

CLARISSA RAUPP SCHEBELA

AVANÇOS NA TERAPÊUTICA ENDODÔNTICA PARA DENTES COM FORMAÇÃO
APICAL INCOMPLETA E NECROSE PULPAR

**Monografia de Conclusão apresentada ao
Curso de Especialização em Endodontia da
Faculdade de Odontologia da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul como
Requisito parcial para obtenção do
título de Especialista em Endodontia**

Professor orientador: Augusto Bodanezi

Porto Alegre

2013

CLARISSA RAUPP SCHEBELA

**AVANÇOS NA TERAPÊUTICA ENDODÔNTICA PARA DENTES COM
FORMAÇÃO APICAL INCOMPLETA E NECROSE PULPAR**

Monografia de Conclusão apresentada ao Curso de Especialização em Endodontia da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Endodontia

Porto Alegre, 04 de Julho de 2013.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Augusto Bodanezi (Orientador)
Faculdade de Odontologia/UFRGS

Prof. Dr. Regis Burmeister dos Santos
Faculdade de Odontologia/UFRGS

Prof^a. Dra. Daiana Elisabeth Böttcher
Faculdade de Odontologia/UFRGS

Dedico este trabalho aos meus queridos pais, incentivadores incansáveis, meus exemplos de determinação e sabedoria.

Ao meu querido irmão, amigo de fé, pelo seu dom e arte de poetizar a vida, meu exemplo de superação e força.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a minha amada família: minha mãe, meu pai e meu irmão.

À minha mãe Sonia, por sua amizade de sempre, minha conselheira de todas as horas e grande motivadora das minhas “obras”.

Ao meu pai Luiz Henrique, meu mestre, amigo e colega, por ser fonte de inspiração desta bela profissão.

Ao meu irmão Alexandre, por me ensinar o equilíbrio entre o dever e o lazer, por me mostrar que além de raízes, também precisamos de asas.

Ao meu orientador e professor Dr. Augusto Bodanezi, por sua impecável orientação, dedicação e tranquilidade em ensinar. Sua destreza em pesquisar e sua curiosidade em aprender ainda mais foram motivadoras neste período de construção científica.

Às minhas companheiras de endodontia, por suas palavras amigas, por tornarem essa caminhada mais leve e por estarem sempre “no equipo ao lado”.

Aos meus amigos, por compreenderem as minhas ausências, e por continuarem sempre presentes nos bons e maus momentos.

A uma amiga especial, sempre dedicada quando solicitada para as correções da língua inglesa, por sua colaboração e boa vontade.

Aos meus pacientes, por serem instrumentos para meu aperfeiçoamento profissional, por toda sua paciência, confiança e sorriso no rosto em cada consulta.

Á toda equipe querida da endodontia, cada um de vocês foi peça fundamental nessa caminhada de dois anos, repleta de grandes desafios, aprendizagem e boa convivência.

Existem três maneiras de se chegar ao topo de uma árvore: 1) Subir nela; 2) Sentar em cima da semente; 3) Ficar amigo de um grande pássaro.

Robert Maiment

Nestes dois anos de endodontia tive o prazer de conhecer grandes pássaros, e alguns, já considero grandes amigos.

Clarissa Raupp Schebela

RESUMO

SCHEBELA, Clarissa Raupp. **Avanços na terapêutica endodôntica para dentes com formação apical incompleta e necrose pulpar.** 2013. 30f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Endodontia) - Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

O tratamento endodôntico de dentes imaturos com polpa necrosada é um desafio técnico e de prognóstico incerto. Esta revisão da literatura teve como finalidade atualizar o leitor acerca dos métodos terapêuticos disponíveis para o tratamento endodôntico de dentes acometidos por necrose pulpar e cuja formação apical ainda não se completou. A apicificação pode ser definida como um método para induzir a formação de uma barreira apical mineralizada numa raiz com ápice aberto, favorecendo o desenvolvimento apical em uma raiz incompleta em dentes com necrose pulpar. O tratamento de apicificação viabiliza a formação de uma barreira apical no dente com ápice aberto através da utilização de substâncias que induzem a formação de tecido mineralizado. A apicificação com hidróxido de cálcio, todavia, exige a necessidade de múltiplas consultas e dessa forma pode gerar um prognóstico desfavorável causado pelo aumento do risco de fratura e da suscetibilidade à recontaminação. Uma alternativa ao tratamento com hidróxido de cálcio é o uso de uma barreira apical artificial confeccionada com o agregado de trióxido mineral (MTA) que permita a obturação ser realizada e o dente restaurado em um intervalo mais curto. A recente terapia de revascularização pulpar baseia-se na complementação apical a partir da migração de células-tronco para o interior do espaço do canal radicular. Concluiu-se que os avanços na terapêutica de dentes com formação radicular incompleta e necrose pulpar disponibilizaram ao clínico e pesquisadores alternativas para melhorar o prognóstico no tratamento desses casos.

Palavras-chave: Ápice dentário. Necrose da polpa dentária. Apexificação. Tecido periapical. Células-tronco.

ABSTRACT

SCHEBELA, Clarissa Raupp. **Advances in endodontic therapy for teeth with incomplete root formation and pulp necrosis**. 2013. Final Paper (Post-graduation in Endodontics).

Endodontic treatment of necrotic immature teeth is a technical challenge with uncertain prognosis. This literature review was intended to update the reader on the therapeutic methods available for the endodontic treatment of teeth with pulpal necrosis and whose apical formation has not yet been completed. Apexification can be defined as a method to induce the formation of a mineralized apical barrier in an open apex root, encouraging the apical development in teeth with incomplete root and pulp necrosis. The apexification treatment enables the formation of an apical barrier in the tooth with open apex through the use of substances which induce mineralized tissue formation. The apexification with calcium hydroxide, however, demands for multiple sessions and thus may generate an unfavorable prognosis due to increased risk of fracture and susceptibility to recontamination. An alternative to treatment with calcium hydroxide is the use of an artificial apical barrier made of mineral trioxide aggregate (MTA) that allows the root to be filled and tooth restored in a shorter interval. The recent pulp revascularization therapy is based on the apical complementation through migration of stem cells into the root canal space. It was concluded that advances in the treatment of teeth with incomplete root formation and pulpal necrosis provided to clinicians and researchers alternatives to improve the prognosis in the treatment of these cases.

Keywords: Tooth apex. Dental pulp necrosis. Apexification. Periapical tissue. Stem cells.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 Biologia do Ápice Radicular	11
2.2 Células-tronco Dentárias	12
2.3 Tratamento de Dentes com Rizogênese Incompleta e Necrose Pulpar	13
2.3.1 Emprego do Hidróxido de Cálcio.....	13
2.3.1.1 Técnica.....	15
2.3.2 Barreiras Apicais Artificiais	16
2.3.2.1 Técnica com o Agregado de Trióxido Mineral	17
2.3.3 Apicigênese em Dentes com Rizogênese Incompleta	18
2.3.3.1 Aplicação dos Conceitos de Engenharia Tecidual na Endodontia Regenerativa	19
2.3.3.2 Técnica.....	20
2.3.3.3 Considerações Atuais para a Terapia Endodôntica Regenerativa	21
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	23
REFERÊNCIAS	26
APÊNDICE	29

1. INTRODUÇÃO

As lesões traumáticas bucais seguidas ao trauma orofacial em crianças e adolescentes portadores de dentes permanentes jovens são um achado frequente. A maioria destes incidentes ocorre antes da completa formação radicular e pode resultar em inflamação pulpar ou necrose (Cehreli et al., 2011; Rafter, 2005). Além do trauma, a cárie dentária e restaurações inadequadas constituem-se, também, fatores etiológicos (Lopes et al., 2010). A bainha epitelial de Hertwig, responsável pela condução da formação radicular, dando forma à raiz ou às raízes, estende-se da alça cervical ao forame apical é usualmente sensível aos traumas. No entanto, em virtude do grau de vascularização e de células na região apical, a formação radicular pode continuar mesmo na presença de inflamação pulpar ou necrose (Rafter, 2005; Shabahang et al, 1999). A completa destruição da bainha epitelial de Hertwig resulta na cessação do desenvolvimento radicular normal (Rafter, 2005; Shabahang et al, 1999).

