

Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra

Área de Medicina Dentária



**Efeito do tratamento canalar na alteração do pH em defeitos de
reabsorção externa**

Tese apresentada à FMUC-AMD para obtenção do Mestrado
Integrado em Medicina Dentária

por

Núria Filipa Serrador Simões

Orientador: Prof. Doutora Maria Filomena Rabaça Roque Botelho

Co-orientador: Prof. Doutor Manuel Marques Ferreira

Coimbra, Julho 2012

Efeito do tratamento canal na alteração do pH em defeitos de reabsorção externa

Simões, Núria¹; Ferreira, Manuela Marques²; Botelho, Filomena³

1 - Aluna do Mestrado Integrado em Medicina Dentária da Faculdade da Universidade de Coimbra

2 - Prof. Aux. MIMD-FMUC

3 - Prof. Catedrática da FMUC

Av. Bissaya Barreto, Bloco de Celas
3000-075 Coimbra

Telefone: +351 239 484183

Fax: + 351 239 402910

E-mail: nuriafilipa@gmail.com

Resumo

Introdução: A reabsorção radicular externa é um processo que se traduz numa perda de cemento e dentina. Este trabalho tem como objetivo avaliar e comparar *ex-vivo* as possíveis alterações do valor de pH na superfície radicular de dentes humanos obturados com Biodentine™, MTA e hidróxido de cálcio.

Materiais e métodos: Na realização deste estudo foram utilizados 16 dentes humanos monorradiculares. Todos os dentes foram seccionados a um comprimento estipulado de 10 mm a partir do ápex radicular e foram instrumentados pela técnica *crown down* com recurso à instrumentação mecanizada, sistema Protaper (limas S1, S2, F1, F2 e F3), sendo padronizado o alargamento apical com uma lima K 40. Realizou-se uma cavidade de 0,6 mm de profundidade a uma distância de 6 mm do ápex dentário em cada dente. Os dentes foram aleatoriamente divididos em quatro grupos: grupo controlo negativo (3 dentes), que continha NaCl 0,9%; grupo controlo positivo (3 dentes), obturado com hidróxido de cálcio; grupo com 5 dentes obturados com MTA e um grupo com 5 dentes obturados com Biodentine™. Todos os dentes foram armazenados individualmente em tubos contendo NaCl 0,9% a 4°C. Na

cavidade de cada dente foi feita a leitura do valor de pH ao fim de 6 horas, 24 horas e uma semana. Os microelétrodos para medições potenciométricas do pH foram produzidos no laboratório numa sucessão de passos.

Resultados: Ao longo das medições do valor de pH para a Biodentine™ verifica-se que existem diferenças estatisticamente significativas (Friedman; $\chi^2(2) = 7.60$; $p = 0.022$). O valor de pH aumenta ao longo do tempo, apresentando um valor médio de pH de 5,03 para as 6 horas, 6,54 para as 24 horas e 7,55 para uma semana. Observam-se diferenças estatisticamente significativas entre o valor de pH às 6 horas e o 1º dia (24 horas) (Wilcoxon, $Z = -2.023$; $p = 0.043$) e entre as 6 horas e a primeira semana (Wilcoxon, $Z = -2.023$; $p = 0.043$). Não se observam diferenças estatisticamente significativas entre o 1º dia (24 horas) e a primeira semana (Wilcoxon, $Z = -1.214$; $p = 0.225$). Não se observam diferenças estatisticamente significativas para o MTA (Friedman; $\chi^2(2) = 1.20$; $p = 0.549$), para o hidróxido de cálcio (Friedman; $\chi^2(2) = 0.667$; $p = 0.717$) e para o soro fisiológico (Friedman; $\chi^2(2) = 4.667$; $p = 0.097$). Ao fim de uma semana, o valor médio de pH na superfície radicular é 7,55 para a Biodentine™, 6,30 para o MTA, 5,62 para o hidróxido de cálcio e 5,87 para o soro fisiológico.

Conclusão: Dentro das limitações deste estudo, os valores do pH proporcionados pela Biodentine™, foram superiores aos dos outros materiais estudados, podendo constituir um material de primeira escolha para o tratamento de dentes com reabsorções externas.

Palavras-chave: Biodentine™, MTA, hidróxido de cálcio, iões hidroxilo, alterações pH

Introdução

A reabsorção radicular traduz-se histologicamente pela perda de tecidos duros dentários, como resultado da atividade osteoclástica [1]. Apesar de ser um processo fisiológico normal na dentição decídua, quando ocorre na dentição permanente, trata-se de um processo patológico. Atendendo à localização da reabsorção em relação à superfície radicular, esta pode ser classificada em reabsorção interna ou externa [2-4].

A reabsorção radicular externa (RRE) caracteriza-se pela redução do comprimento ou pela presença de defeitos na raiz do dente [5]. Existem determinados fatores causais, entre os quais: o movimento ortodôntico, o reimplante dentário, o

traumatismo, a pressão resultante da erupção do dente adjacente e as condições patológicas como os tumores odontogênicos e os tumores não odontogênicos [6]. O diagnóstico da RRE é baseado em exames clínicos e radiográficos. As radiografias periapicais detetam uma reabsorção após a perda de 60 a 70% dos tecidos duros dentários, no entanto, pela técnica de cone beam, as reabsorções radiculares externas podem ser detetadas mais precocemente [5, 7]. As reabsorções externas associadas à inflamação marginal dos tecidos são situações clínicas difíceis de identificar. Em muitas situações, as lesões de RRE são mal diagnosticadas, sendo confundidas com lesões de cárie e com reabsorções internas [8]. Quanto mais precoce for o diagnóstico e o tratamento da RRE melhor é o prognóstico do dente afetado [9]. Um erro no diagnóstico e no tratamento pode resultar na perda do dente.

