



DEPARTAMENTO DE BIOMATERIAIS E BIOLOGIA ORAL

Disciplina ODB 400 – Biomateriais para uso direto

Roteiro de estudos – Data: 10/03/2021

Professor: Roberto Braga

Cimentos I: Hidróxido de Cálcio e Silicato de Cálcio (MTA)

Aula 1: Conceitos básicos (duração: 18 minutos; para slides, [clique aqui](#))

1. Resposta inflamatória pulpar

1.1. Problema clínico 1 – Cavidades profundas sem exposição pulpar

A alta permeabilidade da dentina próxima à polpa (maior densidade e diâmetro dos túbulos dentinários) associada à pequena espessura da dentina remanescente não impede que bactérias ou toxinas bacterianas atinjam o tecido conjuntivo pulpar.

1.2. Problema clínico 2 – Exposição pulpar durante a remoção o tecido cariado ou por trauma

A exposição pulpar que ocorre durante a remoção do tecido cariado em lesões profundas indica (na maioria dos casos) que o tecido pulpar está sofrendo os efeitos da contaminação bacteriana (ou de suas toxinas). No caso de exposição por trauma não existe contaminação bacteriana; porém, caso a exposição por trauma não seja tratada imediatamente, poderá haver contaminação (o que altera o prognóstico do tratamento).

1.3. Mecanismo de resposta inflamatória

Agressão ao tecido conjuntivo leva a uma reação inflamatória. Trata-se de um evento fisiológico que faz parte do processo de reparação do tecido. Odontoblastos respondem à agressão bacteriana secretando (liberando) citocinas e ativando o sistema complemento (o sistema complemento é um dos principais mecanismos para que o reconhecimento de patógenos seja convertido em uma resposta imune efetiva contra uma infecção inicial. O complemento é um sistema de proteínas plasmáticas que podem ser ativadas diretamente por patógenos ou indiretamente através de anticorpos ligados a patógenos, levando a uma cascata de reações que acontecem na superfície do patógeno e gera componentes ativos com várias funções efetoras. Fonte: www.biomedicinapadrao.com.br). Como resultado, ocorre um aumento da permeabilidade das paredes dos vasos sanguíneos da polpa, facilitando a saída de células de defesa para a região da agressão.

1.4. Inflamação = dor + calor + rubor + TUMOR (edema):

O maior aporte sanguíneo em regiões inflamadas promove um edema (inchaço). Porém, o tecido pulpar

não suporta um edema intenso porque não tem como expandir, pois está envolvido pelas paredes rígidas da câmara pulpar. Como consequência, respostas inflamatórias intensas podem comprometer o processo de reparação pulpar.

2. Objetivo do capeamento pulpar

Criar condições favoráveis para a recuperação do tecido conjuntivo pulpar agredido através da aplicação de materiais com propriedades específicas para esta finalidade. Essas condições favoráveis incluem (a) proteger o tecido contra irritações bacterianas adicionais e (b) estimular a formação da dentina terciária (reacional ou reparativa).

2.1 Capeamento pulpar direto: realizado quando há exposição evidente da polpa (sangramento). Espera-se que o capeamento estimule a formação de **dentina reparativa** na região exposta, chamada “ponte de dentina” ou “barreira mineralizada”.

2.2 Capeamento pulpar indireto: realizado em casos onde não há exposição aparente da polpa (não há sangramento) mas a espessura da dentina remanescente é muito pequena. Espera-se que o capeamento estimule a formação de **dentina reacional**.

Processos inflamatórios intensos podem levar a um quadro clínico irreversível chamado pulpíte, caracterizado por dor intensa. Existem casos que o maior aporte sanguíneo ao tecido conjuntivo pulpar impede a circulação sanguínea a ponto de causar a necrose tecidual. Em ambos os casos, o capeamento pulpar não está indicado. A conduta clínica neste caso é o tratamento endodôntico, com remoção completa do tecido pulpar e obturação dos canais radiculares.

3. Como definir a conduta clínica

Alguns aspectos que o clínico deve analisar para definir se o capeamento pulpar estaria indicado são (a) é um dente permanente jovem? (b) é uma exposição traumática recente (houve contaminação)? (c) foi uma exposição durante o preparo cavitário? (d) Qual é o tamanho da área exposta? (e) apresenta sangramento abundante (inflamação)? (f) Existe histórico de dor pré-operatória?

