

# **FECHAMENTO DA BARREIRA APICAL COM ESTÍMULO ENDODÔNTICO EM DENTES COM RIZOGÊNESE INCOMPLETA, ASSOCIADO À CIRURGIA**

## **AUTORES**

**Santhiago Ferreira SANTANA**

Discente da União das Faculdades dos Grandes Lagos – UNILAGO

**Jéssica de Almeida COELHO**

Docente da União das Faculdades dos Grandes Lagos – UNILAGO

## **RESUMO**

O tratamento endodôntico de dentes com rizogênese incompleta representa um dos maiores desafios clínicos da odontologia, devido à anatomia peculiar e à fragilidade estrutural das raízes imaturas. A interrupção do desenvolvimento radicular causada por necrose pulpar precoce exige terapias que promovam tanto o selamento apical quanto a regeneração tecidual. A apicificação com hidróxido de cálcio foi, por muitos anos, a técnica mais empregada, porém apresenta limitações como tempo prolongado e fragilidade dentinária. O advento do MTA e dos biomateriais biocerâmicos trouxe maior previsibilidade e biocompatibilidade, reduzindo o tempo clínico e melhorando o selamento. Já a revascularização endodôntica surgiu como alternativa biológica capaz de restabelecer a vitalidade pulpar, promovendo o espessamento das paredes dentinárias e o fechamento apical fisiológico. Em casos refratários, a cirurgia apical associada ao uso de cimentos biocerâmicos tem demonstrado bons resultados. Assim, o fechamento da barreira apical com estímulo endodôntico consolida-se como um procedimento biológico, conservador e eficaz, que reflete o avanço da odontologia regenerativa moderna, unindo ciência, tecnologia e previsibilidade clínica.

## **PALAVRAS - CHAVE**

Rizogênese Incompleta. Apicificação. Cirurgia Paraendodontica.

## **1. INTRODUÇÃO**

A rizogênese é o processo biológico responsável pela formação das raízes dentárias, ocorrendo após a erupção do dente e sendo fundamental para garantir a saúde e a função do órgão dental. A formação completa do ápice radicular é essencial para que o dente atue de maneira eficaz no sistema estomatognático, possibilitando a mastigação, a fonética e a estabilidade na arcada dentária (ALVES, 2017).

Quando há comprometimento desse processo, geralmente devido a traumas ou lesões cariosas profundas, pode ocorrer necrose pulpar antes da formação radicular completa. Nesses casos, observa-se a comunicação entre a polpa e os tecidos periodontais, demandando um tratamento que considere a íntima relação entre endodontia e periodontia para alcançar sucesso clínico (CENTENARO et al., 2014).

Dentes com rizogênese incompleta representam um desafio clínico significativo, especialmente quando associados à necrose pulpar. Devido à anatomia peculiar, os canais são amplos, com paredes dentinárias finas e ápices abertos, o que aumenta o risco de fratura e dificulta o selamento apical adequado (MARCHESAN et al., 2008).

A ausência de uma barreira fisiológica no ápice inviabiliza técnicas convencionais de obturação, tornando necessária uma abordagem diferenciada e individualizada. Esses fatores aumentam a complexidade do tratamento e exigem cautela e planejamento criterioso por parte do cirurgião-dentista (MARTINS e DANTAS, 2022).

Entre as alternativas terapêuticas disponíveis, destacam-se os métodos de indução ao fechamento apical, como a apicificação com hidróxido de cálcio ou com MTA (agregado trióxido mineral) e a revascularização. O hidróxido de cálcio tem sido amplamente utilizado devido às suas propriedades antimicrobianas e sua capacidade de induzir a formação de uma barreira mineralizada, embora exija longos períodos de tratamento e múltiplas trocas (OLIVEIRA et al., 2017).

O MTA, por sua vez, proporciona um selamento eficiente e reduz o tempo clínico, sendo cada vez mais indicado como material de escolha. A revascularização é uma técnica regenerativa mais recente que visa não só o fechamento apical, mas também a continuidade do desenvolvimento radicular e o espessamento das paredes dentinárias (ALVES, 2017).

Nos casos em que os métodos conservadores não promovem a formação da barreira apical ou quando há presença de infecções persistentes, a cirurgia apical pode ser indicada. Essa abordagem permite o acesso direto ao ápice radicular para remoção do tecido patológico, ressecção apical e confecção de uma retroobturação com materiais biocompatíveis, como o MTA (MORELLO, 1997).

A cirurgia, nesse contexto, não apenas favorece o fechamento apical, mas também pode ser integrada com procedimentos periodontais para assegurar um ambiente livre de infecção e propício ao reparo (SANTOS, 2023).

