

IMPORTÂNCIA DA DISSOCIAÇÃO DOS ÍONS CÁLCIO E HIDROXILA DE PASTAS DE HIDRÓXIDO DE CÁLCIO

Importance of the dissociation of calcium and hydroxyl ions from calcium hydroxide pastes

Silvana Sadocco Barreto ¹

Simone Bonatto Luisi ²

Elaine Vianna Freitas Fachin ³

Resumo

O objetivo desse trabalho foi discutir, por intermédio da revisão da literatura, a aquisição de estreptococos cariogênicos na infância. São apresentadas várias perspectivas do fenômeno como influência da dieta e dos índices de cárie dos responsáveis, produção de mutacinas, janelas de infectividade e fidelidade de transmissão, segundo publicações nas quais foram empregadas modernas técnicas de identificação bacteriana baseadas em Biologia Molecular.

Palavras-chave: Cárie dental; Estreptococos cariogênicos; Infecção.

Keywords: Cárie dental; Estreptococos cariogênicos; Infecção.

Abstract

The objective of this paper was to review the literature on acquisition of cariogenic streptococci on the childhood. It were presented many perspectives of such phenomenon, as the influence of diet habits and caries indexes of their tutors, mutacin production, infectivity windows and transmission fidelity, according to publications in which it were employed modern bacterial identification based on Molecular Biology procedures.

Palavras-chave: Dental caries; Cariogenic streptococci; Infection.

¹ Cirurgiã-Dentista PUCRS. Especialista em Endodontia ABORS. Interna Especial em Endodontia UFRGS.

Endereço: Rua Dr. Arnaldo da Silva Ferreira, nº 210. Jardim Isabel. Porto Alegre RS. CEP: 91760 240. Telefone: 51 99870908. e-mail: silsadocco1@hotmail.com.

² Professora de Endodontia PUCRS. Mestre em Clínica Odontológica

³ Professora de Endodontia UFRGS. Master of Science, Doutora em Endodontia.

Introdução

Em casos de necrose pulpar, a medicação intracanal deve ser efetiva contra bactérias que sobreviveram ao preparo químico-mecânico do canal radicular, bem como controlar o exsudato persistente e a ação destrutiva dos osteoclastos na ocorrência de reabsorção radicular externa (1). Segundo Nerwich, Fidgor e Messer (2), o hidróxido de cálcio tem sido usado na Endodontia desde 1920, quando Hermann empregou-o no tratamento de dentes desvitalizados. O sucesso como medicação deve-se ao seu efeito iônico, ocasionado pela dissociação química em íons cálcio e hidroxila que agem no tecido e nas bactérias, ação esta responsável pelas propriedades antimicrobianas e biológicas da medicação (3).

A propriedade antimicrobiana é traduzida pela perda da integridade da membrana citoplasmática bacteriana, pela inativação das enzimas bacterianas e pelo dano ao DNA bacteriano. Por outro lado, a propriedade biológica é o resultado da ativação da fosfatase alcalina pela elevação do pH (entre 8.6 e 10.3) produzido pela dissociação iônica. Essa enzima tem a capacidade de induzir os íons fosfato a reagirem com os íons cálcio, formando precipitados de fosfato de cálcio (hidroxiapatita), fato que caracteriza o processo de mineralização (3).

Safavi e Nichols, em 1994, (4) demonstraram que o hidróxido de cálcio tem a capacidade de hidrolisar a porção lipídica do lipopolissacarídeo bacteriano, promovendo a degradação dele, além de alterar as propriedades biológicas de tal endotoxina. Segundo os autores, esses achados sugerem que o hidróxido de cálcio é capaz de mediar a degradação dos lipopolissacarídeos.

O propósito da presente revisão é examinar os experimentos que fundamentam o uso da pasta de hidróxido de cálcio como medicação intracanal e analisar a real importância da dissociação dos íons cálcio e hidroxila das pastas de hidróxido de cálcio. Para tanto, as questões a serem abordadas são: microbiota endodôntica, veículos e importância da

dissociação iônica dos íons cálcio e hidroxila de pastas de hidróxido de cálcio.

Revisão da literatura

2.1. Microbiota endodôntica

Conhecer a microbiota habitante do sistema de canais radiculares é de extrema importância para o entendimento da função das bactérias na origem, no desenvolvimento e na manutenção das patologias apicais. Além disso, esse conhecimento possibilita ao endodontista selecionar técnicas efetivas para erradicar essa microbiota, controlando, assim, a infecção (5).