A difusão de íons hidroxilo através dos túbulos dentinários, a partir da dissociação do hidróxido de cálcio intracanal, pode impedir a progressão da RRE inflamatória [10]. O hidróxido de cálcio estagna o processo de reabsorção em casos em que o tecido pulpar de um dente traumatizado está irreversivelmente danificado e, a terapia canalar é mandatória [11]. Nestas situações, uma vez que os túbulos dentinários estão abertos para o espaço periodontal, pensa-se que isso permite ao hidróxido de cálcio atingir as áreas de reabsorção no ligamento periodontal [12]. O hidróxido de cálcio tem um pH alcalino de 12.5, tornando-o assim, um medicamento preferencial no tratamento dos processos de reabsorção. A difusão dos íons hidroxilo a partir do canal radicular, aumenta o valor de pH na superfície dentária adjacente aos tecidos periodontais, interferindo assim com a atividade osteoclástica [13]. As propriedades biológicas maioritárias do hidróxido de cálcio incluem ainda, a sua atividade antibacteriana, a capacidade de dissolução dos tecidos e a indução de reparação pela formação de tecidos duros [14].

O agregado de trióxidos minerais (MTA) é o material recomendado para garantir um correto selamento entre os canais radiculares e o periodonto [15]. Trata-se de uma mistura constituída por cimento de Portland, óxido de bismuto e quantidades vestigiais de outros óxidos metálicos [16]. A capacidade de selamento, a biocompatibilidade e a atividade dentinogénica, podem ser atribuídas às físico-químicas que ocorrem entre o MTA e a dentina, possibilitando a formação de uma forma de hidroxiapatite [17]. Atendendo a estas propriedades, o MTA tem sido amplamente usado com sucesso, em várias situações clínicas, como na proteção pulpar direta, na apexificação, na reparação da RRE e em pulpotomias [18].

Atualmente, um novo material restaurador designado por Biodentine™, tem sido utilizado não apenas como um material reparador endodôntico mas também como um material de restauração coronário substituto da dentina. Este material é constituído por um pó de silicato tricálcio purificado, que contém pequenas proporções de silicato dicálcio, carbonato de cálcio e um material radiopaco [19]. A Biodentine™ apresenta um tempo de presa reduzido (12 min) de acordo com as informações do fabricante, comparativamente ao tempo de presa de 3 a 4 horas do MTA [20].

Este trabalho tem como objetivo avaliar e comparar *ex-vivo* as possíveis alterações do valor de pH na superfície radicular de dentes humanos obturados com Biodentine™, MTA e hidróxido de cálcio, após a simulação de uma lesão de reabsorção radicular externa, localizada a 6 mm do ápex radicular.

Materiais e Métodos

Dentes

Para a realização deste estudo foram utilizados 16 dentes humanos monorradiculares. Após a extração, os dentes foram armazenados numa solução salina de NaCl 0,9% a 4°C. Posteriormente, através da utilização de curetas periodontais, removeu-se o ligamento periodontal e cálculos dentários quando presentes. Com o auxílio de discos de carborundo acoplados à peça de mão, os dentes foram seccionados a um comprimento estipulado de 10mm a partir do ápex radicular. Todos os dentes foram instrumentados pela técnica *crown down* com recurso à instrumentação mecanizada, sistema Protaper (limas S1, S2, F1, F2 e F3), sendo padronizado o alargamento apical com uma lima K de tamanho 40. O cateterismo inicial foi realizado através da instrumentação manual com limas K e a irrigação canalar foi feita com hipoclorito de sódio a 2.5%.

Simulação de reabsorção radicular externa

Com o intuito de simular uma lesão de reabsorção radicular externa, foram criados defeitos standards na superfície mesial dos dentes. Com o auxílio de uma broca esférica diamantada com 1,2 mm de diâmetro, realizou-se uma cavidade de 0,6 mm de profundidade a uma distância de 6 mm do ápex dentário para cada dente (Figura 1).



Figura 1 – Imagem ilustrativa da cavidade simulada à superfície da raiz do dente.

Obturação dos dentes

Todos os dentes foram retirados da solução de NaCl 0,9% e secos externamente com compressas e internamente com pontas de papel. De forma a remover a *smear layer*, irrigaram-se os canais radiculares, bem como, as cavidades à superfície radicular com EDTA 15% (Q Solution EDTA, Dentaflux), NaOCl a 2,5% e, posteriormente, com água destilada. Os dentes foram aleatoriamente divididos em quatro grupos: grupo controlo negativo (3 dentes), que continha NaCl 0,9%; grupo controlo positivo (3 dentes), obturado com hidróxido de cálcio (Calcicur; VOCO); grupo com 5 dentes obturado com MTA (ProRoot[®] MTA; Dentsply) e um grupo com 5 dentes obturados com Biodentine (Biodentine[™]; Septodont). A introdução do hidróxido de cálcio nos canais radiculares foi realizada com um lentulo manual. O MTA e a Biodentine[™] foram preparados de acordo com as instruções do fabricante e, colocados nos canais radiculares com o auxílio de limas K e por compactação vertical com compactadores. Material de restauração provisório, Cavit (Cavit[™]G; Germany) foi colocado na porção coronária e cera colante foi utilizada na porção do ápex radicular, de forma a estabelecerem um correto selamento do canal. Todos os dentes foram armazenados individualmente em tubos contendo NaCl 0,9% a 4°C.