O término do desenvolvimento radicular e fechamento apical ocorrem três anos após a erupção dentária (Rafter, 2005). O tratamento radicular durante este período é um significativo desafio ao clínico (Cehreli et al., 2011; Chala et al., 2011; Rafter, 2005) em virtude do diâmetro considerável do canal (Chala et al., 2011), das paredes dentinárias finas e frágeis ainda em formação (Cehreli et al., 2011; Chala et al., 2011; Shabahang et al., 1999), e do amplo ápice aberto (Cehreli et al., 2011; Chala et al., 2011), fatores que tornam difícil a instrumentação do canal radicular e a conformação de uma adequada constrição apical para viabilizar as manobras de obturação (Cehreli et al., 2011).

Conforme o grau de viabilidade do tecido pulpar do dente acometido, duas abordagens terapêuticas podem ser conduzidas – apicigênese ou apicificação. Quando a polpa está vital, a técnica da apicigênese pode ser uma tentativa de tratamento. Apicigênese consiste na complementação radicular fisiológica em dentes que apresentam tecido pulpar ainda com vitalidade, pelo menos na porção apical do canal radicular, com existência de células viáveis na bainha de Hertwig (Lopes et al., 2010). Uma polpa necrosada condena o dente à apicificação por acreditar-se que as células da porção apical não estão mais viáveis (Rafter, 2005). Devido à ausência de uma constrição apical, uma alternativa ao tratamento de canal padrão foi preconizada, a chamada apicificação ou fechamento do ápice radicular (Pace et al., 2007). A apicificação pode ser definida como um método para induzir a formação de uma

barreira apical mineralizada numa raiz com ápice aberto, favorecendo o desenvolvimento apical em uma raiz incompleta em dentes com necrose pulpar (Pace et al., 2007; Rafter, 2005; Whitterspoon et al., 2008). Quando a destruição do tecido pulpar não se estender até a porção apical radicular, o profissional poderá conseguir sua complementação utilizando-se de um tratamento conservador da polpa dentária. Entretanto, diante da necrose pulpar e lesão perirradicular, o problema se torna grave, pois a formação normal e fisiológica do ápice, que corresponde em quase sua totalidade à função pulpar naquele momento poderá ficar detida e o dente, se não tratado convenientemente, permanecerá com o ápice divergente em caráter definitivo (Lopes et al., 2010).

Inúmeros procedimentos e materiais têm sido recomendados para possibilitar a desinfecção e induzir a formação de uma barreira apical. Estes procedimentos incluem: nenhum tratamento, controle da infecção, indução de um coágulo sanguíneo nos tecidos perirradiculares, pastas antibióticas, hidróxido de cálcio, e o agregado de trióxido de mineral (MTA) como barreira apical artificial (Hargreaves et al., 2008; Shabahang et al., 1999; Whitterspoon et al., 2008).

Até algum tempo atrás a regeneração do tecido pulpar de um dente imaturo contaminado com periodontite apical parecia ser impossível. No entanto, se um ambiente adequado for alcançado, ou seja, ausência de infecção intracanal e presença de uma matriz propícia a invaginação tecidual, a regeneração pulpar pode ter lugar. O fator chave para o sucesso deste processo é a desinfecção do sistema de canais radiculares, pois o crescimento do tecido será interrompido onde bactérias forem encontradas (Ding et al., 2009).

Recentemente, dois novos conceitos clínicos para o tratamento de dentes com necrose pulpar e formação apical incompleta surgiram. Uma das abordagens envolve a revascularização para alcançar geração e regeneração de tecidos. Neste método, o novo tecido vivo deverá formar-se no espaço do canal preparado permitindo contínuo desenvolvimento radicular em termos de comprimento e espessura. A outra é a busca ativa de regeneração de polpa e dentina através da tecnologia da engenharia de tecidos (Huang, 2009).

Esta monografia teve como finalidade atualizar o leitor, a partir de uma revisão da literatura, acerca dos métodos terapêuticos disponíveis para o tratamento endodôntico de dentes acometidos por necrose pulpar e cuja formação apical ainda não se completou.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Biologia do Ápice Radicular

Segundo Friedlander et al. (2009), a região apical de um dente permanente jovem é composta por polpa dental, papila apical e tecidos periodontais que se desenvolveram através de uma série de interações ectomesenquimais. Durante a fase de sino do desenvolvimento dental, a papila apical torna-se parcialmente fechada pelo epitélio em invaginação e o ectomesênquima condensado, que circunda o órgão do esmalte e a papila dental, forma o folículo dental.

A polpa dental é um tecido conjuntivo frouxo de origem ectomesenquimal e mesenquimal, que se desenvolve a partir da papila dental, e é composta por água, substância fundamental amorfa, fibras, vasos sanguíneos, nervos, vasos linfáticos, fibroblastos, células imunes e odontoblastos. Os odontoblastos secretam dentina e são integrados ao complexo dentino-pulpar. A dentina primária é formada até o completo desenvolvimento radicular, após o qual, a formação de dentina prossegue como dentinogênese secundária e permanece, numa taxa mais baixa, durante todo tempo de vida do indivíduo (Katchburian et al., 1999).

À medida que raiz e polpa se desenvolvem, a papila dental fica localizada apical ao desenvolvimento pulpar e é chamada papila apical. Clinicamente, é um tecido mole gelatinoso, que é facilmente destacado do ápice radicular. Histologicamente é distinto da polpa, é menos vascular e celular, sendo os dois tecidos separados por uma zona rica em células (Katchburian et al., 1999).

O folículo dental que circunda a raiz do dente em desenvolvimento contém células progenitoras para o periodonto em desenvolvimento: cimento, osso alveolar e ligamento periodontal. Enquanto isso, os epitélios interno e externo do esmalte se fusionam para formar uma estrutura conhecida como bainha epitelial radicular de Hertwig (HERS). Enquanto a bainha epitelial de Hertwig migra apicalmente, os tecidos ectomesenquimais são divididos em papila dental de um lado e em folículo dental do outro. A bainha epitelial de Hertwig tem um papel fundamental no desenvolvimento e no formato radicular, mas a exata função das células dessa bainha é incerta. Elas podem estar envolvidas regulando a diferenciação dos odontoblastos ou cementoblastos na formação de dentina e cimento. Uma vez estabelecida a camada primária da dentina do manto, a bainha radicular começa a se desintegrar, permitindo a inserção de células do folículo dental para cima da dentina radicular exposta, com a

subsequente deposição de cimento. Células individuais da bainha radicular migram da raiz à região do futuro ligamento periodontal para formar os restos epiteliais de Malassez (Friedlander et al., 2009).