A classificação das bactérias em microbiologia clínica costuma ser não apenas pelo método de coloração de Gram, mas também pela sua relação com o oxigênio (3). De acordo com essa relação, espécie pode ser classificada como aeróbia por crescer na presença do ar com 21% de oxigênio (3), capnofila, por crescer na presença de 10% de gás carbônico (difícilmente cresce na ausência deste gás), microaerofila, que cresce na presença de 2 a 8% de oxigênio e pode ficar exposta ao ar ambiente de 60 a 90 minutos, ou ainda anaeróbia estrita, incapaz de crescer na presença de níveis de oxigênio maiores que 0.5% (6).

Até 1970, não havia recursos sofisticados para a detecção de anaeróbios, e a literatura revelava predominância de microorganismos aeróbios em dentes desvitalizados e infectados. Contudo, a partir de 1970, com o advento de recursos para a cultura e a identificação de anaeróbios, Zavistoski, Dzink, Onderdonk e Bartlett, em 1980, (7) comprovaram que as infecções endodônticas apresentam uma microbiota mista de aeróbios e anaeróbios e que o total de anaeróbios e aeróbios foi muito semelhante. No entanto, para Ando e Hoshino, em 1990 (8), que realizaram um estudo com o objetivo de investigar a presença e os tipos de bactéria que invadem as profundezas das camadas de dentina infectadas, 80% eram de anaeróbios estritos. Convém acrescentar que, segundo Baumgartner, em 1977 (9), há predomínio

de bactérias anaeróbias estritas com certas anaeróbias facultativas e raramente aeróbias. Em 2001, Love (10) realizou estudo cujo objetivo era identificar um mecanismo que pudesse explicar por que o *Enterococcus faecalis* pode sobreviver no interior dos túbulos dentinários e manter seu potencial de penetração nesses túbulos. O autor concluiu que a habilidade dessa bactéria em causar doença periapical e impedir o sucesso de um tratamento endodôntico pode ser devido à capacidade dessa bactéria de invadir os túbulos dentinários e permanecer viável dentro deles. Os resultados demonstraram que *Enterococcus faecalis* permanece viável e mantém a capacidade de invadir os túbulos dentinários e de aderir ao colágeno na presença do soro humano.

É imprescindível destacar que as infecções endodônticas com *Enterococcus faecalis* podem representar um problema para o tratamento devido à dificuldade de eliminá-lo do sistema de canais radiculares. Isso ocorre por esse microorganismo poder existir como cultura pura, sem o suporte de outra bactéria (11). Além disso, apresenta a capacidade de ocupar nichos ecológicos criados pela remoção de outros microorganismos e à capacidade de crescer em um ambiente pobre em nutrientes (12). Ainda, é de extrema importância acrescentar que esse microorganismo possui a capacidade de sobreviver a um pH de 11,5, fato que, segundo Han, Park e Yoon, em 2001, (13) pode contribuir para a ocorrência de re-infecção e reabsorção radicular inflamatória.

Em 2003, Siqueira (14) revisou a literatura com o propósito de traçar as mudanças na nomenclatura dos patógenos endodônticos descritos nos últimos 15 anos e obter dados de estudos com relação à detecção de espécies já conhecidas e espécies mais recentes nunca antes reportadas em infecções endodônticas.

No gênero *Bacteroides*, o autor observou pronunciada mudança. Várias bactérias, anteriormente reconhecidas sob este nome, estão agora sendo transferidas para outros gêneros, como *Prevotella* e *Porphyromonas* (14).

Bacteroides forsythus teve seu nome alterado para *Tannerella forsythensis* e

pode ser encontrada em canais radiculares infectados apenas após a introdução dos métodos genéticos moleculares para identificação de microorganismos (14). *Bacteroides gracilis* é agora chamada *Campylobacter gracilis* e *Wolinella recta* é agora *Campylobacter rectus*; ambas vêm sendo isoladas em canais infectados (14).

Bacteroides pneumosintes foi recentemente renomeada *Dialister pneumosintes* e foi detectada em dois terços das lesões periapicais assintomáticas e abscessos periapicais agudos (14). *Fusobacterium nucleatum* é, possivelmente, uma das espécies gram-negativas mais comumente encontradas em infecções bucais. É frequentemente isolada em canais infectados, assim como em abscessos (14).

Membros do gênero *Peptostreptococcus* têm sido umas das bactérias mais prevalentes em canais infectados (14).

Propionibacterium propionicus é um anaeróbio facultativo gram-positivo e vem sendo isolado em infecções primárias e persistentes, assim como em infecções extraradiculares associadas à falha na terapia endodôntica (14).