Medição dos valores de pH

Na cavidade de cada dente foi feita a leitura do valor de pH ao fim de 6 horas, 24 horas e uma semana. Os dentes foram retirados do respetivo tubo, irrigados com água destilada e secos com papel. Para a leitura do valor de pH a cavidade de cada dente foi preenchida com 2 µl de água destilada. A medição do valor de pH foi feita ao fim de 3 minutos.

Os microelétrodos para medições potenciométricas do pH foram produzidos no laboratório numa sucessão de passos. Primeiro produziram-se micropipetas a partir de tubos de vidro borossilicato com um traccionador P97 (Sutter Instruments Inc, EUA). Os tubos têm um diâmetro externo de 1,5 mm e a ponta do micropipetas produzidas um diâmetro de 2 micrómetros (Figura 2). As micropipetas foram introduzidas numa estufa a 200 °C durante duas horas na presença de um composto silano a fim de se obter uma superfície de vidro hidrofóbica. Com a ajuda de uma seringa introduziu-se a solução interna: KCl 0,1M + KH₂PO₄ 0,01M. Um cocktail comercial (Fluka 95293) contendo um ionóforo sensível ao pH foi introduzido na ponta do microelétrodo, numa coluna com 20 a 30 micrómetros de comprimento, com a assistência de um microscópio ótico. O microelétrodo fica pronto com a introdução de um fio de Ag|AgCl que está ligado a um suporte de Teflon o qual fixa mecanicamente a micropipeta e fornece o contato elétrico com o sistema de medida. O eléctrodo de referência usado foi feito no laboratório e consistiu em Ag|AgCl, NaCl 0,005 M com uma ponte salina de gel agar-agar a 3% com NaCl 0,005 M. Os microelétrodos foram montados no sistema SVET produzido pela Applicable Electronics Inc (USA), ligados a um amplificador IPA2 (com impedância de entrada > 10¹⁵ Ω) e todo o trabalho foi controlado pelo programa ASET desenvolvido pela empresa Science Wares (USA)(Figura 3). Os microelétrodos foram calibrados antes e depois das medições usando padrões comerciais (pH 6, 7, 8 e 9). O valor de pH da água destilada foi igualmente determinado para cada eléctrodo usado.

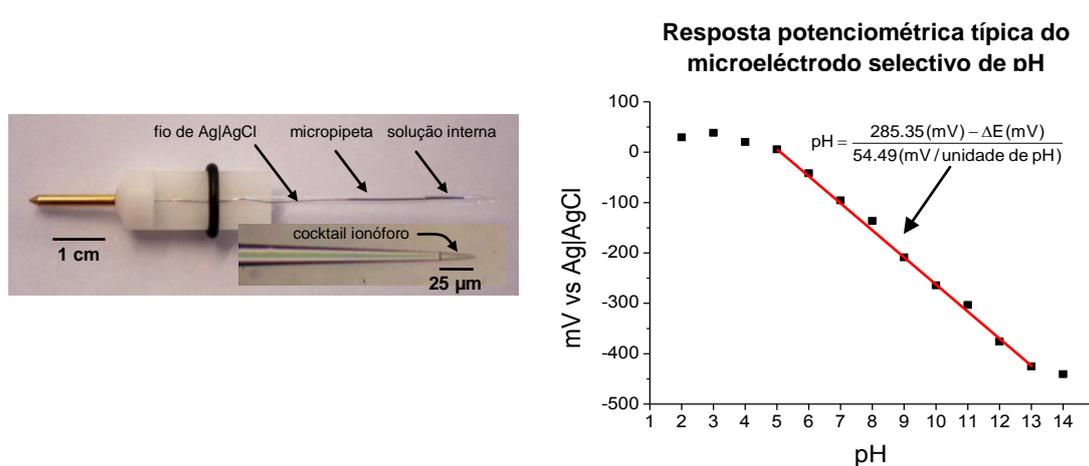


Figura 2 – Célula e microelétrodo usados nas medições potenciométricas e resposta potenciométrica do microelétrodo selectivo de pH.

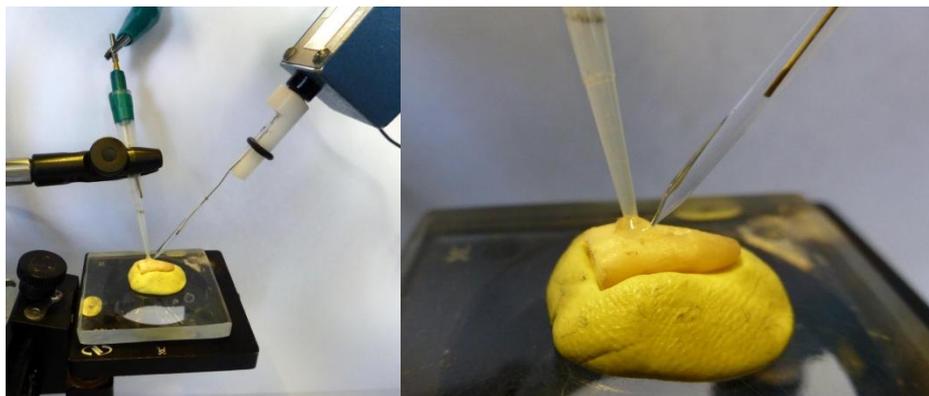


Figura 3 – Imagem ilustrativa da utilização do microeléctrodo para a determinação do valor de pH na cavidade do dente.

