie *in vivo* em situações de alto risco de cárie. A adição de ciclagens térmicas objetivou aumentar o desafio cariogênico para simular o estresse térmico que pode contribuir para o desenvolvimento de lesões secundárias de cárie (12,13). Já a utilização de dentes bovinos supre as dificuldades com relação aos impedimentos éticos referentes ao uso de dentes humanos, permitindo ainda maior número de espécimes, controle da faixa etária, obtenção de elementos hígidos, além de ausência do contato prévio do substrato com fluoretos (14). Donassollo et al. (15) consideraram não haver diferenças estatísticas nos valores de microdureza no esmalte de dentes humanos decíduos e permanentes e dentes bovinos.

Os resultados deste estudo mostraram que todos os materiais apresentaram perda de dureza superficial do esmalte adjacente após o desafio cariogênico, sendo esta significativamente menor no esmalte adjacente aos cimentos de ionômero de vidro convencionais quando comparados ao cimento de ionômero de vidro resinoso e à resina composta utilizada como controle. Este resultado corrobora com Pin et al. (16) que avaliaram *in vitro* a ação cariostática de um cimento de ionômero de vidro convencional de alta viscosidade (Ketac Molar), um cimento de ionômero de vidro modificado por resina (Vitremmer), um compômero (Dyract AP) e uma resina composta convencional (Z-250), através de realização ou não de ciclagem de pH e ensaios de microdureza. Esses autores observaram que nenhum material inibiu totalmente a formação de lesões de cárie e que os cimentos de ionômero de vidro demonstraram maior potencial cariostático frente aos materiais resinosos, assim como os resultados encontrados neste trabalho.

A literatura relata uma maior inibição de cárie por ionômeros de vidro convencionais do que por materiais híbridos e/ou resinosos, devido à maior capacidade de liberação e captação de flúor (17-22). Silva (23) avaliou a capacidade de liberação e recarga de flúor por materiais ionoméricos, observando que os cimentos de ionômero de vidro convencionais testados MAXXION R e VIDRION R, os quais também foram experimentados neste estudo, liberaram significativamente mais flúor do que os ionômeros resinosos. Como o potencial preventivo de materiais restauradores está diretamente relacionado com a capacidade de liberação de flúor (4), nos cimentos de ionômero de vidro convencionais essa habilidade é justificada por uma maior degradação devido à sua alta solubilidade, liberando mais íons flúor em condições de desafio cariogênico.

A maior perda de dureza superficial do esmalte adjacente ao cimento de ionômero de vidro modificado pela adição de componentes resinosos (Vitremmer) pode ser justificada pela sua menor capacidade de liberação de flúor, em consequência de uma menor reação ácido-base e uma movimentação iônica diminuída no interior do cimento devido à reação de polimerização (9,24). Entretanto, efeitos cariostáticos similares entre cimentos de ionômero de vidro convencionais e modificados por resina também têm sido observados (12,13,16). Da mesma forma, esses estudos afirmaram

que os materiais ionoméricos em geral (convencionais e resinosos) possuem uma maior capacidade de inibição de cárie em relação àqueles que possuem majoritariamente componentes resinosos.

Esse comportamento variável em materiais de mesma classificação pode estar relacionado às diferentes metodologias aplicadas nos estudos que comparam a inibição de cárie por materiais restauradores, assim como devido aos diferentes tipos e formulações destes. Isso não significa que a capacidade preventiva dos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina e materiais resinosos contendo flúor não deva ser considerada, mesmo porque estes materiais apresentam características que suprem algumas limitações dos CIV convencionais, como baixa resistência e estética limitada. Adicionalmente, estudos anteriores também constataram a capacidade de inibição de cárie por esses materiais (21,23). As limitações clínicas dos CIV convencionais como sensibilidade à técnica e baixa resistência mecânica podem ser suprimidas pelo uso de ionômeros de vidro resinosos. Entretanto, os materiais híbridos também possuem desvantagens referentes à falta de resistência em reconstruções de áreas críticas como ângulos incisais e cristas marginais, além de limitação estética em restaurações anteriores. No entanto, os compósitos que não apresentam tais limitações de resistência e estética não possuem a capacidade preventiva dos anteriores (12).

Portanto, todas as suas propriedades devem ser analisadas juntamente com as necessidades clínicas para nortear a escolha de um material restaurador. O potencial preventivo não deve ser o único fator que dita essa escolha, uma vez que o flúor isoladamente não impede o desenvolvimento da cárie, embora seja extremamente eficiente em reduzir sua progressão (4,14). Neste trabalho, a existência de grupos experimentais controle (sem restaurações e não submetidos ao desafio cariogênico) subsidiaria comparações e deduções adicionais dos dados obtidos. Por outro lado, os dados de microdureza obtidos no modelo testado podem ser bons indicadores para comparações futuras.

Conclusões

Pode-se concluir que:

- A desmineralização presumida pela perda de dureza superficial foi menor para o esmalte adjacente aos cimentos de ionômero de vidro convencionais (MAXXION R® e VIDRION R®) do que para o esmalte adjacente aos materiais resinosos (VITREMER® e Z-250®).
- A utilização de materiais restauradores que liberam flúor pode ser considerada uma alternativa para a prevenção de lesões secundárias de cárie, principalmente em pacientes com alto risco.