2.2 Células-tronco Dentárias

A biologia das células-tronco tornou-se uma importante área de estudo para a compreensão da regeneração de tecidos, apesar do conhecimento nesta área, em sua maioria, ter sido de estudos *in vitro* (Huang, 2008). Todos os tecidos são originários a partir de uma pequena população de células-tronco, que desempenham um papel essencial no desenvolvimento embrionário e na regeneração de tecidos (Friedlander et al., 2009).

Células-tronco dentárias são células indiferenciadas capazes de gerar, por divisão mitótica simétrica, duas células-filhas idênticas a ela ou, por divisão mitótica assimétrica, uma célula-filha diferenciada e outra nova célula que permanece indiferenciada e mantém a linhagem original (Houaiss 2009).

Mesmo após a complementação apical, células-tronco dentárias com a capacidade de se diferenciar em odontoblastos remanescem na porção apical dos dentes. Conforme Huang (2008), em geral as células-tronco apresentam duas propriedades principais: são capazes de auto-renovação e, quando se dividem, algumas células filhas dão origem a células que se tornam eventualmente células diferenciadas. Dependendo do tipo de células-tronco e sua capacidade e potência para se tornarem diferentes tecidos, as seguintes categorias de células-tronco têm sido estabelecidas – (1) células-tronco totipotentes: cada célula é capaz de se desenvolver em um organismo inteiro, (2) células-tronco pluripotentes: células a partir de embriões (células-tronco embrionárias) que, quando cultivadas no ambiente certo *in vivo*, são capazes de formar todos os tipos de tecidos, e (3) células-tronco multipotentes: células-tronco pós-natais ou vulgarmente chamadas células-tronco adultas, que são capazes de dar origem a múltiplas linhagens de células. As células-tronco dentais pertencem à terceira categoria (Huang, 2008).

Cinco tipos de células-tronco dentárias humanas já foram isoladas e caracterizadas: células-tronco da polpa dentária (DPSCs), células-tronco de dentes decíduos esfoliados (SHED), células-tronco da papila apical (SCAP), células-tronco do ligamento periodontal (PDLSCs) e células-tronco do folículo dentário (Huang, 2008; Morszeck et al., 2005;

Morsczeck, 2006). Exceto as células-tronco de dentes decíduos esfoliados, todas as outras células aparecem em dentes permanentes. Estas células-tronco dentárias são consideradas como células-tronco mesenquimais (MSCs) e possuem diferentes níveis de capacidade para se tornarem células formadoras de tecidos específicos (Huang, 2008).

2.3 Tratamento de Dentes com Rizogênese Incompleta e Necrose Pulpar

Diante da necrose pulpar em dentes com rizogênese incompleta, a formação normal e fisiológica do ápice poderá ficar detida definitivamente, e o dente, se não tratado, permanecerá com o ápice divergente, sem sua completa formação. Frente a essa situação, e tendo o conhecimento atual da biologia do ápice e tecidos periapicais, cabe ao cirurgião-dentista diagnosticar e planejar a opção terapêutica mais adequada para obter sucesso no tratamento dos pacientes acometidos por essa intercorrência (Lopes et al., 2010).

2.3.1 Emprego do Hidróxido de Cálcio

O hidróxido de cálcio é um pó branco, alcalino e inodoro, obtido a partir da mistura do carbonato de cálcio com a água, cuja fórmula é Ca(OH)_2 . Tem baixa solubilidade em água, que diminui à medida que a temperatura aumenta, tem um pH elevado (cerca de 12,5-12,8), e é insolúvel em álcool. Esta baixa solubilidade é uma boa característica clínica, pois um longo período é necessário antes que se torne solúvel em fluidos teciduais, quando em contato direto com tecidos vitais (Fava et al., 1999).

Segundo Fava et al. (1999), as principais ações do hidróxido de cálcio vem da dissociação iônica de íons Ca^{2+} e OH^- , e a ação destes íons sobre o tecido vital e as bactérias gera a indução de deposição de tecido duro e o efeito antibacteriano (Fava et al., 1999).

Desde a introdução do hidróxido de cálcio – Ca(OH)_2 – na Odontologia por Hermann (1920), este medicamento tem sido indicado para o tratamento de muitas situações clínicas. Os primeiros relatos de sucesso com o uso do hidróxido de cálcio na obtenção de reparo pulpar foram apresentados entre 1934 e 1941. Desde então, e principalmente após a 2ª Guerra Mundial, as indicações clínicas de seu uso foram expandidas e agora este químico é

considerado o medicamento de escolha para viabilizar a deposição de tecido duro mineralizado e consequente reparo da polpa e tecidos periapicais (Fava et al., 1999).

Em contato direto com a polpa ou tecido periodontal apical, o hidróxido de cálcio favorece a neoformação de dentina ou cimento, respectivamente. Embora se reconheça a citada propriedade do hidróxido de cálcio, seu mecanismo de ação ainda não foi perfeitamente elucidado. Alguns atribuem esse efeito aos íons hidroxila, enquanto outros julgam que os íons cálcio sejam os responsáveis pela indução do reparo (Lopes et al., 2010).

Com a expansão do uso clínico do hidróxido de cálcio a literatura também discute o uso de diversas fórmulas e sugere a mistura do pó de hidróxido de cálcio com outras substâncias. Muitas têm sido adicionadas ao pó para aumentar propriedades, tais como, ação antibacteriana, radiopacidade, escoamento e consistência. As atividades biológicas do hidróxido de cálcio serão atingidas pela dissociação iônica em íons Ca^{2+} e OH^- . O veículo desempenha, então, um papel importante em todo o processo, pois ele determina a velocidade da dissociação iônica, para posterior solubilização e reabsorção, em vários índices, pelos tecidos periapicais e no interior do canal radicular (Fava et al., 1999).

De acordo com Fava et al. (1999), o veículo ideal deve: permitir uma gradual e lenta liberação iônica dos íons Ca^{2+} e OH^- ; permitir difusão lenta nos tecidos com baixa solubilidade nos fluidos teciduais e não ter efeitos adversos na indução de depósito de tecido duro mineralizado.

As pastas de hidróxido de cálcio são classificadas de acordo com o tipo do veículo: aquosos (água, água destilada, água estéril, etc.), viscosos (glicerina, polietilenglicol, propilenoglicol, etc.) e oleosos (óleo de oliva, ácidos graxos, paramonoclorofenolcanforado, eugenol, etc.). Veículos viscosos e oleosos, em geral, prolongam a ação do hidróxido de cálcio para que exerça seus efeitos terapêuticos dentro do canal radicular (Fava et al., 1999).

O uso do hidróxido de cálcio foi introduzido primeiramente por Kaiser, em 1964, que sugeriu que a mistura deste material com o PMCC induziria a formação de uma barreira calcificada através do ápice (Rafter et al., 2005; Bezgin et al., 2012). O hidróxido de cálcio, puro ou associado a outras substâncias, tem sido o material de escolha e de maior suporte científico usado no tratamento endodôntico e dentes com rizogênese incompleta. Desse interesse resultaram estudos clínicos, bem como histológicos, que contribuíram para o melhor conhecimento de sua atuação junto aos tecidos perirradiculares, mostrando a aparente supremacia desse material sobre os demais (Lopes et al., 2010).

A tradicional técnica de apicificação utiliza, a longo prazo, o hidróxido de cálcio como medicação intracanal a fim de promover a formação de uma barreira calcificada na porção mais apical da raiz cuja formação regular fora interrompida (Cehreli et al., 2011).