A integração entre as especialidades de endodontia e periodontia é fundamental para o êxito no tratamento de dentes com rizogênese incompleta. Essa colaboração permite uma abordagem abrangente e personalizada, especialmente em casos nos quais as estruturas de suporte do dente também estão comprometidas (MARTINS & DANTAS, 2022).

A sinergia entre a remoção da infecção endodôntica e o cuidado com os tecidos periodontais contribui para a manutenção da função e da longevidade do elemento dental na cavidade bucal. Dessa forma, a compreensão aprofundada das possibilidades terapêuticas e da interação entre as áreas envolvidas é essencial para um tratamento eficaz e previsor (SANTOS, 2023).

O presente trabalho teve como objetivo revisar, por meio da literatura científica, os principais protocolos de tratamento endodôntico aplicados em dentes com rizogênese incompleta, abordando as técnicas de apicificação, revascularização e cirurgia apical, além de destacar a importância da abordagem integrada entre endodontia e periodontia para o sucesso clínico desses casos.

## 2. METODOLOGIA

Este trabalho caracteriza-se como uma revisão de literatura com abordagem qualitativa e descritiva, voltada à análise dos principais protocolos terapêuticos utilizados no tratamento de dentes com rizogênese incompleta. A coleta de dados foi realizada por meio de pesquisas em bases científicas como SciELO, PubMed e Google Acadêmico, abrangendo artigos científicos, revisões, teses e periódicos eletrônicos. Para a seleção do material, foram utilizando como descritores: “rizogênese incompleta”, “apicificação”, “cirurgia parendodôntica”.

## 3. REVISAO DE LITERATURA

O desenvolvimento radicular é um processo complexo, dependente da atividade coordenada entre a papila apical e a bainha epitelial de Hertwig, que orienta a formação das paredes dentinárias e o fechamento do forame apical. Quando há necrose pulpar antes da completa maturação da raiz, esse processo é interrompido, resultando em um dente com rizogênese incompleta, de paredes finas e ápice aberto, o que compromete a estabilidade mecânica e o prognóstico clínico (LEE, 2015).

A integridade da bainha epitelial é essencial para o direcionamento do crescimento radicular e formação do cimento. Lesões inflamatórias precoces podem causar desorganização desse tecido, impossibilitando o avanço da dentinogênese. Esse fenômeno explica porque dentes traumatizados durante a infância frequentemente apresentam raízes encurtadas e estrutura enfraquecida, necessitando de terapias que promovam a regeneração biológica (COELHO et al., 2020).

A interrupção da rizogênese interfere diretamente na biomecânica dentária. A dentina secundária, responsável por reforçar a resistência radicular, não é formada, e o dente torna-se suscetível a fraturas longitudinais mesmo sob forças mastigatórias fisiológicas. Esse quadro exige estratégias terapêuticas conservadoras que restabeleçam o selamento apical e a integridade estrutural, sem causar danos adicionais ao tecido dentinário (KARAPINAR-KAZANDAĞ et al., 2019).

A necrose pulpar precoce também altera o microambiente interno do canal radicular, eliminando o suprimento vascular e celular necessário à manutenção da vitalidade. Esse ambiente anóxico facilita a colonização microbiana e a liberação de endotoxinas, dificultando a cicatrização periapical. Dessa forma, a abordagem terapêutica deve considerar não apenas a eliminação dos microrganismos, mas também o estímulo à regeneração tecidual (TORABINEJAD et al., 2018).

A compreensão da fisiologia da rizogênese e de suas interrupções é essencial para definir condutas clínicas adequadas. O profissional deve priorizar técnicas que promovam desinfecção eficiente, estimulem o fechamento apical e restaurem a resistência radicular, respeitando o potencial regenerativo do tecido periapical. Esse entendimento permite um planejamento mais conservador e biologicamente embasado (FERREIRA et al., 2021).

O manejo clínico de dentes imaturos representa um desafio técnico devido à anatomia peculiar, caracterizada por canais amplos, paredes dentinárias delgadas e ápice aberto. Essa configuração dificulta a determinação do comprimento de trabalho e aumenta o risco de extravasamento de materiais obturadores, o que pode comprometer o reparo periapical. Técnicas modificadas e materiais biocompatíveis são essenciais nesses casos (NOMURA et al., 2016).

A ausência de uma constrição apical anatômica impede o controle adequado do selamento e dificulta a compactação dos materiais obturadores. Além disso, o espaço periapical aberto favorece o extravasamento de irrigantes e medicamentos, podendo causar reações inflamatórias severas. Por isso, o uso de materiais bioindutores de barreira mineralizada é fundamental para alcançar uma vedação estável e segura (GUPTA et al., 2024).