Eggerthella lenta (anteriormente chamada *Eubacterium lentum*) e *Pseudoramibacter alactolyticus* (anteriormente *Eubacterium alactolyticum*) vêm sendo isoladas em um terço dos casos de canais infectados. Outras espécies como *Slackia exigua* (*Eubacterium exiguum*) e *Mogibacterium* (*Eubacterium*) *timidum*, vêm sendo detectadas em alta prevalência em canais infectados. Outras espécies recentes foram isoladas, como *Cryptobacterium curtum*, *Mogibacterium negectum* e *Mogibacterium pumilum* (14).

Estudos têm mostrado que o *Streptococcus* é um membro comum da microbiota endodôntica associada a diferentes doenças periapicais e compõe uma parte significativa da microbiota do terço cervical do canal. As espécies *Streptococcus sanguis* são agora denominadas *S. sanguinis*. *Streptococcus* do grupo *anginosus* (*S. anginosus*, *S. constellatus*, *S. intermedius*) e do grupo *mitis* (*S. mitis* e *S. oralis*) são os *Streptococcus* mais comumente isolados em canais

infectados e em abscessos periapicais agudos (14).

Uma bactéria do gênero *Actinomyces*, isolada em casos de falha na terapia endodôntica, foi recentemente classificada como *Actinomyces radidentis* (14).

As bactérias até agora identificadas em infecções endodônticas são dos seguintes grupos: *Actinobacteria*, *Fusobacteria*, *Proteobacteria*, *Bacteroidetes*, *Firmicutes* e *Spirochaetes* (14).

Por fim, pode-se concluir que as infecções endodônticas são mistas, sendo que cada espécie de bactéria apresenta seus próprios fatores de virulência. Assim, o tratamento de canal radicular visa a exterminar e remover bactérias, subprodutos bacterianos e substratos da cavidade pulpar (9).

2.2. Lipopolissacarídeos

Existe uma diferença em relação aos fatores de agressão/virulência apresentados pelas bactérias. Para explicar melhor essa diferença, é importante definir os termos exotoxinas e endotoxinas bacterianas.

As exotoxinas são produtos de natureza protéica, produzidas e liberadas pelas bactérias durante a fase de multiplicação de seu processo, e exercem um efeito citopático. Recebem o nome de acordo com o alvo que agredem, com o mecanismo de ação ou com o efeito biológico produzido. Possuem dois componentes estruturais básicos: um que apresenta atividade enzimática responsável pelo efeito tóxico e outro que se liga à célula-alvo. A atividade da toxina depende, no início, da ligação com a superfície da célula (15). Ao passo que as endotoxinas bacterianas são componentes bacterianos tóxicos liberados por bactérias íntegras ou após a desintegração bacteriana, constituindo-se em produtos da parede celular bacteriano que podem exercer efeito tóxico. Atualmente, a "endotoxina" é utilizada para indicar o lipopolissacarídeo da parede celular de bactérias Gram negativas (15).

O lipopolissacarídeo, principal fator de virulência, apresenta a capacidade de

determinar a iniciação do processo inflamatório por ser pobremente neutralizado por anticorpos; conseqüentemente, ativa a cascata do sistema complemento, a qual envolve a formação de cininas, constituindo importantes mediadores da inflamação. Também tem a capacidade de ativar mastócitos, plaquetas, basófilos e células endoteliais, além de induzir os macrófagos a secretar interleucinas (interleucina 1, interleucina 6, interleucina 8), fator de necrose tumoral e fatores ativadores de prostaglandinas, causando as reabsorções ósseas periapicais (15, 16).

De acordo com Safavi e Nichols, em 1994, (4) as propriedades químicas dos lipopolissacarídeos são alteradas com um "alkali", ou seja, uma substância alcalina, tal como o hidróxido de cálcio. Em 1993, estes autores (17) já haviam realizado um estudo cujo objetivo foi avaliar os efeitos do hidróxido de cálcio nos lipopolissacarídeos bacterianos e observaram que o hidróxido de cálcio promoveu a liberação de uma elevada quantidade de ácidos graxos, concluindo então que essa substância teve a capacidade de hidrolisar a porção lipídica desses lipopolissacarídeos. Esse resultado sugere que o hidróxido de cálcio é capaz de mediar a degradação dos lipopolissacarídeos e que pode ser uma importante razão para o uso de tal medicação na clínica endodôntica. Em 1991, Sjögren, Fidgor, Spångberg e Sundqvist, (18) declararam que o tempo de contato entre o hidróxido de cálcio e o lipopolissacarídeo bacteriano deve ser de, no mínimo, sete dias para que ocorra a sua completa inativação.