2.3.1.1 Técnica

Granath (1959) foi o primeiro a descrever o uso do hidróxido de cálcio para promover o fechamento apical radicular. Antes disso, dentes imaturos não-vitais eram, com frequência, extraídos. (Whiterspoon et al., 2008). Frank (1966) popularizou a técnica na qual os canais eram debridados e obturados com uma pasta feita da mistura de hidróxido de cálcio com o paramonoclorofenol canforado (PMCC). A técnica de Frank exigia a troca da pasta de hidróxido de cálcio e PMCC a cada três meses até a formação da barreira. Isto poderia levar cerca de dois anos (Whiterspoon et al., 2008).

Apesar da popularidade do procedimento de apicificação, a terapia com o hidróxido de cálcio tem algumas desvantagens inerentes que incluem: variabilidade no tempo de tratamento, em geral, longo tempo é exigido (Cehreli et al., 2011; Pace, 2006; Shabahang et al., 1999; Rudagi et al., 2012; Whiterspoon et al., 2008), imprevisibilidade do fechamento apical (Pace, 2006; Rudagi et al., 2012; Shabahang et al., 1999), vulnerabilidade da restauração coronária provisória à reinfecção (Cehreli et al., 2011; Pace, 2006; Rudagi et al., 2012; Whiterspoon et al., 2008), o tratamento exige um nível alto de cooperação do paciente em função do número de consultas necessárias (Pace, 2006; Rudagi et al., 2012; Shabahang et al., 1999), a diminuição da resistência à fratura dos dentes durante a aplicação a longo prazo do hidróxido de cálcio (Bezgin et al., 2012; Rudagi et al., 2012; Whiterspoon et al., 2008), já que as paredes dentinárias se encontram mais finas e frágeis, e ainda, a possibilidade de prejudicar o selamento da obturação final em virtude da retenção de pasta nas paredes dos canais radiculares (Bezgin et al., 2012).

Segundo Felipe et al. (2005), a substituição da pasta de hidróxido de cálcio não é necessária para que ocorra a apicificação, no entanto, faz reduzir significativamente a intensidade do processo inflamatório apical. Esses pesquisadores sugeriram que, pelo menos por um período de cinco meses, a renovação do hidróxido de cálcio não deva ser realizada, de modo que a deposição de tecido duro não seja perturbada. Concluíram, a partir do estudo, que a pasta de hidróxido de cálcio promove a apicificação e o reparo de tecidos apicais e que a

substituição da pasta de hidróxido de cálcio não foi necessária para a ocorrência da apicificação; tendo a renovação mensal da pasta reduzido significativamente a ocorrência de apicificação (Felippe et al., 2005).

Historicamente, resultados endodônticos aceitáveis foram alcançados por meio dos procedimentos da apicificação, com o uso de curativos intracanal de hidróxido de cálcio a longo prazo. Entretanto, preocupações têm sido levantadas de que a terapia a longo prazo com o hidróxido de cálcio pode alterar as propriedades mecânicas da dentina (Andreasen et al., 1981; Andreasen et al., 2002; Hargreaves et al., 2008). Com o propósito de minimizar os efeitos indesejáveis acima descritos, os quais advêm da manutenção do hidróxido de cálcio no canal radicular por longos intervalos de tempo, novos materiais e técnicas destinados ao tratamento imediato dos dentes portadores de rizogênese incompleta têm sido propostos e pesquisados.

Uma alternativa de tratamento à apicificação com hidróxido de cálcio seria o uso de uma barreira apical artificial que permite a imediata obturação do canal (Bezgin et al., 2012; Shabahang et al., 1999).

2.3.2 Barreiras Apicais Artificiais

O agregado de trióxido mineral (MTA) é um pó que consiste de finas partículas hidrofílicas de silicato tricálcico, óxido tricálcico, óxido de silicato, entre outras. (Rafter, 2005; Whitterspoon et al., 2008; Cehreli et al., 2011). A hidratação do pó resulta num gel fino e cristalino que solidifica numa estrutura dura em menos de três horas. (Whitterspoon et al., 2008). Este material foi introduzido pela primeira vez em 1993 e aprovado pela Food and Drug Administration (FDA) em 1998 (Rafter, 2005).

O MTA tem a habilidade de induzir a formação de tecido duro “tipo cimento” quando utilizado adjacente aos tecidos perirradiculares (Shabahang et al., 1999; Whitterspoon et al., 2008). É considerado um material promissor, resultado de sua superior propriedade de selamento, demonstrando mínima infiltração de corante ou bactérias ao ser comparado com outros materiais obturadores (Cehreli et al., 2011; Friedlander et al., 2009; Pace, 2007; Rafter, 2005; Rudagi et al., 2012; Shabahang et al., 1999; Whitterspoon et al., 2008), propriedade de endurecimento mesmo na presença de sangue (Rafter, 2005; Whitterspoon et al., 2008) e alto

grau de biocompatibilidade (Cehreli et al., 2011; Friedlander et al., 2009; Pace, 2007; Rafter, 2005; Rudagi et al., 2012; Shabahang et al., 1999; Whitterspoon et al., 2008).

A popularidade do MTA é atribuída as suas características e propriedades clínicas como redução do tempo de tratamento, possibilidade de restaurar o dente com o mínimo atraso e, assim, prevenir a fratura de raiz e também evitar mudanças nas propriedades mecânicas da dentina por causa do uso prolongado do hidróxido de cálcio. Além disso, por causa da ausência de toxicidade tecidual, o MTA tem boas propriedades biológicas e estimula a reparação (Bezgin et al., 2012; Cehreli et al., 2011; Chala et al., 2011; Lopes et al., 2010; Rafter, 2005; Shabahang et al., 1999).

2.3.2.1 Técnica com o Agregado de Trióxido Mineral

A apicificação em sessão única pode ser definida como uma condensação não-cirúrgica de um material biocompatível no interior do término apical do canal radicular. A razão é estabilizar um batente apical que permitiria a obturação imediata do canal radicular. Não há tentativa de promover o fechamento fisiológico do término apical, uma vez que um batente apical artificial é criado (Rafter, 2005). De acordo com algumas pesquisas, a espessura adequada do tampão apical deve variar entre 3mm e 5mm (Araújo et al., 2013; Cehreli et al., 2011; Lopes et al., ano; Pace et al., 2007; Rudagi et al., 2012) conforme o comprimento disponível da raiz (Pace et al., 2007). A inserção do MTA na porção apical deveria ser realizada preferencialmente com auxílio de um aplicador concebido especificamente para esse fim, e escolhido com base no diâmetro compatível com o do conduto (Cehreli et al., 2011; Moore et al., 2011; Pace et al., 2007; Whitterspoon et al., 2008). Pontas de papel absorvente e cones de guta percha previamente medidos são auxiliares na compactação e adaptação do material (Cehreli et al., 2011; Moore et al., 2011).

Após confecção do “plug apical” com o material, uma bolinha de algodão esterilizada e umedecida em água destilada é colocada na região da câmara pulpar e a cavidade de acesso é selada temporariamente com um material obturador provisório. Em uma semana a obturação dos terços restantes do conduto poderá ser realizada, com ou sem cimento endodôntico, e com guta percha termoplastificada injetável (Moore et al., 2011; Pace et al., 2007; Rudagi et al., 2012). A guta percha convencional associada à suave condensação também pode ser utilizada

(Cehreli et al., 2011). Ao final da técnica, realiza-se uma restauração de resina composta fotopolimerizável no terço coronário (Cehreli et al., 2011; Moore et al., 2011; Pace et al., 2007; Rudagi et al., 2012; Whitterspoon et al., 2008).