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Severino Jackson Guedes de Lima (Núcleo de Estudos e Pesquisas de Engenharia de Materiais (NEPEM) – CT/UFPB) pelo auxílio e consultoria na realização dos ensaios de microdureza.

Referências

- Kidd E, Fejerskov O. Prevenção de cárie dentária e o controle da progressão da doença: conceitos do tratamento preventivo não invasivo. In: Fejerskov O, Kidd E. *Cárie Dentária: a doença e seu tratamento clínico*. São Paulo: Santos; 2005. p. 167-9.
- Sampaio FC, Arneberg P, Fluoretos. In: Buischi, YP, *Promoção de Saúde Bucal na Clínica Odontológica*. São Paulo: Artes Médicas; 2000. p. 215-45.
- Ten Cate JM, Larsen MJ, Pearce EIF, Fejerskov O, Interações Químicas entre o Dente e os Fluidos Oraís. In: Fejerskov O, Kidd E. *Cárie Dentária: a doença e seu tratamento clínico*. São Paulo: Santos; 2005. p. 49-69.
- Cury JA, Uso do flúor e controle da cárie como doença. In: Baratieri LN et al. *Odontologia Restauradora: fundamentos e possibilidades*. São Paulo: Santos; 2002. p. 33-68.
- Wiegand A, Buchalla W, Attin T. Review on fluoride-releasing restorative materials - Fluoride release and uptake characteristics, antibacterial activity and influence on caries formation. *Dent Mater* 2007;23:343-62.
- Burke FM, Ray NJ, McConnell RJ. Fluoride-containing restorative materials. *Int Dent J* 2006;56:33-43.
- Roeland JG, Ronald MH. Effect of acetic acid on the fluoride release profiles of restorative glass ionomer cements. *Dent Mater* 1998;14:261-8.
- Itota T, Carrick TE, Yoshiyama M, McCabe JF. Fluoride release and recharge in giomer, compomer and resin composite. *Dent Mater* 2004; 20:789-95.
- Carvalho AS, Cury JA. Liberação de flúor de materiais restauradores. *Rev Odontol Univ São Paulo* 1998;12:367-73.
- Featherstone JDB, Ten Cate JM, Shariati M, Arends J. Comparison of artificial caries-like lesions by quantitative microradiography and microhardness profiles. *Caries Res* 1983;17:385-91.
- Serra MC, Cury JA. The in vitro effect of glass-ionomer cement restoration on enamel subjected to a demineralization and remineralization model. *Quintessence Int* 1992;23:143-7.
- Serra MC, Rodrigues Jr AL. Potencial Cariostático de Materiais Restauradores Contendo Flúor. *Rev Assoc Paul Cir Dent* 1998;52:359-64.
- Rodrigues JA, Marchi GM, Serra MC, Hara AT. Visual evaluation of in vitro cariostatic effect of restorative materials associated with dentifrices. *Braz Dent J* 2005;16:112-8.
- Coelho LG, Araújo MA. Avaliação qualitativa do grau de desmineralização da estrutura dental empregando-se cimento de ionômero de vidro e materiais derivados em presença de *S. mutans*- Estudo in vitro. *J Bras Clin Odontol Integr* 2003;7: 209-15.
- Donassollo TA, Romano AR, Demarco FF, Della-Bona A. Avaliação da microdureza superficial do esmalte e da dentina de dentes bovinos e humanos (permanente e decíduos). *Rev odont ciênc* 2007;22:311-6.
- Pin ML, Abdo RC, Machado MA, Silva SM, Pavarini A, Marta SN. In vitro evaluation of the cariostatic action of esthetic restorative materials in bovine teeth under severe cariogenic challenge. *Oper Dent* 2005;30:368-75.
- Amaral MT, Guedes-Pinto AC, Chevitaese O. Effects of a glass-ionomer cement on the remineralization of occlusal caries – an in situ study. *Braz Oral Res* 2006;20:91-6.
- Papagiannoulis L, Kakaboura A, Eliades G. In vivo vs in vitro anticariogenic behavior of glass-ionomer and resin composite restorative materials. *Dent Mater* 2002;18:561-9.
- Pereira PN, Inokoshil S, Tagami JM. In vitro caries inhibition around fluoride releasing materials. *J Dent* 1998;26:505-10.
- Pereira PN, Inokoshi S, Yamada T, Tagami J. Microhardness of in vitro caries inhibition zone adjacent to conventional and resin-modified glass ionomer cements. *Dent Mater* 1998;14: 179-85.
- Smales RJ, Gao W. In vitro caries inhibition at the enamel margins of glass ionomer restoratives developed for the ART approach. *J Dent* 2000;28:249-56.
- Yaman SD, Özgür ER, Yetmez M, Karabay GA. In vitro inhibition of caries-like lesions with fluoride-releasing materials. *J Oral Sci* 2004;46:45-50.
- Silva FD. Avaliação da liberação e recarga de flúor em cimentos de ionômero de vidro [dissertação]. João Pessoa (PB): Universidade Federal da Paraíba; 2006.
- Yoshida K, Atsuta M. Properties of fluoride releasing light activated resin cement. *Dent Mater* 1999;15:337-41.
- Dionysopulos N, Kotsanos N, Koliniotou-Koubia E, Tolidis K. Inhibition of demineralization in vitro around fluoride releasing materials. *J Oral Rehabil* 2003;30:1216-22.