

Série Ensino, Aprendizagem e Tecnologias

Tópicos em Bioquímica e Microbiologia Bucais

Sandra Liana Henz
Lina Naomi Hashizume
Rodrigo Alex Arthur

2ª edição



Série Ensino, Aprendizagem e Tecnologias

Tópicos em Bioquímica e Microbiologia Bucais

Sandra Liana Henz
Lina Naomi Hashizume
Rodrigo Alex Arthur

2ª edição



© dos autores
1.ª edição: 1995

Direitos reservados desta edição:
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Coordenação da Série:
Cíntia Kulpa, Tanara Forte Furtado e Marcello Ferreira

Coordenação da Editoração: Cíntia Kulpa e Ely Petry
Revisão: Equipe de Revisão da SEAD
Capa: Bruno Assis, Jéssica dos Santos e Tábata Costa
Editoração eletrônica: Jéssica dos Santos e Tábata Costa

A grafia desta obra foi atualizada conforme o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa, de 1990, que entrou em vigor no Brasil em 1º de janeiro de 2009.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.



H528t Henz, Sandra Liana

Tópicos em bioquímica e microbiologia bucais [recurso eletrônico]
/ Sandra Liana Henz, Lina Naomi Hashizume [e] Rodrigo Alex Arthur ;
coordenado pela SEAD/UFRGS. – 2. ed. – Porto Alegre: Editora da UFRGS,
2021.

321 p. : pdf

(Série Ensino, Aprendizagem e Tecnologias)

1. Odontologia. 2. Bioquímica bucal. 3. Microbiologia bucal. 4. Ecologia bucal. 5. Biofilme dental. 6. Cárie. 7. Erosão dentária. 8. Saliva. 9. Flúor. 10. Infecções odontogênicas. I. Hashizume, Lina Naomi. II. Arthur, Rodrigo Alex. III. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Secretaria de Educação a Distância. IV. Título. V. Série

CDU 579.61:616.314-002

CIP-Brasil. Dados Internacionais de Catalogação na Publicação.
(Jaqueline Trombin – Bibliotecária responsável CRB10/979)

ISBN 978-65-5725-038-9

9

Desenvolvimento da Lesão de Cárie

Rodrigo Alex Arthur
Lina Naomi Hashizume
Sandra Liana Henz

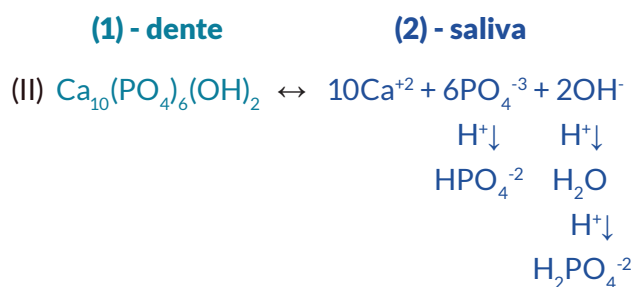
O esmalte dental é um tecido altamente mineralizado (contém apenas 1% do peso seco correspondente a material orgânico), formado por cristais de fosfato de cálcio, semelhantes à hidroxiapatita – $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, que, embora apresentem baixa solubilidade, são solúveis em meio aquoso (DAWES, 2003). Nessa condição, ocorre a dissolução da hidroxiapatita até que os íons que formam esse mineral se acumulem na saliva, havendo um equilíbrio entre a fase sólida (representada pelo dente) e a fase líquida (representada pela saliva). Esse equilíbrio é expresso por uma constante denominada *produto de solubilidade* (Kps), que representa a concentração de íons dissolvidos numa solução de um sólido pouco solúvel quando a dissolução entra em equilíbrio. Nessa condição de equilíbrio, diz-se que a solução está *saturada* em relação à solubilidade da hidroxiapatita. Nesse estágio, ainda existem trocas entre os íons da solução aquosa e o mineral do dente, porém essas trocas são mais lentas. Isso significa que, estando uma solução aquosa a 25°C, a HA se dissolverá até ser atingida na solução uma concentração molar de íons Ca^{+2} , PO_4^{-3} e OH^- na ordem de 10^{-117} , demonstrando a baixa solubilidade da HA em meio aquoso. Quimicamente, essa condição é atingida quando o produto de solubilidade da hidroxiapatita do dente (1) se iguala ao produto da atividade dos íons cálcio, fosfato e hidroxila na saliva (2), e pode ser representada de acordo com a reação I abaixo:



Esse equilíbrio segue o princípio de Le Chatelier (equilíbrio de ação das massas), onde a constante do produto de solubilidade é mantida, seja às custas de dissolução de mais minerais do sólido (dente), seja pela

precipitação no dente do excesso de íons na solução. Dessa forma, como esse equilíbrio é dinâmico, qualquer fator que modifique a concentração de qualquer um dos íons na saliva irá afetar a dissolução da hidroxiapatita. Uma redução na concentração de íons Ca^{+2} , PO_4^{-3} e OH^- no meio aquoso (saliva) deslocará o equilíbrio para o lado direito da equação I, promovendo dissolução da fase sólida até satisfazer novamente o produto de solubilidade da HA. Por sua vez, um aumento na concentração de qualquer um desses íons na solução promoverá a precipitação de mais minerais na fase sólida (dente), deslocando o equilíbrio para o lado esquerdo da equação I, mantendo o seu Kps.