Existem limitações para a aplicação do MTA no tratamento de dentes com rizogênese incompleta. Estas limitações são inerentes à ausência de uma barreira apical, o que pode resultar em falha de adaptação e extrusão acidental do material para os tecidos periapicais (Araújo et al., 2013).

Nem o hidróxido de cálcio e nem o MTA são capazes de estimular a regeneração do tecido pulpar e continuar o desenvolvimento radicular, assim o risco de fratura se mantém em virtude da manutenção das paredes dentinárias finas e divergentes (Friedlander et al., 2009).

2.3.3 Apicigênese em Dentes Imaturos e com Necrose Pulpar

A apicigênese consiste num procedimento terapêutico da polpa vital realizado para estimular o contínuo desenvolvimento fisiológico e a formação do término radicular (Rafter, 2005). Uma série de relatos de casos clínicos recentes, conforme estudos de Huang et al (2008), revelou possibilidades de tratamento pela técnica da apicigênese para muitos dentes permanentes imaturos infectados, que seriam tradicionalmente tratados pela apicificação. Recente descoberta científica atribui esses achados à descoberta e isolamento de uma nova população de células-tronco mesenquimais (MSCs) residentes na papila apical de dentes incompletamente desenvolvidos. Estas células são denominadas células-tronco da papila apical (SCAP) e diferenciam-se em células semelhantes à odontoblastos, formadoras de dentina quando implantadas no espaço subcutâneo de camundongos imunocomprometidos, junto à hidroxiapatita/ fosfato tricálcico (HA / TCP) utilizados como veículo de transporte. A conservação das células-tronco no tratamento de dentes imaturos pode permitir a continuidade da formação radicular até a sua conclusão (Huang et al., 2008).

A regeneração de tecido pulpar foi considerada impossível até o final dos anos 90 e significativos desenvolvimentos em duas áreas básicas de pesquisa denominadas engenharia de tecidos e biologia das células-tronco possibilitaram esse fenômeno. O isolamento e a caracterização de células-tronco da polpa dentária (DPSCs), células-tronco de dentes decíduos

esfoliados (SHED) e células-tronco da papila apical (SCAP) capitalizaram a possibilidade de regeneração da polpa e dentina (Huang, 2009).

2.3.3.1 Aplicação dos Conceitos da Engenharia de Tecidos na Endodontia Regenerativa

O campo da engenharia de tecidos explodiu durante a última década, e extensas avaliações sobre aplicações odontológicas estão disponíveis para o leitor interessado. Com propósito elucidativo, citam-se três principais componentes da engenharia de tecidos, descritos por Hargreaves et al. (2008), a partir do conceito de desenvolvimento dos regimes de tratamento da endodontia regenerativa.

O primeiro componente da engenharia de tecidos é uma célula progenitora. Odontoblastos são células de origem mesenquimal responsáveis pela formação da dentina e, sob condições apropriadas, outras células da polpa dental, da papila apical, e possivelmente, de outros tecidos podem formar células tipo odontoblasto. Há controvérsias entre vários destes estudos, pois a determinação de apenas uma ou duas características de uma célula pode não ser suficiente para determinar conclusivamente se a célula resultante é um odontoblasto verdadeiro. Mesmo entre os odontoblastos, o fenótipo varia em células localizadas na dentina apical e na dentina coronal (Hargreaves et al., 2008).

O segundo componente da engenharia de tecidos é uma matriz física. Os tecidos são estruturas tridimensionais e uma matriz apropriada é necessária para promover crescimento e diferenciação celular. Sabe-se que as moléculas da matriz extracelular controlam a diferenciação das células-tronco e uma matriz (malha) adequada pode, seletivamente, ligar e localizar essas células, a qual contém fatores de crescimento e submete-se a biodegradação ao longo do tempo (Hargreaves et al., 2008).

O terceiro componente da engenharia de tecidos a considerar para a endodontia regenerativa são moléculas de sinalização. Ambos, fatores de crescimento e outros componentes são capazes de estimular a proliferação celular e direcionar a diferenciação celular. É provável que a célula progenitora e as moléculas de sinalização disponíveis desempenhem um papel importante na condução do desenvolvimento de células no tecido de regeneração. Por exemplo, as mesmas culturas de células da polpa dental humana podem se diferenciar em células que se assemelham a odontoblastos, osteoblastos, adipócitos ou

condrócitos, dependendo da combinação das moléculas de sinalização (Hargreaves et al., 2008).

2.3.3.2 Técnica

Para viabilizar a regeneração celular apical é fundamental uma criteriosa desinfecção do canal por meio de copiosa irrigação, utilizando-se solução de hipoclorito de sódio (1,25 a 5,25%). A instrumentação nesses casos é contra-indicada, pois agravaria a fragilidade das paredes dentinárias. Após a desinfecção com uma solução irrigadora, o canal deve ser preenchido inicialmente com uma pasta à base da associação de três antibióticos (ciprofloxacina + metronidazol + minociclina) a fim de promover a eliminação de microorganismos que sobreviveram à desinfecção com a irrigação. Após quatro semanas, constatado o desaparecimento de sinais e sintomas clínicos de infecção, remove-se a pasta através de irrigação e estimula-se um sangramento apical, utilizando-se uma lima endodôntica exploradora. O sangramento deve ser mantido a 3mm da junção cimento-esmalte e, após 15 minutos, se forma o coágulo sanguíneo nesse local. Esse método de tratamento utiliza o coágulo sanguíneo como substância de preenchimento do canal radicular. O coágulo atua como uma matriz (malha) para o crescimento de um novo tecido dentro do espaço pulpar, similar à polpa necrosada de um dente reimplantado após um trauma dental. O selamento coronário deve possuir dupla camada a fim de assegurar um meio sem penetração bacteriana. Em contato com o coágulo coloca-se uma camada de agregado de trióxido mineral, seguida de uma bolinha de algodão estéril umedecida com água destilada e, por último, um selador temporário com profundidade adequada. Duas semanas após, mantendo-se os sinais e sintomas clínicos normais, substitui-se o algodão e o selador temporário, por uma restauração de resina adesiva. A preservação, através de exame clínico e radiográfico, deverá ser mantida por dois anos. Durante esse período podem ser observados o crescimento radicular, o aumento da espessura da parede do canal e o fechamento do forame apical. Em alguns casos pode haver reposta pulpar positiva ao frio. Casos em que nos primeiros três meses não se observar o desenvolvimento radicular, deve-se optar pela apicificação tradicional (Lopes et al., 2010).

Para prevenir eventual infiltração coronária, a reabilitação do dente deverá ser feita com ionômero de vidro modificado por resina, com uma restauração de resina overlay ou ainda pela substituição por uma coroa total, conforme a gravidade dos danos coronários

(Garcia-Godoy et al., 2012). Com o propósito de elucidar a sequência de manobras envolvidas na técnica de regeneração apical, segue no apêndice dessa monografia uma tabela para orientação, recomendação da AAE (American Association of Endodontists).