Análise estatística

Os dados são apresentados como média \pm desvio padrão da média (SEM). Os dados foram analisados através do teste de Friedman para cada uma das amostras e o teste de Kruskal-Wallis para as diferentes amostras em cada ensaio laboratorial. Um valor de $p < 0,05$ foi considerado como significativo.

Resultados

Para o estudo das possíveis alterações do valor de pH na superfície radicular dos dentes, foram utilizados cinco ensaios distintos para o MTA e para a Biodentine™. Como grupo de controlo, fizeram-se três medições suplementares para o hidróxido de cálcio e para o soro fisiológico. Um total de 16 leituras de valor de pH foi realizado em cada ensaio. A determinação do valor de pH foi avaliada em três ensaios laboratoriais distintos: ao fim de 6 horas (momento inicial), ao fim de um dia (24 horas) e ao fim de uma semana.

Na análise estatística dos dados, foram utilizados testes não paramétricos uma vez que o número de ensaios efetuados (cinco ensaios) foi reduzido. O teste de Friedman foi utilizado para avaliar a variação do pH ao longo do tempo para cada uma das substâncias e, o teste de Kruskal-Wallis para avaliar diferenças entre os grupos em cada um dos ensaios realizados.

Na figura 4 é possível verificar a variação do valor de pH medido para cada grupo de dentes: Biodentine™, MTA, hidróxido de cálcio e soro fisiológico, ao longo do tempo (6 horas, 24 horas e uma semana).

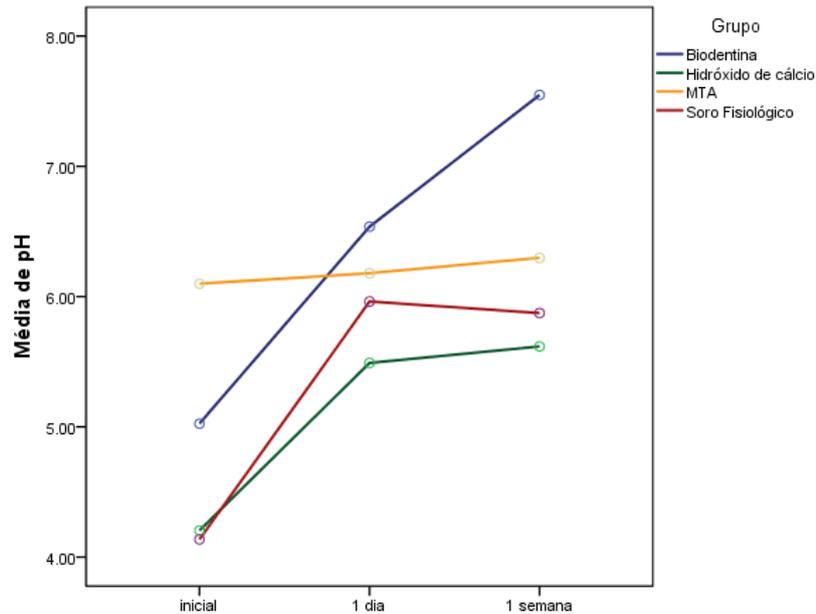


Figura 4 – Média dos valores de pH determinados na cavidade à superfície do dente, em diferentes grupos (Biodentine™, MTA, hidróxido de cálcio e soro fisiológico) ao fim de 6 horas (tempo inicial), 24 horas e uma semana.

Ao longo das medições do valor de pH para a Biodentine™ verifica-se que existem diferenças estatisticamente significativas (Friedman; $\chi^2(2) = 7.60$; $p = 0.022$). O valor de pH aumenta ao longo do tempo, apresentando um valor médio de pH de 5,03 para as 6 horas, 6,54 para as 24 horas e 7,55 para uma semana. Realizando testes entre pares de variáveis observam-se diferenças estatisticamente significativas entre o valor de pH às 6 horas e o 1º dia (24 horas) (Wilcoxon, $Z = -2.023$; $p = 0.043$) e entre as 6 horas e a primeira semana (Wilcoxon, $Z = -2.023$; $p = 0.043$). Não se observam diferenças estatisticamente significativas entre o 1º dia (24 horas) e a primeira semana (Wilcoxon, $Z = -1.214$; $p = 0.225$).

Não se observam diferenças estatisticamente significativas para o MTA (Friedman; $\chi^2(2) = 1.20$; $p = 0.549$), para o hidróxido de cálcio (Friedman; $\chi^2(2) = 0.667$; $p = 0.717$) e para o soro fisiológico (Friedman; $\chi^2(2) = 4.667$; $p = 0.097$).

Para os dois primeiros ensaios laboratoriais (inicial de 6 horas e 1º dia) não se observam diferenças entre o valor de pH nos diferentes produtos testados (inicial – Kruskal-Wallis; $\chi^2(3) = 6.624$; $p = 0.085$. 1º dia – Kruskal-Wallis; $\chi^2(3) = 4.788$; $p = 0.188$). O valor médio de pH às 6 horas é de 6,1 para o MTA, 4,2 para o hidróxido de cálcio e

4,14 para o soro fisiológico. Ao fim de um dia (24 horas) o valor médio de pH é de 6,18 para o MTA, 5,49 para o hidróxido de cálcio e 5,96 para o soro fisiológico.