2.3 Veículos

Os veículos têm a função de possibilitar a dissociação iônica do hidróxido de cálcio em íons cálcio e hidroxila. Tal dissociação poderá ocorrer de diferentes maneiras, grau e intensidade, dependendo das substâncias a serem associadas à composição da pasta de hidróxido de cálcio (3). Para compreender a função do veículo a ser acrescentado ao hidróxido de cálcio pré-análise para formar a pasta que será utilizada

como medicação intracanal, primeiro deve-se lembrar que o hidróxido de cálcio possui baixa solubilidade (17) e que o seu poder antimicrobiano depende da velocidade de liberação de íons hidroxila e do tempo de contato direto e indireto pela difusão no interior do sistema de túbulos dentinários (19). O veículo, por sua vez, influencia diretamente nessa velocidade de dissociação iônica, favorecendo, assim, a penetração dos íons hidroxila e potencializando o poder antimicrobiano da medicação (16).

Os veículos são adicionados ao hidróxido de cálcio a fim de melhorar a efetividade dessa medicação. Convém ressaltar que os veículos, assim como o hidróxido de cálcio, são substâncias com características químicas e antimicrobianas (20), influenciando também a dissociação iônica e as propriedades físico-químicas do próprio hidróxido de cálcio (21).

Os veículos hidrossolúveis caracterizam-se por serem miscíveis em água. Os veículos hidrossolúveis aquosos, tais como água destilada e soro fisiológico, propiciam ao hidróxido de cálcio uma dissociação iônica extremamente rápida, permitindo uma maior difusão e, conseqüentemente, uma maior ação por contato dos íons cálcio e hidroxila como os tecidos e os microorganismos, sobretudo nos casos em que há lesão periapical. Aqueles considerados hidrossolúveis viscosos tornam a dissociação do hidróxido de cálcio mais lenta, provavelmente devido a suas altas massas moleculares e são representados pelo propilenoglicol e polietilenoglicol 400 (3).

Os veículos oleosos, tais como o paramonoclorofenol canforado, o Furacin (Eaton do Brasil São Paulo) e o óleo de oliva são pouco solúveis em água, conferindo à pasta de hidróxido de cálcio pouca solubilidade e difusão junto aos tecidos (16).

3. A importância da dissociação dos íons cálcio e hidroxila de pastas de hidróxido de cálcio

O hidróxido de cálcio é uma base forte (pH 12.8), pouco solúvel em água, que se apresenta sob a forma de um pó branco, o

qual é obtido pela hidratação do óxido de cálcio e tem sido recomendado como medicação intracanal devido ao fato de promover um selamento físico provisório do canal radicular, por possuir atividade antibacteriana relacionada ao seu alto pH (3) e por induzir a formação de tecido mineralizado (2). As propriedades antimicrobianas e biológicas são resultado da dissociação em íons cálcio e hidroxila e da ação que esses íons exercem sobre os tecidos e as bactérias (16).

Em relação aos íons cálcio produzidos pela dissociação iônica do hidróxido de cálcio, estes permitem a redução da permeabilidade de novos capilares no tecido de granulação de dentes desvitalizados, diminuindo a quantidade de líquido intercelular e ativando a aceleração da pirofosfatase, que também exerce um papel importante no processo de mineralização (22).

Os íons hidroxila difundem-se pela dentina, elevando o pH do meio até valores que chegam a 12.6, produzindo um ambiente extremamente alcalino e proporcionando, assim, a atividade antimicrobiana característica do hidróxido de cálcio. Valores elevados de pH, como os produzidos pela dissociação e difusão iônica do hidróxido de cálcio têm a capacidade de alterar a integridade da membrana citoplasmática bacteriana pelos efeitos tóxicos gerados durante a transferência de nutrientes para o interior da bactéria (19).

A influência do pH no mecanismo de ação do hidróxido de cálcio é traduzida pela alteração no crescimento, no metabolismo e na divisão celular bacteriana. É importante esclarecer que a alteração na divisão celular bacteriana é causada pela injúria química produzida aos componentes orgânicos e ao transporte de nutrientes ou pela destruição dos fosfolípidos ou de ácidos graxos insaturados da membrana citoplasmática (1, 19).

A troca do pH dentinário ocasionada pelos íons hidroxila é considerada lenta e depende de fatores que podem alterar o padrão de dissociação iônica e de difusão, como o grau de hidrossolubilidade do veículo utilizado, a diferença de viscosidade, a permeabilidade dentinária e o grau de

calcificação presente (19). Dessa maneira, os veículos que vêm sendo associados ao hidróxido de cálcio incidem na velocidade da dissociação iônica, ou seja, na liberação de íons cálcio e hidroxila (23), de acordo com o valor do pH produzido pela mistura com o hidróxido de cálcio (21).