2.3.3.3 Considerações Atuais para a Terapia Endodôntica Regenerativa

Segundo Hargreaves et al. (2008), vários grupos de pesquisadores têm publicado pesquisas laboratoriais ou relatos de casos que propõe uma alternativa com bases biológicas ao tratamento endodôntico convencional de casos clínicos complexos nos quais houve a interrupção do crescimento radicular. Os seguintes preceitos foram estabelecidos por Hargreaves et al.,(2008):

- Revascularização ocorre com maior previsibilidade em dentes com ápices abertos.
- Instrumentação com irrigação de NaOCl não é suficiente para criar, de forma confiável, as condições necessárias para a revascularização do dente necrótico infectado.
- Colocação do hidróxido de cálcio no sistema de canais radiculares impede a ocorrência da revascularização na porção radicular preenchida por esse medicamento.
- A utilização da pasta triantibiótica, desenvolvida por Hoshino & cols. em 1996, e que consiste em ciprofloxacina, metronidazol e minociclina, mostrou-se eficaz para a desinfecção do dente necrótico e infectado, tendo criado condições para a revascularização subsequente.

Esta mistura triantibiótica tem elevada eficácia. Num recente estudo pré-clínico em cães, a liberação intracanal de 20mg/ml de solução destes três antibióticos, por meio de um instrumento tipo Lentulo, resultou numa redução maior do que 99%, em média, nos níveis das unidades formadoras de colônias (CFU), com aproximadamente 75% dos sistemas de canais radiculares não apresentando microorganismos cultiváveis (Hargreaves et al., 2008).

A vantagem dessa abordagem é dupla uma vez que são necessárias apenas duas a três visitas dentro de algumas semanas e, também, porque há ganho na espessura radicular, além de, potencialmente, no comprimento da raiz. No geral, esta abordagem supera a apicificação, que necessita de várias consultas em um período de tempo de, até, vários anos. Embora a recente modificação da apicificação, que utiliza o agregado de trióxido mineral (MTA) como o plug apical economize tempo, o desfecho ainda está aquém quando se considera o ganho em espessura e comprimento radicular conferidos a partir da regeneração (Wang et al., 2010).

Conforme estudo de Hargreaves et al.(2008), que reuniu relatos de casos publicados sobre procedimentos endodônticos regenerativos aplicados em dentes permanentes imaturos e com polpa necrótica, vários fatores comuns em tais casos foram observados. Em primeiro lugar, embora estruturalmente fraco, é importante perceber que o dente permanente imaturo, em geral, tem uma grande abertura apical, o que provavelmente favoreceu a invaginação tecidual. Segundo, os pacientes eram jovens (8-13 anos de idade), e vários estudos sugeriram que idades mais jovens têm maior capacidade de reparação ou potencial regenerativo das células-tronco. Terceiro, em nenhum dos casos foi realizada instrumentação das paredes do canal radicular, enquanto em todos os estudos o hipoclorito de sódio foi utilizado como irrigante. Quarto, tanto a pasta de hidróxido de cálcio quanto as combinações de múltiplos antibióticos foram utilizadas nos pacientes. Quinto, a formação de um coágulo sanguíneo serviu como uma matriz protéica, permitindo a invaginação de tecido em três dimensões. Sexto, em quase todos os estudos foi relatado o espessamento das paredes dentinárias e subsequente fechamento apical. Deve ser notado, contudo, que o achado radiográfico da espessura da parede dentinária continuada não especifica a natureza celular do material neoformado (Hargreaves et al., 2008;Geisler et al., 2012). O mecanismo exato e a fonte de células responsáveis pela evidência radiográfica de desenvolvimento radicular permanecem desconhecidos. No entanto, a identificação de uma população enriquecida de células-tronco mesenquimais dentro da papila apical (SCAP) de dentes imaturos levou à sugestão de que estas células podem contribuir para a resposta regenerativa que acompanha esses procedimentos clínicos (Lovelace et al., 2011).

Deve-se ressaltar que há duas correntes com relação ao fenômeno biológico do processo de reparo da região apical de dentes com rizogênese incompleta. A primeira afirma que não é a colocação de uma substância no interior do canal que irá estimular ou despertar a memória genética das células e provocar o desenvolvimento ou fechamento apical. A segunda menciona que o processo de reparo ocorre uma vez removidos os restos necróticos e microorganismos do canal radicular, sendo o material utilizado apenas para preencher o espaço criado. (Lopes et al., 2010).

Uma questão que tem intrigado os pesquisadores refere-se à natureza dos tecidos que são gerados no espaço pulpar após a terapia com a pasta antibiótica. Foi sugerido que remanescentes de polpa vital e/ou papila apical podem existir no espaço do canal. Estes tecidos podem reconstituir polpa e dentina após erradicada a infecção. Se polpa e papila apical fossem destruídas, apenas tecidos periodontais, incluindo osso, ligamento periodontal (PDL) e cimento cresceriam no espaço do canal (Wang et al., 2010).

Conforme estudo de Lovelace et al., 2011, foi levantada a hipótese do envolvimento de células-tronco em procedimentos regenerativos, contudo esta nunca foi clinicamente demonstrada em pacientes. O sangramento provocado, amplamente utilizado em protocolos de tratamento endodôntico regenerativo, resulta na entrega de células-tronco no sistema de canais radiculares, cujas quantidades de marcadores moleculares são várias centenas de vezes maiores do que os níveis observados na circulação sistêmica, coletadas dos mesmos pacientes, fato que indica ser a quantidade de marcadores presentes na papila apical muito superior à existente na circulação sistêmica. O sangramento provocado envolve a manipulação de tecidos periapicais e esta manipulação, que parece liberar as células-tronco destes tecidos, resulta na sua entrega ao sistema de canais (Lovelace et al., 2011).

Histologicamente é obscuro o mecanismo de complementação ou fechamento apical. Todavia, pode-se afirmar que o básico e importante é que todo esse mecanismo de reparação funciona nos dentes com rizogênese incompleta, desde que não haja microorganismos, toxinas, nem substâncias estranhas que hostilizem ou perturbem o tecido da região apical ou perirradicular e que o canal esteja devidamente preenchido com um material obturador (Lopes et al., 2010).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tratamento endodôntico de dentes com rizogênese incompleta por via convencional mostra-se difícil e de prognóstico incerto. As alternativas terapêuticas disponíveis variam da tradicional técnica de apicificação, que utiliza o hidróxido de cálcio a longo prazo, passam pelas técnicas de conformação de barreiras artificiais no periápice e estendem-se até as técnicas atuais de revascularização pulpar e aplicações de conceitos da engenharia de tecidos e células-tronco.

Segundo Rafter (2005), a apicificação com hidróxido de cálcio continua sendo a técnica de tratamento mais amplamente utilizada para casos de dentes com polpa necrosada e ápices imaturos em virtude da elevada taxa de sucesso bem documentada na literatura.

Nos resultados dos estudos de Chala et al. (2011) e Shabahang et al. (1999) as diferenças entre os tratamentos empregando hidróxido de cálcio ou agregado de trióxido mineral não foram estatisticamente significantes quanto à formação de uma barreira apical.

Bezgin et al. (2012) postularam que, apesar da popularidade, os resultados sobre apicificação com o MTA não são muito diferentes daqueles obtidos com o hidróxido de cálcio. A permanência de paredes de dentina delgada e fina ainda representa um problema clínico (Bezgin et al. 2012). Restaurações imediatas após o tratamento endodôntico podem ter grande importância na prevenção de fraturas radiculares nesses dentes frágeis e de paredes finas (Desai et al. 2009). Os autores de estudos *in vitro* concordam que várias restaurações de coroas com resina composta e suas extensões dentro do canal radicular substancialmente aumentam a força de dentes imaturos obturados com MTA (Desai et al. 2009). Reduzindo a quantidade de obturação no terço cervical e substituindo-a por resina composta deveria ter o benefício secundário de reduzir a infiltração coronária, contribuindo dessa forma para o sucesso endodôntico (Desai et al., 2009).