Existem diferenças estatisticamente significativas no valor de pH medido após uma semana para os diferentes produtos (Kruskal-Wallis; $\chi^2(3) = 12.968$; $p = 0.005$). Ao fim de uma semana, o valor médio de pH na superfície radicular é 7,55 para a Biodentine™, 6,30 para o MTA, 5,62 para o hidróxido de cálcio e 5,87 para o soro fisiológico (figura 5).

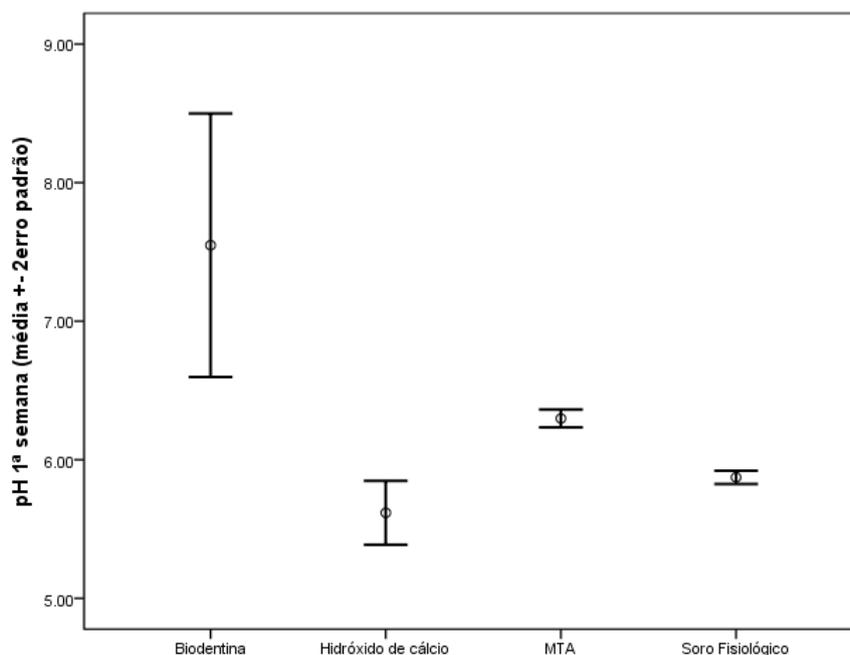


Figura 5 – Média dos valores de pH ao fim de uma semana, na cavidade à superfície do dente, em diferentes grupos (Biodentine™, MTA, hidróxido de cálcio e soro fisiológico).

As conclusões que se podem retirar da análise do gráfico da figura 5, são corroboradas por aplicação do teste de Mann-Whitney entre cada par de compostos testados.

Tabela I – Resultados entre os materiais estudados (teste de Mann-Whitney, $p = 0.05$)

Par	Mann-Whitney U	Z	p
Biodentina-Hidróxido de cálcio	0.000	-2.236	0.036
Biodentina-MTA	2.500	-2.095	0.0032

Biodentina- Soro fisiológico	0.000	-2.236	0.036
Hidróxido de cálcio-MTA	0.000	-2.236	0.036
Hidróxido de cálcio-Soro fisiológico	0.000	-1.964	0.050
MTA-Soro fisiológico	0.000	-2.236	0.025

Discussão

A determinação do valor de pH na superfície radicular em dentes com RRE está descrita na literatura [10, 11, 21-23]. Os valores de pH observados com a realização deste trabalho são muito baixos comparativamente a estes estudos. No entanto, analisando os resultados obtidos, verifica-se que houve variações no valor de pH ao longo dos ensaios laboratoriais. Durante o tempo de uma semana de ensaio experimental, os dentes obturados com Biodentine™, foram os que evidenciaram um maior aumento do valor de pH na cavidade da superfície radicular, em relação aos dentes obturados com MTA e hidróxido de cálcio. A realização deste estudo confirma assim que existe difusão de iões hidroxilo através dos túbulos dentinários.

Um ambiente alcalino existente na dentina e na superfície externa radicular permite estagnar o processo de reabsorção e eliminar os microrganismos presentes nos túbulos dentinários [10, 13]. Determinados estudos, verificaram o efeito tampão da dentina nos valores de pH no interior dos túbulos dentinários, observando-se um decréscimo no valor de pH comparativamente ao valor de pH na superfície interna do canal radicular [22, 24]. Estas diferenças nos valores de pH estão dependentes da espessura da dentina [23].

Neste trabalho experimental, verifica-se que os valores de pH estão baixos. Estes dados estão influenciados para além dos erros operacionais e de calibragem do eléctrodo, com a permeabilidade e a capacidade tampão da dentina dos dentes testados. A permeabilidade e a capacidade tampão da dentina são fatores determinantes que condicionam a difusão dos iões hidroxilo através da dentina [22]. A difusão dos iões hidroxilo através da dentina é diminuída pela capacidade tampão e pela presença de cimento intacto [22, 24]. A hidroxiapatite tem uma capacidade tampão muito efetiva para os iões hidroxilo, sendo a difusão destes iões muito reduzida na dentina em situações *in vitro* [24]. A difusão dos iões hidroxilo pode ainda ser condicionada pela carga da dentina. A capacidade tampão pode ocorrer quando os

dadores de prótons (H_2PO_4^- , H_2CO_3 e HCO_3^-) existentes na camada hidratada de hidroxiapatite fornecem prótons adicionais mantendo o pH inalterado. Os íons hidroxilo podem ainda ser absorvidos para a camada hidratada, reduzindo assim a sua difusão ao longo dos túbulos dentinários [22].