Em ambientes alcalinos, existe uma grande quantidade de íons hidroxila, capazes de ativarem a fosfatase alcalina, quando o pH necessário para a ativação varia entre 8.6 a 10.3 (3). Estrela, Sydney, Pesce e Felipe Júnior, em 1995 (24), realizaram um estudo no qual observaram que o pH da superfície externa de dentina aumentou de 7.0 para 8.0 e permaneceu em 12.6 após a colocação do hidróxido de cálcio associado ao soro fisiológico, à solução anestésica e ao polietilenoglicol 400 no interior do canal radicular por um período de 1 a 60 dias. É necessário que o pH mantenha-se alcalino devido à possível presença de microorganismos como o *Enterococcus faecalis*, que permanece viável nos túbulos dentinários em um pH de 9 até 11.5.

O estudo de Estrela, Pécora, Souza-Neto, Estrela e Bammann (19) revelou que veículos hidrossolúveis, tais como água destilada e solução salina, ao serem associados ao hidróxido de cálcio P. A. produzem uma pasta cujas características químicas, em termos de velocidade de dissociação e difusão iônica, ajudam as propriedades antimicrobianas e biológicas da medicação. Soares e Goldberg (25) concordam com os resultados desse estudo quando afirmam que o hidróxido de cálcio, para ser utilizado como medicação intracanal, deve ser misturado a um veículo hidrossolúvel, preferencialmente aquoso (água estéril ou solução salina), produzindo, assim, uma suspensão de pH 12.4. Também afirmam que a presença de água é fundamental para que ocorra a dissociação e a difusão iônica e que, em uma suspensão aquosa a 15°C, há uma dissociação de apenas 0.17% do hidróxido de cálcio, quantidade suficiente para produzir um pH para gerar condições de alcalinidade. A escolha de veículos, como água destilada ou solução salina, pode acelerar a dissociação e a difusão iônica e interferir no sistema enzimático bacteriano e tecidual (21), assim

como a solução anestésica ou a glicerina (26). Para Safavi e Nakayama, em 2000 (27), a utilização de veículos não aquosos/viscosos pode impedir ou diminuir a efetividade do hidróxido de cálcio como medicação intracanal.

Convém esclarecer que a tensão superficial determina a difusão da medicação às irregularidades do canal radicular e aos túbulos dentinários; logo, uma tensão superficial baixa aumenta a penetração em áreas inacessíveis (28). Os resultados do estudo de Özcelik, Tasman e Ögan, em 2000, (26) enfatizam que os veículos podem afetar a tensão superficial das pastas e que, misturando um veículo hidrossolúvel aquoso, obtém-se o mais baixo valor de tensão superficial.

Estudos como o de Estrela, Sydney, Pesce e Felipe Júnior, (24) tiveram como objetivo analisar a difusão dos íons hidroxila de pastas de hidróxido de cálcio preparadas com diferentes veículos: solução salina, solução anestésica e polietilenoglicol 400. Os resultados mostraram que somente após 30 dias ocorreu mudança no pH da superfície externa radicular; nas pastas em que os veículos utilizados foram solução salina e anestésica a troca foi de um pH de 6.0-7.0 para 7.0-8.0. Quando o veículo utilizado foi polietilenoglicol 400, ocorreu a mesma troca nos valores de pH, porém, foi observada somente aos 45 dias. O pH das pastas permaneceu constante até os 60 dias. A pasta contendo polietilenoglicol mostrou uma pequena porcentagem de liberação de íons cálcio, apresentando uma liberação gradual e uniforme.

No ano de 1981, Tronstad, Andreasen, Hesselgren, Kristerson e Riis (29) avaliaram as mudanças de pH nos tecidos dentários de macacos por meio de indicadores de pH após o tratamento endodôntico com hidróxido de cálcio. Os indicadores de pH registraram a mudança de coloração/ pH no cimento, em quatro zonas da dentina e no interior do canal radicular. Os resultados mostraram que naqueles dentes com a raiz formada, o pH aumentou de 10.0 a 12.2 dentro do canal radicular e em outros setores chegou a ser mais alto que 12.2. Naqueles com ápice aberto, toda espessura de dentina adjacente

ao hidróxido de cálcio mostrou um alto pH. Analisando esses fatos, os autores concluíram que a introdução do hidróxido de cálcio dentro do canal radicular pode exercer uma influência ativa no ambiente das áreas de reabsorção. Tal influência pode ser duplamente benéfica tornando a atividade osteoclástica impossível e estimulando o processo de reparo dos tecidos.