Entre os fatores que provocam o desequilíbrio da solubilidade da HA, a variação do pH no meio bucal é o mais relevante. Sendo assim, na presença de ácidos, há diminuição da concentração de dois dos 3 componentes do lado direito da equação 1, tornando a saliva *subsaturada* em relação à solubilidade da HA. Esses ácidos (representados na reação II pelos íons hidrogênio) se combinarão com os íons fosfato (PO_4^{-3}) e hidroxilas (OH^-) disponíveis na saliva (reação II). Como há redução na concentração dos íons PO_4^{-3} e OH^- na solução, o sólido se dissolve para manter o produto de solubilidade da HA, na medida em que a reação II se desloca no sentido de “dissolução” da hidroxiapatita (2), mobilizando mais íons para a fase aquosa.



Entretanto, quando o pH sobe (retornando aos valores normais – pH em torno de 7,0), há um aumento nas concentrações de PO_4^{-3} e OH^- na solução, tornando a fase aquosa *supersaturada* em relação ao produto de solubilidade da HA. Para manter o produto de solubilidade da HA, há deposição de minerais sobre a fase sólida, deslocando a equação II para o lado esquerdo.

Quando o pH de uma solução supersaturada é gradualmente diminuído, o ponto na qual a solução torna-se apenas saturada em relação ao mineral em questão (no nosso caso, a HA) é chamado de *pH crítico* (DAWES, 2003).

A cárie dental

Como já relatado acima, a integridade físico-química da hidroxiapatita do dente é governada pelo pH, e o dente se comportará da mesma forma que um sólido pouco solúvel dissolvido numa solução (saliva). Nesse contexto, frente a um desafio cariogênico, representado, por exemplo, pela ingestão de açúcares, haverá produção de ácidos devido ao metabolismo bacteriano do biofilme dental, reduzindo o pH na interface biofilme/superfície dental. Essa redução no pH reduz as concentrações de íons fosfato e hidroxila na fase aquosa (saliva, fluido da placa) e o equilíbrio representado pela reação II é deslocado para a direita, ou seja, o mineral do dente se dissolve para manter o produto de solubilidade da HA. Com base nas concentrações fisiológicas de Ca^{+2} , PO_4^{-3} e OH^- na saliva e no fluido do biofilme, estima-se que seja necessário que ocorra no meio ambiente bucal uma queda de pH abaixo de 5,5 para que o meio líquido perca a sua propriedade protetora. Esse é o pH crí-

tico para desmineralização do esmalte. No caso da dentina, que possui menor conteúdo mineral (80% do peso seco), uma queda de pH abaixo de 6,5 seria suficiente para que houvesse perda de minerais (DAWES, 2003; CURY, 2001; TENUTA & CURY, 2005). Em ambos os casos, o dente sofre um processo de DESMINERALIZAÇÃO. Essa é a condição normalmente encontrada sob superfícies dentais cobertas por biofilme.

Porém, quando o pH sobe (retornando aos valores normais – pH em torno de 7,0), devido à ação do fluxo salivar, promovendo a depuração do açúcar ingerido durante a alimentação, e da capacidade tampão da saliva, neutralizando os ácidos produzidos pelas bactérias do biofilme dental, há um aumento na concentração de íons fosfato e hidroxilas no fluido da placa. Este torna-se supersaturado e o equilíbrio da reação II se desloca para a esquerda, promovendo a precipitação de minerais na superfície do dente. Sendo assim, ocorre a REMINERALIZAÇÃO de parte dos minerais perdidos durante a dissolução. Essa condição é normalmente encontrada na cavidade bucal, uma vez que a saliva e o fluido do biofilme são supersaturados em relação à hidroxiapatita, e por isso possui função remineralizante (reservatório de íons). A remineralização ocorre nos cristais parcialmente dissolvidos. Esses ciclos de desmineralização e de remineralização ocorrem frequentemente em todos os indivíduos, desde que algum acúmulo bacteriano esteja presente sobre os dentes e expostos a algum substrato fermentável. A reposição dos minerais dissolvidos nunca é eficiente para repor todo o mineral perdido, sendo que o desenvolvimento da lesão de cárie ocorre quando há um

desequilíbrio entre os eventos de des- e remineralização dental, com os de desmineralização sendo mais frequentes que os de remineralização dental (TENUTA & CURY, 2005).