Vários estudos demonstram que existe um pH alcalino em defeitos de simulação de reabsorção, em dentes extraídos e obturados com hidróxido de cálcio [11, 13, 21-23]. No nosso estudo, o valor de pH obtido para os dentes obturados com hidróxido de cálcio foi de 4,2 para as 6 horas, 5,49 para as 24 horas e de 5,62 para uma semana, o que se traduz em valores muito baixos de acordo com a literatura científica disponível. Como anteriormente foi referido, estes valores poderão estar afetados pela permeabilidade e capacidade tampão da dentina, bem como, por de uma má calibração do microeléctrodo utilizado. Na calibração foi utilizado como referencia a água destilada, sendo o valor obtido para o valor de pH, superior ao registado para os dentes obturados com hidróxido de cálcio, ao tempo experimental de 6 horas. O hidróxido de cálcio consegue induzir a necrose das células existentes nas zonas de reabsorção ou, pelo menos, neutralizar o ácido láctico proveniente dos macrófagos e dos osteoclastos, prevenindo assim a dissolução do conteúdo mineral da raiz do dente. Um pH alcalino nos locais de reabsorção será favorável à atividade das enzimas colagenase e hidrolase ácida das células de reabsorção, podendo igualmente, estimular as fosfatases alcalinas, as quais parecem desempenhar um função importante na formação e reparação de tecidos duros [2]. Para que o hidróxido de cálcio seja efetivo na prevenção da progressão da RRE, os íons hidroxilo devem ter a capacidade de difusão através da dentina. A dinâmica da difusão do hidróxido de cálcio pela dentina foi avaliada em diferentes estudos, onde verificaram que o hidróxido de cálcio se difunde a partir do canal radicular para a superfície externa da raiz [25, 26].

A diferença na difusão dos íons hidroxilo através das diferentes regiões da raiz, poderá estar relacionada com as diferenças existentes no tamanho e no número dos túbulos dentinários nessas regiões. O diâmetro dos túbulos dentinários, nas zonas cervicais e médias da raiz, é maior do que o diâmetro dos túbulos dentinários existente na região do terço apical [27]. Além do diâmetro, também existe um maior número de túbulos nas regiões cervicais e médias da raiz. Estes fatores, permitem assim uma difusão mais rápida na região cervical e média da raiz do que na região apical do dente [28]. A cavidade feita na superfície do dente foi localizada na porção apical de todos os dentes utilizados no trabalho experimental. Desta forma, os valores de pH observados para a BiodentineTM, MTA, hidróxido de cálcio e soro fisiológico poderão

estar condicionados às características anatômicas existentes em cada grupo de dentes testados.

De acordo com os resultados obtidos, verifica-se que os valores de pH na superfície radicular para o MTA, mantiveram-se praticamente constantes ao longo do tempo. Estes resultados, apesar de apresentarem um valor de pH mais baixo (pH de 6,1; 6,18 e 6,30) estão de acordo com outros estudos [29]. No entanto, é de salientar que as condições de medição do valor de pH, bem como, a metodologia escolhida para a medição do valor de pH, são diferentes. Está descrito na literatura que o valor médio de pH em cavidades à superfície radicular em dentes obturados com MTA é de 8,66 ao longo de 4 semanas [10].

Atualmente existem poucos estudos sobre a Biodentine™. O seu conteúdo é similar aos componentes que existem no MTA e assim presume-se que a Biodentine™, na sua forma ativa, tenha uma reação de hidratação que envolve a dissolução de grânulos de silicato de cálcio para produzir hidratos de silicato de cálcio e de hidróxido de cálcio, formando uma matriz que contem grânulos não hidratados e micro-espacos por onde o hidróxido de cálcio se difunde [19]. Num estudo muito recente, verificou-se que existe uma interface entre a dentina e o mineral infiltrante proveniente da Biodentine™. Esta capacidade pode estar relacionada com a grande alcalinidade da Biodentine™ que, quando está hidratada, consegue induzir a desnaturação e a permeabilidade no conteúdo de colagénio da dentina[19]. Este poderá ser um dos mecanismos plausíveis para a difusão dos iões hidroxilo até à superfície radicular que se traduz pelo aumento do valor de pH evidenciado neste trabalho experimental.

A remoção da *smear layer* facilita a difusão dos iões hidroxilo através dos túbulos dentinários, melhorando a capacidade de eliminação da contaminação bacteriana [26]. No entanto, outro estudo verificou que a dentina radicular é permeável aos iões do hidróxido de cálcio e, a sua velocidade de difusão, varia de pessoa para pessoa caso a *smear layer* esteja ou não presente [30]. Neste estudo, foi utilizado EDTA a 15% seguido de NaOCl a 2,5%, antes da obturação com hidróxido de cálcio, MTA e Biodentine™ para remover a *smear layer*. Com a realização deste trabalho experimental, não é possível aferir se a remoção da *smear layer* constituiu ou não uma vantagem para a determinação do valor de pH na superfície radicular.