O processo de reparo dos tecidos está diretamente envolvido com uma enzima, a fosfatase alcalina, a qual é ativada em ambientes de pH que variam entre 8.6 e 10.3; logo, o hidróxido de cálcio está apto a ativá-la. Esta é uma enzima hidrolítica que tem a capacidade de liberar fosfato orgânico a partir de ésteres fosfóricos. Os íons fosfato liberados reagem com os íons cálcio provenientes dos tecidos, formando precipitados de cálcio (na forma de hidroxiapatita) sobre uma matriz orgânica, caracterizando o processo em questão (3).

É interessante relatar um estudo realizado por Cvek, Hollender e Nord em 1976, (30) cujo objetivo foi investigar em termos clínicos, microbiológicos e radiográficos o efeito do hidróxido de cálcio como medicação intracanal entre sessões em 141 incisivos permanentes desvitalizados. Os resultados obtidos demonstraram que em 90% das amostras retiradas dos canais radiculares, três meses após seu preenchimento com hidróxido de cálcio, não houve crescimento bacteriano independente do tipo de bactéria presente antes do uso do medicamento. Assim, concluíram que o hidróxido de cálcio tem a capacidade de eliminar resíduos necróticos que atuam como substrato para o crescimento bacteriano e que não é necessário adicionar a ele qualquer substância antibacteriana. Além disso, esses autores afirmam que as bactérias que entram em contato direto com o hidróxido de cálcio são provavelmente afetadas pelo seu alto pH.

Leonardo, Bezerra da Silva, Utrilla, Leonardo e Consolaro, em 1993, (31) realizaram um estudo cuja finalidade foi avaliar, *in vitro*, a solubilidade, a dosagem de íons cálcio e o pH do hidróxido de cálcio associado ao paramonoclorofenol canforado e ao paramonoclorofenol. Foram utilizadas três pastas: 1) hidróxido de cálcio associado

ao óxido de zinco, ao colofônio e ao polietilenoglicol 400 (Calen(r), SS.White, Inc.); 2) hidróxido de cálcio associado ao óxido de zinco, ao colofônio, a polietilenoglicol 400 e ao paramonoclorofenol canforado (Calen / paramonoclorofenol canforado (SS White, Inc.); 3) hidróxido de cálcio, associado óxido de zinco, ao colofônio, ao polietilenoglicol 400 e ao paramonoclorofenol (Calen/ paramonoclorofenol (SS White). Os resultados mostraram que:

1) a ausência da cânfora não exerceu influência na solubilidade da pasta;

2) que a liberação de íons cálcio foi mais lenta nas pastas associadas ao paramonoclorofenol, ou seja, observou-se uma menor disponibilidade desses íons;

3) os valores de pH foram semelhantes nas três pastas, independentemente da presença de paramonoclorofenol, variando entre 11.0 e 12.0.

Trabalhos como o recém-citado demonstram que essa pasta é biocompatível. Sob a óptica de Lopes e Siqueira Jr., em 1999, (3) tal biocompatibilidade ocorre devido à pequena concentração de paramonoclorofenol liberado, a qual, provavelmente, não é suficiente para ser citotóxica; ao fato de o pH alcalino da pasta causar uma desnaturação protéica superficial do tecido quando em contato com ela e ao fato de que a ação irritante do paramonoclorofenol, se presente, ser limitada ao período de permanência da pasta no canal radicular. Esses autores admitem que o paramonoclorofenol canforado liberado é suficiente para exercer excelente atividade antibacteriana por não possuir especificidade de ação sobre bactérias, além de poder afetar células eucarióticas. Eles recomendam que a pasta de hidróxido de cálcio/paramonoclorofenol canforado seja utilizada em casos de necrose pulpar por um período de 3 a 7 dias.

Estrela, Pécora e Silva (32) verificaram o pH de pastas de hidróxido de cálcio e de alguns veículos, dentre eles a água deionizada/ destilada, o propilenoglicol, o paramonoclorofenol, paramonoclorofenol / Furacin. De acordo com os resultados, as pastas contendo veículos não-fenólicos

(água deionizada/ destilada, propilenoglicol) apresentaram elevados valores de pH: água destilada= 12.88 e propilenoglicol = 12.53, ao passo que naquelas que continham o paramonoclorofenol canforado, o pH esteve em torno de 7.8 em todo o período de observação e a pasta contendo paramonoclorofenol / Furacin(r) (Laboratório Eaton do Brasil Ltda. São Paulo) apresentou um pH de 10.0.