4. Taxas de sucesso do capeamento pulpar em polpas expostas por cárie

Em uma revisão sistemática (levantamento de dados provenientes de vários estudos clínicos) publicada em 2011, foram relatadas porcentagens de sucesso de capeamentos pulpares diretos em casos de exposição por cárie situam-se entre 87,5 % e 95,4%, dependendo do período de acompanhamento. No

geral, as taxas de sucesso são bastante altas, mas existem mais casos de insucesso (ou seja, dentes que receberam o capeamento, porém evoluíram para pulpíte ou necrose) em períodos de acompanhamento mais curtos (talvez por serem casos “límitrofes”, onde talvez o capeamento não devesse ter sido tentado) e em períodos de acompanhamento maiores do que 3 anos (possivelmente porque algumas complicações só se manifestam após períodos mais longos).

Aula 2: Regeneração pulpar e mecanismo de ação dos materiais para capeamento (duração: 9 minutos; para slides, [clique aqui](#))

1. Regeneração pulpar

Em casos de exposição pulpar, onde as células da camada odontoblástica foram destruídas, células da camada subodontoblástica liberam fatores de crescimento e mediadores do sistema complemento que estimulam a migração de células-tronco (localizadas na superfície externa dos vasos sanguíneos da polpa) para o local da lesão. Essas células se diferenciam em células odontoblast-like que passam a secretar matriz dentinária e expressar marcadores que indicam atividade mineralizante dessa matriz (por ex., nestina e sialoproteína dentinária).

Quando os odontoblastos não foram destruídos (ou seja, existe inflamação, mas sem exposição pulpar aparente), são eles que aumentam sua atividade secretória.

No capeamento pulpar INDIRETO, os odontoblastos originais produzem dentina terciária reacional. No capeamento pulpar DIRETO, células odontoblast-like produzem dentina terciária reparativa.

2. Mecanismos de ação dos materiais para capeamento pulpar

Colocados em contato direto com tecido pulpar exposto ou na região mais profunda da cavidade, esses materiais liberam íons hidroxila e íons cálcio para esse tecido, que apresentam os seguintes mecanismos de ação:

2.1 Hidroxila (OH^-): alcalinizam a região do tecido em contato com o material (pH=10), eliminando bactérias acidófilas. O pH elevado desses materiais também promove uma leve necrose do tecido, o que promove um selamento da área exposta protegendo-a de novas agressões. O pH elevado também favorece a precipitação de apatita (ou seja, a formação da barreira mineralizada)

2.2 Cálcio (Ca^{2+}): induzem a diferenciação das células-tronco pulpares em células *odontoblast-like*. O cálcio fornecido pelo material juntamente com íons fosfato presentes no fluido tissular resultam na

precipitação de apatita.

O hidróxido de cálcio e silicato de cálcio são os únicos materiais restauradores realmente bioativos (ou seja, capazes de estimular uma resposta tecidual) atualmente utilizados em odontologia restauradora.

Aula 3: Hidróxido de cálcio e silicato de cálcio (duração: 14 minutos; para slides, [clique aqui](#))

1. Hidróxido de cálcio – formas de apresentação

1.1 Pró-análise (P.A.): é o Ca(OH)_2 puro. É manipulado com um líquido estéril (por ex., soro fisiológico ou solução anestésica), formando uma pasta que é aplicado no local da exposição pulpar (ou na região mais profunda da cavidade). Não apresenta reação de presa (não “endurece”). Vantagem: como é puro (não apresenta outros componentes), teoricamente é a apresentação com maior potencial de bioatividade.

1.2. Duas pastas: é a forma de apresentação mais comum. Uma das pastas tem como componente principal o ácido etilenoglicol salicílico e a outra pasta contém o Ca(OH)_2 . Quando misturadas, forma-se um sal (disalicilato de cálcio), que envolve as partículas de Ca(OH)_2 que não foram consumidas na reação de presa. Observação: os termos “pasta catalisadora” e “pasta base” não têm nenhum significado químico – são apenas denominações dadas pelo fabricante.

1.3 Fotopolimerizável: Ca(OH)_2 misturado a uma resina fotoativável. A vantagem desse material é a facilidade de uso, pois não necessita de mistura (como a apresentação em duas pastas) e tem tempo de trabalho e tempo de presa sob controle do dentista, uma vez que a reação de presa é a polimerização do componente resinoso (monômeros), que é ativada pela luz. Desvantagem: é o menos “bioativo” dos materiais à base de Ca(OH)_2 , pois boa parte do volume do material é ocupado por resina. Além disso, os monômeros podem apresentar algum efeito citotóxico sobre o tecido pulpar.