Contudo, os índices de sucesso no tratamento de dentes com rizogênese incompleta reportados no estudo de Mente et al. (2013) sugerem que a colocação via canal do tampão apical de MTA é uma opção de tratamento apropriada para os dentes com ápice aberto. A presença de periodontite apical pré-operatória foi identificada como o fator prognóstico mais importante, e as taxas de sucesso permaneceram consistentemente altas, mesmo depois de períodos de preservação de mais de quatro anos (Mente et al. 2013).

Segundo Ding et al. (2009), estudos têm mostrado que a aplicação local de antibióticos (mistura de ciprofloxacina, metronidazol e minociclina), é eficaz na eliminação de patógenos endodônticos, comuns em canais radiculares infectados, tanto *in vitro* como *in vivo*. Embora poucas informações estejam disponíveis sobre as dosagens e formulação dessa pasta, Scarparo et al. (2012) investigaram microscópica e radiograficamente a atuação do hipoclorito de sódio e pasta triantibiótica em raízes de ratos e observaram após três e seis semanas que esse protocolo foi capaz de reduzir significativamente o tamanho das lesões periapicais e favorecer o desenvolvimento radicular.

Apesar da literatura sobre traumatismo em dentes com formação apical incompleta utilizar o termo revascularização para descrever os resultados do tratamento experimental em que a formação de um coágulo no canal é estimulada, o objetivo do ponto de vista endodôntico é propiciar a regeneração do complexo dentino-pulpar a partir da prevenção ou eliminação da periodontite apical e, dessa forma, restaurar propriedades funcionais destes tecidos que provêm o contínuo desenvolvimento radicular para dentes imaturos (Hargreaves et al., 2008).

Em resumo, a abordagem da revitalização no manejo de dentes permanentes imaturos com polpa infectada e/ou periodontite apical, permite a invaginação de um tecido vital

composto por tecidos que se assemelham ao cimento, ligamento periodontal e osso. Estes tecidos não são tecidos parenquimais pulpaes. Eles não funcionam como um tecido pulpar. Portanto, a revitalização não é uma regeneração tecidual, mas uma cicatrização/reparo de tecidos (Wang et al., 2010).

Diante dos benefícios que a revascularização traz ao paciente, pode-se supor que a opção pelos tratamentos de apicificação irá tornar-se menos frequente nos próximos anos. Contudo, ensaios clínicos com acompanhamento em longo prazo e pormenores das técnicas de revascularização como o comprimento de trabalho no canal radicular, os momentos para remoção ou renovação da pasta assim como para a obturação definitiva ainda não foram consideravelmente elucidados e definidos. São muitos os questionamentos a cerca do que realmente ocorre no processo de revascularização, sobre os tipos celulares e a natureza do tecido neoformado na região apical. Dessa forma, as evidências existentes sobre a revascularização são animadoras e promissoras, contudo, ainda insuficientes para que se possam abandonar as manobras tradicionais de apicificação e se passe a realizar a terapia regenerativa em todos os casos de forma rotineira.

Referências Bibliográficas

AMERICAN ASSOCIATION OF ENDODONTISTS. Disponível em: <http://www.aae.org/Dental_Professionals/Considerations_for_Regenerative_Procedures.aspx; with permission>. Acesso em: 21 jun. 2013.

ANDREASEN, J.O.; FARICK, B.; MUNKSGAARD, E.C. Long-term calcium hydroxide as a root canal dressing may increase risk of root fracture. **Dent Traumatol.**, v. 18, no. 3, p. 134-137, Jun. 2002.

ANDREASEN, J.O.; KRISTERSON, L. The effect of extra-alveolar root filling with calcium hydroxide on periodontal healing after replantation of permanent incisors in monkeys. **J Endod.**, v. 7, no. 8, p. 349-354, Aug. 1981.

ARAÚJO, A.C.; NUNES, E.; FONSECA, A.A.; CORTES, M.I.; HORTA, M.C.; SILVEIRA, F.F. Influence of smear layer removal and application mode of MTA on the marginal adaptation in immature teeth: a SEM analysis. **Dent Traumatol.** v. 29, no. 3, p. 212-217, Jun. 2013.

BEZGIN, T.; SÖNMEZ, H.; ORHAN, K.; ÖZALP, N. Comparative evaluation of Ca(OH)₂ plus points and Ca(OH)₂ paste in apexification. **Dental Traumatol.**, v. 28, no. 6, p. 488-495, Dec. 2012.

CEHRELI, Z.C.; SARA, S.; UYSAL, S.; TURGUT, M.D. MTA apical plugs in the treatment of traumatized immature teeth with large periapical lesions. **Dent Traumatol.**, v. 27, no. 1, p. 59-62, Feb. 2011.

CHALA, S.; ABOUQAL, R.; RIDA, S. Apexification of immature teeth with calcium hydroxide or mineral trioxide aggregate: systematic review and meta-analysis. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.**, v. 112, no. 4, p. e36-e42, Oct. 2011.

DESAI, S.; CHANDLER, N. The restoration of permanent immature anterior teeth, root filled using MTA: A review. **J Dent.** v. 37, no. 9, p. 652-657, Sept. 2009.

DING R.Y.; CHEUNG G.S.-p. ; CHEN J., YIN X.Z.; WANG Q.Q.; ZHANG C.F. Pulp revascularization of immature teeth with apical periodontitis: a clinical study. **J Endod.**, v. 35, no. 5, p. 745-749, May 2009.

FAVA, L. R. G.; SAUNDERS, W. P. Calcium hydroxide pastes: classification and clinical indications. **Int Endod J.**, v. 32, no. 4, p. 257-282, Aug. 1999.

FELIPPE M. C.; FELIPPE W. T.; MARQUES M. M.; ANTONIAZZI J. H. The effect of the renewal of calcium hydroxide paste on the apexification and periapical healing of teeth with incomplete root formation. **Int Endod J.**, v.38, no 7, p. 436-442, Jul 2005.

FRIEDLANDER, L.T.; CULLINAN, M.P.; LOVE, R.M. Dental stem cells and their potential role in apexogenesis and apexification. **Int Endod J.**, v. 42, no. 11, p. 955-962, Nov. 2009.

GARCIA-GODOY, F.; MURRAY, P.E. Recommendations for using regenerative endodontic procedures in permanent immature traumatized teeth. **Dent Traumatol.** v. 28, no.1, p. 33-41, Feb. 2012.

GEISLER, T. M. Clinical considerations for regenerative endodontic procedures. **Den Clin N Am.**, v. 56, no. 3, p. 603-626, Jul. 2012.

HARGREAVES, K.M.; GIESLER, T.; HENRY, M.; WANG, Y. Regeneration potential of the young permanent tooth: what does the future hold? **Pediatr Den.**, v. 30, no. 3, p. 253-260, May/Jun 2008.

HOUAISS. Dicionário eletrônico Houaiss da língua portuguesa. Rio de Janeiro: Objetiva, 2009.

HUANG, G.T.-J. A paradigm shift in endodontic management of immature teeth: conservation of stem cells for regeneration. **J Dent.**, v. 36, no. 6, p. 379-386, Jun. 2008.

HUANG, G.T.-J. Apexification: the beginning of its end. **Int Endod J.**, v. 42, no. 10, p. 855-866, Oct. 2009.