Enfim, a efetividade do hidróxido de cálcio como medicação intracanal é atribuída principalmente aos grupos hidroxila que promovem um ambiente alcalino no sistema de canais radiculares, caracterizado por um elevado pH de 12.5 (13). Apesar da baixa solubilidade, a dissociação dos íons hidroxila aumenta até um pH ideal para neutralizar as bactérias (17).

Conclusões

De acordo com a revisão bibliográfica realizada neste artigo, pode-se inferir que:

- A maior facilidade de eliminação bacteriana do interior dos túbulos dentinários é resultado da maior velocidade de dissociação e difusão iônica das pastas de hidróxido de cálcio, a qual é obtida com a utilização de veículos hidrossolúveis, principalmente aquosos, pelo fato de produzirem um pH de 12.54.

- Os íons hidroxila difundem-se pela dentina, elevando o pH do meio até valores que chegam a 12.6, produzindo um ambiente alcalino, o que favorece a atividade antimicrobiana do hidróxido de cálcio e possibilitando a ativação da fosfatase alcalina, uma enzima fundamental para o processo de reparo ósseo. Além disso, os íons cálcio, também produzidos pela dissociação iônica do hidróxido de cálcio, permitem a redução da permeabilidade de novos capilares no tecido de granulação de dentes desvitalizados, diminuindo a quantidade de líquido intercelular e ativando a aceleração da pirofosfatase, a qual exerce um papel no processo de mineralização.

- Os veículos hidrossolúveis aquosos e os hidrossolúveis viscosos têm a capacidade de elevar o pH ao valor ideal; a única diferença está no fato de que os

aquosos chegam ao pH de aproximadamente 12.6, decorrente de uma velocidade de dissociação e difusão de íons hidroxila mais rápida, ao passo que os viscosos chegam a este mesmo valor em maior tempo por produzirem uma dissociação e difusão iônica um pouco mais lenta.

- Quando a pasta de hidróxido de Ca contiver paramonoclorofenol canforado, sua ação antimicrobiana advém da contribuição dos dois fármacos; por isso, os microorganismos resistentes são exterminados.

- O Furacin, por amenizar a toxicidade apresentada pelo paramonoclorofenol, por ser menos oleoso e por produzir um pH de 10.0, sendo capaz de ativar a fosfatase alcalina, pode constituir-se em um futuro veículo a ser utilizado no lugar do paramonoclorofenol canforado. No entanto, mais estudos são necessários para estabelecer tal mudança, a fim de se comprovar a real ação desse medicamento.

Referências

1. Estrela C, Sydney GB, Bammann LL, Felipe Júnior O. Mechanism of calcium hydroxide and hydroxyl ions of calcium hydroxide on tissue and bacteria. *Braz Dent J* 1995; 6: 85-90.
2. Nerwich A, Fidgor D, Messer HH. pH changes in root dentin over a 4-week period following root canal dressing with calcium hydroxide. *J Endod* 1993; 19: 302-306.
3. Lopes HP, Siqueira Jr JF. Medicação intracanal. In: Siqueira Jr JF, Lopes HP. *Endodontia: biologia e técnica*. Rio de Janeiro: MEDSI; 1999. p. 185-216.
4. Safavi KE, Nichols FC. Alteration of biological properties of bacterial lipopolysaccharide by calcium hydroxide treatment. *J Endod* 1994; 20: 127-129.
5. Luisi SB, Fachin EVF. Revisão e enfoque clínico sobre a bacteriologia das infecções endodônticas agudas.