2. Silicato de cálcio – MTA (agregado de trióxido mineral)

2.1. Composição: Silicato tricálcico, silicato dicálcico e óxido de bismuto (confere radiopacidade). Sua composição é muito semelhante à do cimento Portland, obviamente, sem contaminantes como metais pesados e outras impurezas.

2.2 Reação de presa: ocorre pela hidratação do silicato tricálcico e silicato dicálcico que sofrem dissociação e seus íons re-precipitam como fases diferentes. São elas: (a) um gel amorfo de silicato de cálcio hidratado (matriz), que envolve (b) partículas de Ca(OH)_2 cristalino (“portlandite”).

2.3. *Variações do MTA*: devido ao bom desempenho clínico do MTA, foram desenvolvidos produtos que apresentam outros componentes além do MTA com o objetivo de melhorar suas propriedades mecânicas e/ou acelerar a reação de presa (que é muito lenta no MTA puro) ou facilitar a manipulação.

Aula 4 - Propriedades dos materiais para capeamento (duração: 10 minutos; para slides, [clique aqui](#))

1. Tempo de trabalho e tempo de presa

1.1. *Tempo de trabalho*: é o tempo transcorrido a partir do início da manipulação (início da reação de presa, por exemplo, o momento que se inicia a mistura das duas pastas do hidróxido de cálcio) até o momento no qual o material não apresenta mais escoamento e plasticidade suficientes para permitir a inserção na cavidade. Idealmente, o tempo de trabalho deve ser suficientemente longo para que o dentista se sinta confortável ao utilizar o material

1.2. *Tempo de presa*: é o tempo transcorrido a partir do início da manipulação até o momento que a reação de presa se completa. Clinicamente, diz-se que o tempo de presa inicial corresponde ao tempo que deve ser aguardado antes que o material entre em função (por ex., pode suportar cargas mastigatórias fisiológicas sem sofrer fratura). Note que o tempo de presa é mais longo do que é o tempo de trabalho. Idealmente, o tempo de presa deve ser curto o suficiente para que o dentista não precise aguardar para continuar o procedimento e para que a restauração na fratura, caso o paciente morda ou mastigue nas primeiras horas.

1.3 *Hidróxido de cálcio*: (a) pró-análise não tem reação de presa; portanto, não faz sentido se referir ao tempo de trabalho e tempo de presa; (b) a apresentação em duas pastas apresenta tempo de trabalho e de presa curtos. A presa desse material é acelerada pelo calor e umidade da cavidade bucal; (c) o Ca(OH)_2 fotoativável tem tempo de trabalho indeterminado (a reação só se inicia quando o material é fotoativado, após inserido na cavidade) e tempo de presa curto (a reação de polimerização ativada por luz é muito rápida).

1.4. *Silicato de cálcio*: (a) o MTA apresenta tempos de trabalho e de presa bastante longos. Os mais “rápidos” levam 10-15 min para tomar presa; (b) Materiais à base de silicato de cálcio com aceleradores (por ex., Biodentine™) apresentam tempo de presa de poucos minutos e os fotoativáveis têm comportamento semelhante ao Ca(OH)_2 fotoativável.

2. Solubilidade e liberação de íons

Para liberar íons, o material utilizado no capeamento pulpar deve apresentar algum grau de solubilidade. O Ca(OH)_2 pró-análise, por exemplo, é totalmente solúvel porque não tem reação de presa. Por outro lado, os materiais com matriz resinosa são pouco solúveis (portanto, sua bioatividade é menor).

A liberação de íons é maior nos momentos iniciais e diminui ao longo do tempo. Essa é uma característica comum em materiais que liberam íons: a bioatividade não ocorre indefinidamente. Porém, para auxiliar na reparação pulpar é importante que a liberação de íons hidroxila e cálcio seja de fato maior nos momentos iniciais. Ou seja, essa redução nas concentrações liberadas não é um problema. Note que no trabalho apresentado, o MTA puro liberou concentrações maiores de cálcio do que o Ca(OH)_2 na forma de duas pastas, o que era esperado devido a diferenças na composição dos dois materiais.

Aula 5 - Propriedades dos materiais para capeamento - continuação (duração: 12 minutos; para slides, [clique aqui](#))

1. Propriedades mecânicas

O Ca(OH)_2 na forma de duas pastas e o MTA puro são mecanicamente muito fracos. Por esse motivo, devem ser aplicados em pequenas quantidades somente no local mais profundo da cavidade. É importante ressaltar que a utilização de quantidades pequenas não compromete a bioatividade desses materiais porque eles agem por contato direto com o tecido conjuntivo pulpar (exposto ou praticamente exposto, em regiões com pequena espessura do remanescente dentinário)

O Biodentine™ apresenta uma resistência à fratura 5x maior e rigidez 3- 6 x maior do que o hidróxido de cálcio e o MTA, podendo ser indicado também como restaurador provisório de curta duração.

