

tais alongados (100-400 nm de comprimento e 20-80 nm de largura) que estão regularmente orientados para a superfície do dente e que cresceram ao longo da interface, mostrando que a pasta de hidroxiapatita se ligou fortemente ao esmalte do dente. A imagem de alta resolução no TEM⁶ de um cristal de hidroxiapatita (Figura b), mostra um padrão consistente com o padrão de rede conhecida da HAP: 0,688 nm para o eixo menor (c) do cristal (seta), e 0,817 nm para o eixo maior (a). Em seguida, a espectroscopia fotoeletrônica de raio-X confirma que estes são cristais de hidroxiapatita (HAP) fluoretada que cresceram paralelos à superfície dos dentes [7]. A camada de esmalte reparada apresenta uma alta durabilidade e tolerância à acidez (ver informação suplementar). Para comparação com o tratamento utilizando solução de “Acidic Phosphate Fluoride” (APF), uma alternativa para o reparo das deteriorações iniciais do dente, olhe a figura c. A imagem do microscópio eletrônico de transmissão (TEM)⁶ mostra uma camada irregular [8], [9] de fluoreto de cálcio com espessura menor que 1 μm cobrindo o esmalte, com uma diferença clara na interface (seta e linha pontilhada).

1.2 Resultados vistos no microscópio de alta resolução

O microscópio de força atômica (AFM)⁷ mostrou que os cristais de apatita do esmalte do dente original (Figura d) são ligeiramente dissolvido através da aplicação da pasta, mas rapidamente crescem novamente usando a pasta como uma fonte de minerais. Esta dissolução e re-crescimento ocorre devido à acidez forte ($\text{pH} < 2$) da pasta de hidroxiapatita, e o resultado é uma estrutura contínua de novos cristais que se estende desde o esmalte original até a camada reparada. Os novos cristais de hidroxiapatita (HAP) fluoretada cobrem toda a superfície do dente em uma matriz compactada densamente após 3

Um Esmalte Sintético para Reparo Rápido dos Dentes

Kazue Yamagishi^{1 2}, Kazuo Onuma³, Takashi Suzuki⁴,
Fumio Okada⁴, Junji Tagami⁵, Masayuki Otsuki⁵,
Pisol Senawangse⁵

Traduzido do artigo na revista *Nature* intitulado:

“A Synthetic Enamel for Rapid Tooth Repair”

¹FAP Dental Institute, 3-2-1, #502, Kakinokizaka, Meguro-ku, Tokyo 152-002, Japan.

²National Medical Clinic, 5-16-11, Minami Azabu, 202, Minato-ku, Tokyo 106-0047, Japan, e-mail: FZT02705@nifty.com

³National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Institute for Human Science and Biomedical Engineering, Central 6, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 38566, Japan.

⁴Department of Applied Chemistry and Biotechnology, Faculty of Engineering, Yamanashi University, 43-11, Takeda, Kofu, Yamanashi 400-8511, Japan.

⁵Cariology and Operative Dentistry, Department of Restorative Science, Graduate School, Tokyo Medical and Dental University, 5-45, Yushima 1-chome, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8549, Japan.

⁷AFM - Atomic Force Microscopy, Microscópio de Força Atômica

Sumário

1 Esmalte sintético em micro-cáries	1
1.1 Tratamento dos dentes com pasta de hidroxiapatita . .	1
1.2 Resultados vistos no microscópio de alta resolução . . .	2
2 Preparação do esmalte sintético dos dentes	3

1 Início das cáries tratado com esmalte sintético

O tratamento convencional da cárie dentária envolve a remoção da parte afetada do dente seguido de enchimento do buraco com um material como resina ou liga de metal [1]-[4]. Este método não é o ótimo para as deteriorações microscópicas iniciais [5],[6] porque parte do dente saudável também deve ser removido para permitir a colocação do material de preenchimento. Neste artigo descrevemos um novo material odontológico que consegue uma reparação rápida das deteriorações dentárias iniciais.