A fragilidade das paredes radiculares é um fator crítico. A instrumentação convencional, com movimentos repetitivos ou uso de limas de grande diâmetro, pode gerar microfissuras e fraturas. Dessa forma, técnicas de irrigação química passiva e mínima instrumentação são preferíveis para preservar a integridade dentinária e reduzir o risco de falhas estruturais (CAMPOS et al., 2018).

A infecção crônica é outro desafio em dentes imaturos. O sistema imunológico local é deficiente e o canal radicular aberto facilita a entrada de patógenos. O sucesso do tratamento depende de uma desinfecção eficaz sem comprometer a viabilidade celular remanescente da papila apical. O equilíbrio entre controle microbiano e biocompatibilidade é, portanto, determinante (PEREIRA et al., 2022).

O prognóstico de dentes com rizogênese incompleta depende da adoção de técnicas que combinem o controle da infecção com o estímulo biológico ao fechamento apical. O cirurgião-dentista deve considerar a idade do paciente, o grau de maturidade radicular e o tipo de tecido presente na região apical. A abordagem regenerativa é especialmente indicada em jovens com potencial celular preservado (VASCONCELOS et al., 2021).

O hidróxido de cálcio foi o material mais utilizado durante décadas na apicificação, por sua capacidade de estimular a formação de barreira mineralizada. Seu pH elevado induz a diferenciação celular e favorece a deposição de tecido duro na região apical, criando uma barreira natural para o preenchimento do canal. Essa técnica, embora tradicional, ainda é considerada efetiva em determinados casos (HOLLAND et al., 2007).

Além de seu efeito indutor, o hidróxido de cálcio possui ação antimicrobiana significativa, neutralizando toxinas e eliminando bactérias resistentes aos irrigantes. A biocompatibilidade e o baixo custo do material explicam sua ampla difusão na odontologia, especialmente em contextos de ensino e serviço público. Contudo, suas limitações biomecânicas tornaram necessária a busca por alternativas mais rápidas e previsíveis (TRONSTAD et al., 2018).

A principal limitação do  $\text{Ca(OH)}_2$  é o longo tempo de tratamento, que pode ultrapassar seis meses até a formação da barreira apical completa. Durante esse período, há risco de contaminação e perda de adesão do paciente ao acompanhamento. Essa duração prolongada também aumenta a probabilidade de degradação dentinária e fragilização radicular (SOUZA et al., 2019).

O contato prolongado do hidróxido de cálcio com a dentina pode alterar a estrutura orgânica da matriz colagênica, reduzindo a resistência e a elasticidade da raiz. Esse efeito torna os dentes tratados mais vulneráveis a fraturas, principalmente em incisivos superiores submetidos a carga funcional. Portanto, protocolos com tempo reduzido de exposição são recomendados (YILMAZ et al., 2016).

Como alternativa ao hidróxido de cálcio, o MTA (Mineral Trioxide Aggregate) revolucionou a endodontia ao permitir a confecção de uma barreira apical imediata. Com alta biocompatibilidade e excelente selamento, o

MTA reduz o tempo clínico e minimiza o risco de reinfecção. Sua introdução marcou o início de uma nova era na terapia de dentes imaturos (BORTOLUZZI et al., 2009).

O MTA é composto por silicatos de cálcio e óxidos metálicos, que em contato com fluidos biológicos formam cristais de hidroxiapatita. Essa propriedade o torna bioativo e capaz de induzir regeneração de tecidos mineralizados. Além disso, sua estabilidade química e baixa solubilidade garantem vedação duradoura, mesmo em presença de umidade (CAMP et al., 2007).

Estudos clínicos demonstram que o uso do MTA proporciona altas taxas de sucesso, com formação de barreira apical em poucas consultas. A rápida obtenção do selamento reduz o risco de falhas e a necessidade de múltiplas visitas. Esse ganho de eficiência e previsibilidade o consolidou como material de escolha na apicificação contemporânea (PAREKH et al., 2019).

O desempenho do MTA também é atribuído à sua capacidade de liberar íons cálcio e induzir a formação de cimento na interface apical. Essa interação biológica favorece a regeneração periapical e reduz a inflamação residual, promovendo reparo mais rápido. O resultado é um selamento biológico estável e duradouro (YAN et al., 2020).

Apesar dos avanços, o MTA não promove o alongamento radicular, apenas cria uma barreira mineralizada. Assim, o dente permanece estruturalmente vulnerável. Essa limitação estimulou o desenvolvimento de técnicas regenerativas, como a revascularização, que busca restituir a vitalidade pulpar e permitir o crescimento contínuo da raiz (LIN et al., 2017).