HUANG, G.T.-J.; SONOYAMA, W.; LIU Y.; LIU H.; WANG S.; SHI S. The hidden treasure in apical papilla: the potential role in pulp/dentin regeneration and BioRoot Engineering. **J Endod.**, v. 34, no. 6, p. 645-651, Jun. 2008.

JUNG, I. Y.; LEE, S. J.; HARGREAVES K.M. Biologically based treatment of immature permanent teeth with pulpal necrosis: a case series. **J Endod.**, v. 34 no. 7, p. 876-887, Jul. 2008.

KATCHBURIAN, E.; ARANA, V. **Histologia e embriologia oral: texto, atlas, correlações clínicas.** 1. ed. São Paulo: Panamericana, 1999. 381p.

LOPES, H. P. et al. Tratamento Endodôntico em Dentes com Rizogênese Incompleta. In: LOPES, H. P.; SIQUEIRA JR, J. F. **Endodontia Biologia e Técnica.** 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010. Cap. 24, p. 877-890.

LOVELACE, T.W.; HENRY, M.A.; HARGREAVES, K.M.; DIOGENES, A. Evaluation of the delivery of mesenchymal stem cells into the root canal space of necrotic immature teeth

after clinical regenerative endodontic procedure. **J Endod.**, v. 37, no. 2, p. 133-138, Feb. 2011.

MENTE, J.;LEO, M.; PANAGIDIS, D.; OHLE, M.; SCHNEIDER, S.; LORENZO BERMEJO, J.; PFEFFERLE, T. Treatment outcome of mineral trioxide aggregate in open apex teeth. *J. End.v.39*, no. 1, p. 20-26, Jan. 2013.

MOORE, A.; HOWLEY, M.F.; O'CONNELL, A.C. Treatment of open apex teeth using two types of white mineral trioxide aggregate after initial dressing with calcium hydroxide in children. *Dent Traumatol.* v.27, no. 3, p. 166-173, Jun. 2011.

MORSCZECK, C.; MOEHL,C.; GÖTZ, W.; HEREDIA, A.; SCHÄFFER, T. E.; ECKSTEIN, N.; SIPPEL, C.; HOFFMANN, K. H In vitro differentiation of human dental follicle cells with dexamethasone and insulin. **Cell Biol Int.**, v.29, no. 7, p. 567-575, Jul. 2005.

MORSCZECK, C. Gene expression of runx2, Osterix, c-fos, DLX-3, DLX-5, and MSX-2 in dental follicle cells during osteogenic differentiation in vitro. **Calcific Tissue Int.**, v. 78, no. 2, p. 98-102, Feb. 2006.

PACE, R.; GIULIANI, V.; PINI PRATO, L.; BACCETTI, T.; PAGAVINO, G. Apical plug technique using mineral trioxide aggregate: results from a case series. **Int Endod J.**, v. 40, no. 6, p. 478-484, Jun. 2007.

RAFTER, M. Apexification: a review. **Dent Traumatol.**, v. 21, no. 1, p. 1-8, Feb. 2005.

RUDAGI, K. B.; RUDAGI, B. M. One-step apexification in immature tooth using grey mineral trioxide aggregate as an apical barrier and autologus platelet rich fibrin membrane as an internal matrix. **J Conserv Dent.**, v. 15, no. 2, p. 196-199, Apr. 2012.

SHABAHANG, S.; TORABINEJAD, M.; BOYNE, P. P.; ABEDI, H.; MCMILLAN, P. A comparative study of root-end induction using osteogenic protein-1, calcium hydroxide, and mineral trioxide aggregate in dogs. **J Endod.**,v. 25, no. 1, p. 1–5, Jan. 1999.

WANG, X.; THIBODEAU, B.; TROPE, M.; LIN, L. M.; HUANG, G. T.-J. Histologic characterization of regenerated tissues in canal space after the revitalization/revascularization procedure of immature dog teeth with apical periodontitis. **J Endod.**, v. 36, no. 1, p. 56-63, Jan. 2010.

WITHERSPOON, D. E.; SMALL, J. C.; REGAN, J. D. Retrospective analysis of open apex teeth obturated with mineral trioxide aggregate. **J Endod.**, v. 34, no. 10, p. 1171–117, Oct. 2008.

APÊNDICE –A

Tabela 1 Considerações atuais para Procedimentos Endodônticos Regenerativos (PERs) (American Association of Endodontists, 2013)
<p><i>Seleção de caso</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Dente com necrose pulpar e ápice imaturo • Espaço pulpar não necessário para pino/núcleo, restauração final • Paciente compatível (colaborador)
<p><i>Consentimento informado</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Duas (ou mais) consultas • Uso de antimicrobiano(s) • Possíveis efeitos adversos: coloração da coroa/raiz, a falta de resposta ao tratamento, dor/infecção • Alternativas: apicificação com MTA, nenhum tratamento, extração (quando julgar irrecuperável) • Permissão para inserir informações no banco de dados da AAE (opcional)
<p><i>Primeira consulta</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Anestesia local, isolamento absoluto, acesso • Irrigação abundante e suave com 20 mL de NaOCl, utilizando um sistema de irrigação que minimize a possibilidade de extrusão da solução irrigadora para o espaço periapical (ex, agulhas com extremidades fechadas e aberturas laterais, ou EndoVac). Para minimizar precipitação potencial no canal, usar água estéril ou soro fisiológico entre NaOCl; baixas concentrações de NaOCl são recomendadas para minimizar a citotoxicidade às células-tronco nos tecidos apicais . • Canais secos • Colocar pasta antibiótica ou de hidróxido de cálcio. Se a pasta triantibiótica for usada: (1) considerar selamento da câmara pulpar com um agente de união à dentina para minimizar o risco de coloração, e (2) mistura de 1:1:1 ciprofloxacina/metronidazol/minociclina (ou, se a estética é fundamental, então, considerar uma mistura de 1:1 de ciprofloxacina/metronidazol). • Inserir no sistema de canais com broca Lentulo, sistema MAP, ou seringa Centrix • Se a pasta de triantibiótica for usada, verificar se ela ficou abaixo da JCE (para minimizar coloração da coroa) • Selar com 3 a 4 mm de Cavit, seguido pelo material de restauração imediata, cimento de ionômero de vidro, ou outro material de temporário • Dispensar paciente durante 3 a 4 semanas <p><i>Segunda consulta</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Avaliar resposta ao tratamento inicial. Se houver sinais/sintomas de infecção persistente, considerar tempo de tratamento adicional com antimicrobiano, ou alternativa aos antimicrobianos. • Anestesia com mepivacaína 3% sem vasoconstritor, isolamento absoluto • Irrigação abundante e suave com 20 mL de ácido etilendiaminotetracético (EDTA), seguido por solução salina normal, utilizando a mesma agulha com extremidade fechada • Secar com pontas de papel • Estimular sangramento no sistema de canal por sobre instrumentação (lima endodôntica, explorador endodôntico) • Manter o sangramento a 3mm da JCE • Colocar CollaPlug/CollaCote no orifício, se necessário • Colocar 3 a 4 mm de MTA branco e ionômero de vidro reforçado e colocar

restauração permanente

Proservação

Análise clínica e radiográfica:

- Ausência de dor ou edema em tecidos moles (observada, geralmente, entre a primeira e a segunda consulta)
- Resolução da radiolucidez apical (observada, geralmente, em 6-12 meses após tratamento)
- Aumento da largura das paredes radiculares (isto é geralmente observado antes do aumento aparente no comprimento radicular e ocorre frequentemente em 12-24 meses após o tratamento)
- Aumento do comprimento da raiz