1.1 Tratamento dos dentes com pasta de hidroxiapatita

A camada exterior de um dente humano é chamada de esmalte. Ela mede 1-1,5 mm de espessura e é composta de cristais de hidroxiapatita (HAP). O início da cárie dentária envolve danos microscópicos ao esmalte (buracos $< 50 \mu\text{m}$ de profundidade) causado por bactérias formadoras de ácido, que não podem ser curados por simples materiais de obturação, porque a perfeita aderência com o esmalte não ocorre devido às diferenças de composição química e estrutura. Em 15 minutos, nossa pasta de hidroxiapatita forma cristais de HAP no local afetado, que são exatamente como aqueles do esmalte natural (para saber mais sobre o método e exemplos de tratamento, veja as informações suplementares). A Figura a mostra uma imagem de microscópio eletrônico de transmissão (TEM)⁶ de um pré-molar inferior reparado com a nossa pasta. A interface entre a camada reparada e o esmalte não mostra diferença clara. A camada reparada contém cris-

⁶TEM - Transmission Electron Microscopy, Microscópio Eletrônico de Transmissão

Referências

- [1] Raskin, A., Michotte-Theall, B., Vreven, J. & Wilson, N.H.F. J. Dent. 27, 13-19 (1999).
- [2] Wilson, N.H.F. & Mjor, I.A. J. Dent. 28, 15-21 (2000).
- [3] Carvalho, R.M., Pereira, J.C., Yoshiyama, M. & Pashley, D.H. Operative Dentistry 21, 17-24 (1996).
- [4] Hilton, T.J. American Journal of Dentistry 15, 198-210 (2002).
- [5] Frank, R. M. & Brendel, A. Archs. Oral Biol. 11, 883-912 (1966).
- [6] Johnson, N. W. Caries Res. 1, 356-369 (1967).
- [7] Elliot, J. C. Structure and Chemistry of the Apatites and Other Calcium Orthophosphates. (Elsevier, 1994).
- [8] Gerould, H. J. Dent. Res. 24, 223-233 (1945).
- [9] Duschner, H., Gotz, H. & Ogaard, B. Eur. J. Oral Sci. 105, 466-472 (1997).
- [10] Onuma, K. & Ito, A. Chem. Matt. 10, 3346-3351 (1998).
- [11] Banfield, J.F., Welch, S.A., Zhang, H., Ebert, T.T. & Penn, R.L. Science 289, 751-754 (2000).
- [12] Kazue Yamagishi, Takashi Suzuki. Journal of Esthetic Dentistry. Vol.7, 78-80 (1995).

minutos (Figura e), e são empilhados de forma tridimensional após 15 minutos (Figura f). A pasta ácida de hidroxiapatita contribui para o rápido crescimento dos cristais por quebrar os clusters de fosfato de cálcio, a unidade de crescimento da HAP, para libertar os íons de cálcio e fosfato como relatado anteriormente [10], [11].

Nós demonstramos que a pasta de hidroxiapatita pode reparar e prevenir o início da cárie através da construção de um “esmalte sintético”. Quando usada em pacientes, não se deve permitir que a pasta entre em contato com a gengiva para prevenir a inflamação devido à sua acidez e alta concentração de peróxido de hidrogênio, embora substâncias fortes semelhantes já sejam utilizadas em clínicas odontológicas.

2 Preparação do esmalte sintético dos dentes

A solução mãe foi preparada misturando uma solução aquosa de 35% de H_2O_2 com uma solução de 85% de H_3PO_4 em uma relação de volume de 4:1. A pasta foi feita pela adição de 2 ml da solução mãe para 1,5 g de pó de “fluorized-apatite”, que foi preparada misturando 1 g de pó de hidroxiapatita deficiente de Cálcio (Ube Materials Co., Japão. $\text{Ca/P} = 1,64$) com 100 ml de solução de 200 mM de NaF. A solução de NaF com hidroxiapatita (HAP) dissolvida foi agitada por 1 h em 60°C , e o precipitado (F-HAP) foi filtrado, lavado com água pura e seco em 110°C por 24 h. No tratamento, uma pequena quantidade da solução mãe foi escovada na parte afetada, e a pasta foi rapidamente aplicada antes que a solução secasse sem qualquer remoção mecânica. Em 15 minutos de tratamento, uma camada de aproximadamente 20 μm de espessura de F-HAP foi construída sobre a parte afetada. O tratamento com APF foi feito com solução APF (480 mM NaF, $\text{pH} = 3,5$), que é comumente usada em clínicas odontológicas, seguindo

o protocolo de tratamento. A durabilidade foi testada usando uma máquina de escovação e uma escova de dentes e creme dental comercialmente disponíveis em uma velocidade de 150 revoluções/minuto, uma força de carga de 200 g, amplitude de escovação de 30 mm, e 10 mil escovações. A tolerância à acidez foi testada usando saliva ácida simulada conforme às Especificações de Padrões Britânicos (British Standard Specification) para Dureza de Segurança, que continha 77 mM NaCl, 4,0 mM KCl, 2,1 mM Na₂SO₄, 7,5 mM NH₄Cl, 3,3 mM de uréia e 33 mM de ácido láctico com um pH de 4,5 ajustado pelo NaOH à 25°C. As taxas de dissolução da camada reconstruída e esmalte foram comparadas por meio de um microscópio confocal de varredura à laser⁸.