Na presença de placa dental sobre o esmalte dental, aliada a uma deficiente remoção mecânica de placa e também aliada a uma dieta cariogênica, o esmalte dental, que quando hígido possui uma superfície brilhante e translúcida, adquire características branco-opaca, rugosa e porosa, típicas de uma lesão de mancha branca ativa. A falta de brilho na superfície se deve à perda de minerais e a aparência esbranquiçada reflete o aumento na porosidade interna da lesão devido a desmineralização. Essa dissolução dos minerais aumenta a porosidade do esmalte, permitindo com que a lesão de cárie seja detectada clinicamente. Com a dissolução dos cristais, há aumento no volume dos poros, que se tornam preenchidos por água. Quando a superfície do esmalte é seca com jato de ar, toda a água entre os cristais é removida e preenchida por ar. Existe uma diferença entre o índice de refração do ar (1,0), da água (1,3) e da hidroxiapatita (1,6). Como o índice da água é mais próximo do da hidroxiapatita, quando os poros estão preenchidos por água, pouca diferença é encontrada na translucidez do esmalte. Entretanto, quando a superfície é seca com jato de ar, e como o ar possui um índice de refração muito menor do que o da hidroxiapatita, o esmalte perde a sua translucidez e a região de desmineralização é observada como uma área branco-opaca, e devido à perda de minerais essa região também apresenta-se rugosa. Lesões pouco desmineralizadas necessitam de um tempo maior de secagem para serem observadas, ao passo que lesões mais desmineralizadas são facilmente identificadas, mesmo sem secagem da superfície.

Na medida em que a lesão progride no esmalte e atinge a dentina, essa também apresenta-se clinicamente como uma área amarelo-castanho claro, úmida e de tecido amolecido, características de lesão cariosa dentinária ativa. A completa paralisação da produção de ácidos na superfície resulta em gradual retorno ao pH neutro na parte interna da lesão, havendo difusão de prótons em direção à superfície externa, e, gradualmente, os fluidos do esmalte retornam ao estado de supersaturação em relação às apatitas. Isso implica dizer que a remoção mecânica de placa, associada ao controle de ingestão de carboidratos fermentáveis, são fatores necessários para o controle da doença cárie.

Composição química do esmalte e relação com a solubilidade da hidroxiapatita

Como já relatado, o esmalte dental é um tecido acelular e altamente mineralizado, formado por minerais do tipo hidroxiapatita. Possui 99% do peso seco correspondente a minerais e apenas 1% a conteúdo orgânico. Do conteúdo mineral, 37% é de cálcio, 52% é de fosfato e 3% é de hidroxila. Apesar de seu alto conteúdo mineral, o esmalte dental é um sólido poroso, devido à presença de proteínas e água, permitindo que essa estrutura mineralizada seja permeável e troque matéria com o meio ambiente. Além desses íons mais prevalentes na estrutura do cristal, a hidroxiapatita permite a inclusão de íons contaminante em locais normalmente reservados para íons cálcio, fosfato e hidroxilas. Zinco e Chumbo são encontrados mais nas camadas superficiais. Sódio e magnésio são encontrados nas camadas mais profundas. Das substi-

tuições, talvez as mais importantes sejam a substituição do fosfato por carbonato (cujas concentrações aumentam em profundidade) e de hidroxila por flúor (mais concentrados nas camadas mais superficiais). Há um limite de quantos carbonatos podem ser acomodados nos cristais de hidroxiapatita sem romper o cristal. Também, pode ocorrer 100% de substituição das hidroxilas por flúor (formando cristal de fluorapatita). Porém, essa condição não está presente nos tecidos biológicos. A substituição parcial das hidroxilas por flúor é compatível com a formação de um cristal do tipo fluorhidroxiapatita. As substituições iônicas influenciam as propriedades físicas e químicas do mineral, e o ponto mais importante é a alteração na sua solubilidade. A inclusão de carbonato na hidroxiapatita torna-a mais solúvel. Isso explicaria o porquê da cárie progredir mais rápido na dentina do que no esmalte, nos dentes decíduos e nos dentes recém-erupcionados.

REFERÊNCIAS

- CURY, J. A. Uso do flúor e controle da cárie como doença. *In*: BARATIERI, L. N. et al. **Odontologia restauradora: fundamentos e possibilidades**. São Paulo: Ed. Santos, 2001. Cap 2. p. 31-68
- DAWES, C. What is the critical pH and why does a tooth dissolve in acid? **J Can Dent Assoc**, 69, p. 722-724, 2003.
- TENUTA, L. M. A.; CURY, J. A. Fluoreto na prática de promoção de saúde individual e coletiva. **Cadernos da ABOPREV IV**, Rio de Janeiro, p. 2-7, 2005.