2. Desempenho clínico – Metanálise de resultados extraídos de 13 estudos

O MTA apresentou resultados superiores ao Ca(OH)_2 em relação à ausência de sintomatologia, ausência de resposta inflamatória e formação de barreira mineralizada (dentina terciária reparativa). Algumas hipóteses para o melhor desempenho do MTA: (a) promove um melhor selamento da área exposta, (b) maior aderência celular (ou seja, maior afinidade dos odontoblastos pelo MTA), (c) maior ativação dos odontoblastos, (d) o MTA promove uma maior alcalinização do meio, por períodos mais prolongados, o que torna sua ação antimicrobiana mais eficaz, reduzindo o agente agressor e,

consequentemente, a inflamação.

3. Condutas clínicas – filosofias de tratamento

Existem estudos clínicos que mostram que em cavidades profundas sem exposição pulpar a utilização de um material para capeamento pulpar indireto não seria condição necessária para a formação de dentina reacional, desde que as margens da restauração estejam bem seladas, evitando a penetração de bactérias e interrompendo a progressão da lesão.

Glossário

Apatita: fase mineral de fosfato de cálcio formada ao redor do arcabouço de fibras colágenas secretadas pelos odontoblastos ou pelas células *odontoblast-like* a partir da precipitação de íons cálcio e fosfato.

Bioatividade: característica de materiais capazes de estimular respostas específicas em tecidos vivos (por ex., secretar matriz dentinária). Materiais capazes de liberar íons (cálcio, fluoretos) que combinados com íons presentes em fluídos fisiológicos resultam na precipitação de minerais também são considerados bioativos.

Células odontoblast-like: células resultantes da diferenciação de células-tronco mesenquimais da polpa que migram para a região da lesão pulpar e secretam matriz dentinária, em casos de exposição pulpar (ou seja, quando as células da camada odontoblástica foram destruídas).

Capeamento pulpar direto: procedimento realizado em cavidades profundas quando há exposição evidente da polpa (sangramento) com o objetivo de favorecer/estimular a formação de **dentina terciária reparativa** na região exposta, chamada “ponte de dentina” ou “barreira mineralizada”.

Capeamento pulpar indireto: procedimento realizado em cavidades profundas quando não há exposição aparente da polpa (não há sangramento) mas a espessura da dentina remanescente é muito pequena. Espera-se que o capeamento estimule a formação de **dentina terciária reacional**.

Necrose pulpar: forma de dano celular que provoca a morte prematura das células em tecidos vivos através do processo de autólise (fonte: Wikipedia).

Pulpite: processo inflamatório irreversível do tecido conjuntivo pulpar.

Reação de presa: reação química que se inicia com a mistura dos componentes de um material (por ex., duas pastas ou pó+líquido) ou através de ativadores físicos (por ex, a luz do aparelho fotoativador),

promovendo alterações nas suas propriedades físico-químicas (por ex., aumento na resistência à fratura, rigidez e dureza, redução na fluidez e solubilidade).

Tempo de trabalho: é o tempo transcorrido a partir do início da manipulação (início da reação de presa, por exemplo, o momento que se inicia a mistura das duas pastas do hidróxido de cálcio) até o momento no qual o material não apresenta mais escoamento e plasticidade suficientes para permitir a inserção na cavidade. Idealmente, o tempo de trabalho deve ser suficientemente longo para que o dentista se sinta confortável ao utilizar o material

Tempo de presa: é o tempo transcorrido a partir do início da manipulação até o momento que a reação de presa se completa. Clinicamente, diz-se que o tempo de presa inicial corresponde ao tempo que deve ser aguardado antes que o material entre em função (por ex., pode suportar cargas mastigatórias fisiológicas sem sofrer fratura). Note que o tempo de presa é mais longo do que é o tempo de trabalho. Idealmente, o tempo de presa deve ser curto o suficiente para que o dentista não precise aguardar para continuar o procedimento e para que a restauração na fratura, caso o paciente morda ou mastigue nas primeiras horas.

Material complementar e bibliografia

1. [Girauld et al. Dent Mater 2019](#)
2. [Aguilar et al. J Endod 2011](#)
3. [Natale et al. Int Endod J 2015](#)
4. [Li et al. J Endod 2015](#)
5. [Corralo e Maltz Caries Res 2013](#)