- Revista da Faculdade de Odontologia da UFRGS 1999; 40: 41-45.
6. Barth A.L, Matusiak R. Identificação dos organismos anaeróbios. In: Antunes, G. S. Manual de diagnóstico bacteriológico. Porto Alegre: Editora da Universidade/ UFRGS; 1995. p. 183.
 7. Zavistoski J, Dzink J, Onderdonk, A, Bartlett J. Quantitative bacteriology of endodontic infections. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1980; 49: 171-174.
 8. Ando N, Hoshino E. Predominant obligate anaerobes invading the deep layers of root canal dentine. *Int Endod J* 1990; 23: 20-27.
 9. Baumgartner JC. Microbiologia endodôntica. In: Walton RE, Torabinejad M. Princípios e prática em endodontia. São Paulo: Santos Livraria Editora; 1997. p. 277-291.
 10. Love RM. Enterococcus faecalis: a mechanism for its role in endodontic failure. *Int Endod J* 2001; 34: 399-405.
 11. Fabricius L, Dahlén G, Holm SE, Möller AJR. Influence of combinations of oral bacteria on periapical tissue of monkeys. *Scand J Dent* 1982; 90: 200-206.
 12. Sundqvist G, Fidgor D, Persson S, Sjögren U. Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surg* 1998; 85: 86-93.
 13. Han GY, Park S-H, Yoon TC. Antimicrobial activity of calcium hydroxide containing pastes with Enterococcus faecalis in vitro. *J Endod* 2001; 27: 328-332.
 14. Siqueira, J. F. Taxonomic Changes of Bacteria Associated with Endodontic Infections. *J Endod* 2003; 29: 619-623.
 15. Pereira FEL. Etiopatogênese geral das doenças. In: Brasileiro Fº G. et al. *Bogliolo Patologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1994. p. 43.
 16. Estrela C, Bammann LL. Medicação Intracanal. In: Estrela C, Figueiredo JAP. *Endodontia: princípios biológicos e mecânicos*. São Paulo: Artes Médicas; 1999. p. 573-644.
 17. Safavi KE, Nichols FC. Effect of calcium hydroxide on bacterial lipopolysaccharide. *J Endod* 1993; 19: 76-78.
 18. Sjögren U, Fidgor D, Spångberg L, Sundqvist G. The antimicrobial effect of calcium hydroxide as a short-term intracanal dressing. *Int Endod J* 1991; 24: 119-125.
 19. Estrela C, Pécora JD, Souza-Neto MD, Estrela CRA, Bammann LL. Effect of vehicle on antimicrobial properties of calcium hydroxide pastes. *Braz Dent J* 1999; 10: 63-72.
 20. Leonardo MR, Silva RS, Silva LAB, Assed S. Determinação de íons cálcio, pH e solubilidade de pastas à base de hidróxido de cálcio contendo PMC e PMCC. *RBO* 1993; 1: 5-10.
 21. Estrela C, Pesce HF. Chemical analysis of the liberation of calcium and hydroxyl ions from calcium hydroxide pastes in connective tissue in the dog Part I. *Braz Dent J* 1996; 7: 41-46.
 22. Heithersay GS. Calcium hydroxide in the treatment of pulpless teeth with associated pathology. Apud: Estrela C, Sydney GB, Bammann LL, Felipe Júnior O. Mechanism of calcium hydroxide and hydroxyl ions of calcium hydroxide on tissue and bacteria. *Braz Dent J* 1995; 6: 85-90.
 23. Estrela C, Pesce HF. Chemical analysis of the formation of calcium hydroxide and its influence on

- calcium hydroxide pastes in connective tissue of the dog Part II. *Braz Dent J* 1997; 8: 49-53.
24. Estrela C, Sydney GB, Pesce HF, Felipe Júnior O. Dentinal diffusion of hydroxyl ions of various calcium hydroxide pastes. *Braz Dent J* 1995; 6: 5-9.
25. Soares IJ, Goldberg F. Procedimentos químicos auxiliares do preparo mecânico. In: Soares IJ, Goldberg F. *Endodontia: técnicas e fundamentos*. Porto Alegre: Artes Médicas Sul; 2001. p. 162-163.
26. Özcelik B, Tasman F, Ögan C. A comparison of the surface tension of calcium hydroxide mixed with different vehicles. *J Endod* 2000; 26: 500-502.
27. Safavi KE, Nakayama TA. Influence of mixing vehicle on dissociation of calcium hydroxide in solution. *J Endod* 2000; 26: 649-651.
28. Abou-Rass M, Patonai FJ. The effects of decreasing surface tension on the flow of irrigating solutions in narrow root canals. *Oral Surg* 1982; 53: 524-526.
29. Tronstad L, Andreasen J O, Hasselgren G, Kristerson L, Riis I. pH changes in dental tissues after root canal filling with calcium hydroxide. *J Endod* 1981; 7: 17-21.
30. Cvek M, Hollender L, Nord CE. Treatment of non-vital permanent incisors with calcium hydroxide. *Odont Revy* 1976; 27: 93-108.
31. Leonardo MR, Bezerra da Silva LA, Utrilla LS, Leonardo RT, Consolaro A. Effect of intracanal dressings on repair and apical bridging of teeth with incomplete root formation. *Endod Dent Traumatol* 1993; 9: 25-30.
32. Estrela C, Figueiredo JAP. *Endodontia: princípios biológicos e mecânicos*. São Paulo: Artes Médicas; 1999. p. 583.

Recebido em 10/02/2005; Aceito em 20/03/2005.
Received in 02/10/2005; Accepted in 03/20/2005.