Legenda da Figura a, b, c, d, e

a Imagem TEM⁶ (Microscópio Eletrônico de Transmissão) em torno da interface entre a camada reconstruída e o esmalte. Pilares de cristais cresceram continuamente, e nenhuma borda de discontinuidade foi observada. A parte superior da figura corresponde à camada reconstruída, e parte inferior, à região do esmalte. A seta indica a direção da superfície do dente. A barra de escala é de 100 nm.

b Imagem Atômica de cristal crescido. Barra de escala é de 1 nm.

c Imagem TEM⁶ do dente tratado com APF. Partículas de CaF₂ cobrem os cristais de apatita do esmalte; uma clara lacuna estrutural é vista entre eles. Barra de escala é de 100 nm.

d Imagem AFM⁷ (Microscópio de Força Atômica) de esmalte do dente original. Blocos poligonais (seta) vistos na superfície são apatita monocristais. Barra de escala é de 50 nm.

e Imagem dos cristais recém-crescidos de F-HAP (seta) após 3 minutos de reparação com pasta. Barra de escala é de 50 nm.

f Superfície após o reparo concluído (15 minutos). Cristais de F-

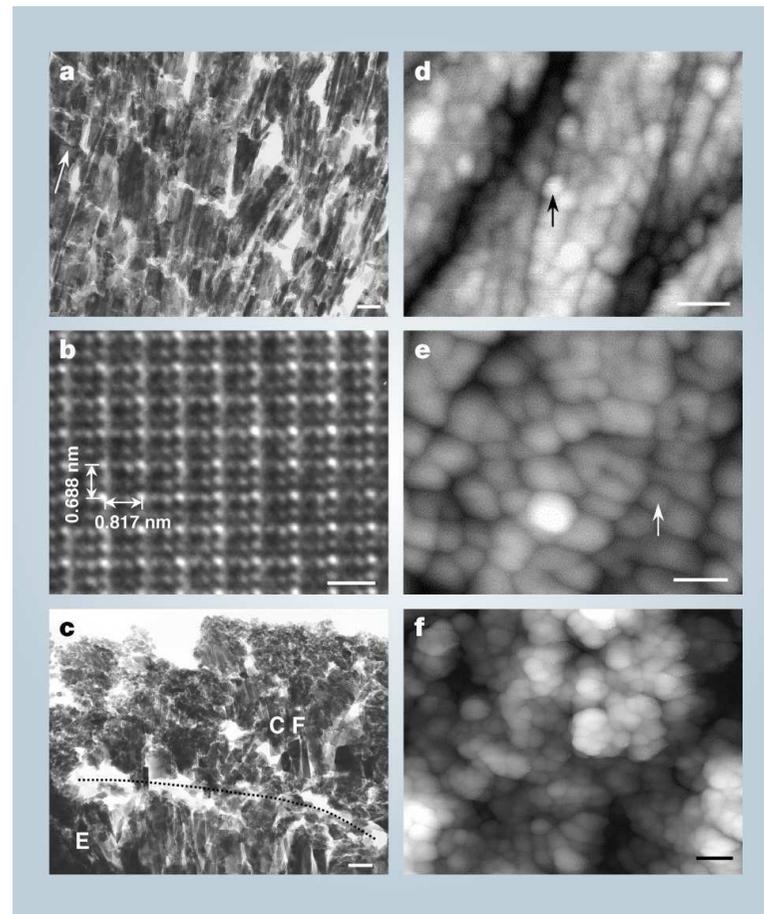


Figura 1: Imagens TEM⁶ e AFM⁷ de um dente reparado.

HAP crescidos são empilhados tri-dimensionalmente. Barra de escala é de 100 nm.

⁸laser scanning confocal microscopy