O incisivo central superior é o dente que mais frequentemente sofre luxação [31]. Assim, para a realização deste trabalho experimental seria uma mais-valia a utilização de dentes anteriores maxilares. Ao ser utilizada uma amostra mais uniforme

de dentes, preferencialmente dentes homólogos, os resultados poderiam ser, em parte, mais constantes para cada amostra de dentes que foi testada. A variabilidade histológica quanto ao número e diâmetro dos túbulos dentinários seria desta forma diminuída, contribuindo assim para medições do valor de pH mais constantes na superfície radicular.

A elaboração deste trabalho experimental tentou mimetizar uma possível situação clínica de reabsorção radicular externa. No entanto, as cavidades produzidas na superfície dos dentes, cavidades bem delineadas e regulares, não traduzem de forma rigorosa esta patologia. Em situações de RRE, as lesões na superfície radicular são irregulares e mal definidas [9].

Os microelctrodos utilizados para a determinação do valor de pH, nas cavidades realizadas na superfície dentária, foram feitos no laboratório numa sucessão de passos [32]. Determinadas limitações laboratoriais e operacionais, poderão ter condicionado a determinação mais precisa do valor de pH e, em parte, justificar a observação de valores de pH baixos em cada cavidade dentária. Várias variáveis estão intrínsecas nos valores de pH obtidos, tais como: a localização da sonda na cavidade (mais central ou mais periférica), a profundidade do microelctrodo na cavidade (mais superficial ou mais profundo), a distância entre os elctrodos (mais afastados ou mais próximos), e o volume de água em cada cavidade, 2µl, (o qual pode evaporar mais rapidamente que a estabilização do valor de pH). Estas características dificilmente são reprodutíveis de igual forma para cada medição nas diferentes amostras. O tempo de leitura do valor de pH (3 minutos) poderá não ter sido suficiente para a observação de um valor de medição de pH mais constante. Leituras de pH contínuas, mais prolongadas e em condições de controlo de 100% da humidade, poderão constituir uma abordagem mais vantajosa e efetiva com a utilização deste tipo de microelctrodos.

Conclusões

Existem alterações do valor de pH na superfície radicular de dentes humanos obturados com Biodentine™, MTA e hidróxido de cálcio.

As variações do valor de pH que foram observadas, estão relacionadas com a difusão dos iões hidroxilo pelos túbulos dentinários até à superfície da raíz, nos dentes obturados com Biodentine™, MTA e hidróxido de cálcio.

Nos dentes obturados com Biodentine™ foram observados as maiores variações do valor de pH ao longo do ensaio experimental, sendo o valor de pH mais elevado medido ao fim de uma semana. Os valores de pH medidos para os dentes obturados com MTA e hidróxido de cálcio são mais baixos que aqueles evidenciados na literatura.

Existe pouca informação na literatura relativa às propriedades da Biodentine™ como material de uso clínico na medicina dentária. Atendendo às maiores variações de pH induzidas por este composto na amostra de dentes estudada e, aliando o facto da difusão dos iões hidroxilo para a superfície da raiz permitirem um controlo da progressão da reabsorção radicular externa inflamatória, será pertinente a realização de mais estudos, de forma a explorar as suas propriedades como um possível material alternativo nestas situações clínicas.

Agradecimentos

O meu especial agradecimento ao Prof Doutor Manuel Marques Ferreira por toda a ajuda, apoio e empenho que me transmitiu na realização deste trabalho.

A realização deste trabalho só foi possível com a ajuda e desempenho de pessoas com um enorme gosto pela ciência. O meu muito obrigada ao Doutor Alexandre Bastos da Universidade de Aveiro.

Um especial agradecimento ao Prof. Doutor Francisco Caramelo pela ajuda prestada na análise estatística e à Prof. Doutora Maria Filomena Rabaça Roque Botelho por todos os conhecimentos científicos.

Obrigada Elodie Almeida por toda a ajuda.

Bibliografia

1. Patel, P.F.T.S., *Is the resorption external or internal?* Dent Update, 2007. **34**: p. 218-229.
2. Tronstad, L., *Root resorption--etiology, terminology and clinical manifestations.* Endod Dent Traumatol, 1988. **4**(6): p. 241-52.
3. MM, F.M.L.J.C.E.F., *Mecanismo e Classificação das reabsorções Radiculares.* Rev Port Estomatol Cir Maxilofacial 2006. **47**(4): p. 241-248.
4. Ferreira MM, L.J., Carrilho EVP, Ferreira MM, *Reabsorção Radicular Interna.* Rev Port Estomatol Cir Maxilofacial 2007. **48**(2): p. 121-126.
5. de Azevedo Vaz, S.L., et al., *Influence of cone-beam computed tomography enhancement filters on diagnosis of simulated external root resorption.* J Endod, 2012. **38**(3): p. 305-8.
6. Leach, H.A., A.J. Ireland, and E.J. Whites, *Radiographic diagnosis of root resorption in relation to orthodontics.* Br Dent J, 2001. **190**(1): p. 16-22.

7. Owman-Moll, P. and J. Kurol, *Root resorption after orthodontic treatment in high- and low-risk patients: analysis of allergy as a possible predisposing factor*. Eur J Orthod, 2000. **22**(6): p. 657-63.
8. Sikri, V.K., *Root Resorption - An Enigma*. Indian Journal of Comprehensive Denatl Care, 2011. **Vol 1**(1).
9. Durack, C., et al., *Diagnostic accuracy of small volume cone beam computed tomography and intraoral periapical radiography for the detection of simulated external inflammatory root resorption*. Int Endod J, 2011. **44**(2): p. 136-47.
10. Heward, S. and C.M. Sedgley, *Effects of intracanal mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide during four weeks on pH changes in simulated root surface resorption defects: an in vitro study using matched pairs of human teeth*. J Endod, 2011. **37**(1): p. 40-4.
11. Chamberlain, T.M., T.C. Kirkpatrick, and R.E. Rutledge, *pH changes in external root surface cavities after calcium hydroxide is placed at 1, 3 and 5 mm short of the radiographic apex*. Dent Traumatol, 2009. **25**(5): p. 470-4.
12. Esberard, R.M., D.L. Carnes, Jr., and C.E. Del Rio, *pH changes at the surface of root dentin when using root canal sealers containing calcium hydroxide*. J Endod, 1996. **22**(8): p. 399-401.
13. Tronstad, L., et al., *pH changes in dental tissues after root canal filling with calcium hydroxide*. J Endod, 1981. **7**(1): p. 17-21.
14. Bystrom, A., R. Claesson, and G. Sundqvist, *The antibacterial effect of camphorated paramonochlorophenol, camphorated phenol and calcium hydroxide in the treatment of infected root canals*. Endod Dent Traumatol, 1985. **1**(5): p. 170-5.
15. Reyes-Carmona, J.F., M.S. Felipe, and W.T. Felipe, *Biom mineralization ability and interaction of mineral trioxide aggregate and white portland cement with dentin in a phosphate-containing fluid*. J Endod, 2009. **35**(5): p. 731-6.
16. Torabinejad, M. and N. Chivian, *Clinical applications of mineral trioxide aggregate*. J Endod, 1999. **25**(3): p. 197-205.
17. Ballal, S., et al., *An in vitro study to assess the setting and surface crazing of conventional glass ionomer cement when layered over partially set mineral trioxide aggregate*. J Endod, 2008. **34**(4): p. 478-80.
18. Parirokh, M. and M. Torabinejad, *Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--Part I: chemical, physical, and antibacterial properties*. J Endod, 2010. **36**(1): p. 16-27.
19. Atmeh, A.R., et al., *Dentin-cement interfacial interaction: calcium silicates and polyalkenoates*. J Dent Res, 2012. **91**(5): p. 454-9.
20. Torabinejad, M., et al., *Physical and chemical properties of a new root-end filling material*. J Endod, 1995. **21**(7): p. 349-53.
21. Esberard, R.M., D.L. Carnes, Jr., and C.E. del Rio, *Changes in pH at the dentin surface in roots obturated with calcium hydroxide pastes*. J Endod, 1996. **22**(8): p. 402-5.
22. Nerwich, A., D. Figdor, and H.H. Messer, *pH changes in root dentin over a 4-week period following root canal dressing with calcium hydroxide*. J Endod, 1993. **19**(6): p. 302-6.
23. Tsesis, I., et al., *Dentinal pH changes following electrophoretically activated calcium hydroxide ions in the root canal space of bovine teeth*. Dent Traumatol, 2005. **21**(3): p. 146-9.
24. Wang, J.D. and W.R. Hume, *Diffusion of hydrogen ion and hydroxyl ion from various sources through dentine*. Int Endod J, 1988. **21**(1): p. 17-26.
25. Gomes, I.C., et al., *Diffusion of calcium through dentin*. J Endod, 1996. **22**(11): p. 590-5.

26. Foster, K.H., J.C. Kulild, and R.N. Weller, *Effect of smear layer removal on the diffusion of calcium hydroxide through radicular dentin*. J Endod, 1993. **19**(3): p. 136-40.
27. Marion, D., et al., *Scanning electron microscopic study of odontoblasts and circumpulpal dentin in a human tooth*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 1991. **72**(4): p. 473-8.
28. Carrigan, P.J., et al., *A scanning electron microscopic evaluation of human dentinal tubules according to age and location*. J Endod, 1984. **10**(8): p. 359-63.
29. Ozdemir, H.O., et al., *Calcium ion diffusion from mineral trioxide aggregate through simulated root resorption defects*. Dent Traumatol, 2008. **24**(1): p. 70-3.
30. Deardorf, K.A., et al., *Effect of root canal treatments on dentin permeability*. J Endod, 1994. **20**(1): p. 1-5.
31. Andreasen, F.M. and B.V. Pedersen, *Prognosis of luxated permanent teeth--the development of pulp necrosis*. Endod Dent Traumatol, 1985. **1**(6): p. 207-20.
32. Bastos, A.C.B.O.V.K.S.V.L.M.L.Z.M.G.S.F.A.C., *Micro-Sensores Potenciométricos E Amperométricos Para o Estudo da Corrosão*. Corros.Prot.Mater, 2009. **28**(2).

ANEXO

Para a realização deste trabalho experimental, foi da responsabilidade do aluno: a recolha de informação bibliográfica para enquadramento do tema, a elaboração do protocolo experimental, a recolha dos dentes, o preparo da cavidade à superfície dos dentes, a instrumentação dos dentes, a obturação dos dentes e a medição do valor de pH à superfície da raiz dos dentes.