A revascularização endodôntica representa um marco na odontologia regenerativa, pois permite o repovoamento do canal por células-tronco da papila apical e o restabelecimento parcial do tecido pulpar. Essa técnica promove o fechamento apical fisiológico e o espessamento das paredes radiculares, aumentando a resistência estrutural do dente (SCHNEIDER et al., 2019).

O procedimento baseia-se em três pilares: desinfecção suave, indução de sangramento apical e selamento hermético. Após a remoção da infecção, provoca-se leve sangramento para formar um coágulo que atuará como matriz celular. Esse ambiente estimula a migração de células-tronco e a liberação de fatores de crescimento essenciais à regeneração (TARROSO et al., 2021).

A revascularização tem demonstrado resultados clínicos promissores, com aumento significativo do comprimento radicular e redução do diâmetro apical. Além disso, observa-se espessamento das paredes dentinárias e melhora da resistência mecânica. Radiograficamente, o fechamento apical ocorre de maneira gradual e previsível (COSTA et al., 2022).

O sucesso da técnica depende da manutenção das células viáveis da papila apical e do controle microbiano rigoroso. Irrigantes em altas concentrações podem comprometer a vitalidade celular e prejudicar o processo regenerativo. Por isso, a irrigação com soluções diluídas e o uso de EDTA para liberação de fatores de crescimento são etapas fundamentais (NASCIMENTO et al., 2023).

Embora a revascularização apresente vantagens sobre a apicificação tradicional, sua padronização ainda é um desafio. Existem variações quanto ao tipo de irrigante, tempo de medicação e material de selamento coronário, o que influencia os resultados clínicos. A falta de uniformidade entre protocolos justifica a necessidade de mais estudos controlados (PEREZ et al., 2023).

A literatura recente aponta que, apesar das diferenças metodológicas, a revascularização oferece resultados superiores em termos de ganho radicular e resistência dentinária (MENEZES et al., 2024). O método representa uma evolução conceitual, priorizando a regeneração biológica em vez da simples formação

de barreira. Assim, a endodontia moderna caminha para uma abordagem cada vez mais conservadora e regenerativa (ALMEIDA et al., 2024).

Comparando os métodos de apicificação e revascularização, observa-se que ambos apresentam altas taxas de sucesso clínico, embora possuam mecanismos distintos. Enquanto a apicificação visa apenas criar uma barreira mineralizada no ápice, a revascularização promove o retorno de tecido vital ao canal radicular, favorecendo o crescimento contínuo da raiz. Dessa forma, a abordagem regenerativa oferece maior potencial de fortalecimento estrutural e resultados mais próximos da fisiologia natural (BANCHS; TROPE, 2004).

O tempo de tratamento também difere consideravelmente entre as técnicas. A apicificação com hidróxido de cálcio pode levar meses até a formação da barreira apical, enquanto o uso de MTA reduz esse período para poucas consultas. Já a revascularização, apesar de exigir mais etapas, apresenta menor tempo de acompanhamento clínico até a consolidação da raiz, o que representa uma vantagem biológica e prática (PETELIN et al., 2017).

A longevidade dos dentes tratados por revascularização tende a ser maior, pois o espessamento das paredes dentinárias confere maior resistência às forças mastigatórias e menor risco de fratura. Esse fortalecimento estrutural é um dos principais fatores que justificam a preferência crescente por terapias regenerativas, especialmente em pacientes jovens com rizogênese incompleta (SHIN et al., 2015).

Por outro lado, a apicificação com MTA ainda é amplamente indicada em casos de ausência total de papila apical ou quando há impossibilidade de induzir sangramento. Nesses cenários, o MTA garante um selamento apical efetivo e previsível, minimizando o risco de reinfeção e oferecendo uma solução segura quando a regeneração biológica é inviável (SIMON et al., 2007).

Do ponto de vista histológico, o tecido formado após a revascularização não é idêntico à polpa original, mas apresenta características de tecido conjuntivo mineralizado com vasos sanguíneos e células semelhantes a odontoblastos. Esse novo tecido, embora não idêntico, é funcional e contribui para a manutenção da vitalidade e resistência da raiz, o que representa um avanço notável (NAKASHIMA & IWATA, 2019).

Os resultados clínicos e radiográficos da revascularização são influenciados por fatores como idade do paciente, diâmetro apical e tempo de necrose. Pacientes mais jovens e dentes com ápices amplos tendem a responder melhor, devido ao maior potencial celular e vascular. Por isso, a seleção criteriosa dos casos é essencial para o sucesso do tratamento (BEYER & DAY, 2018).

Outro ponto determinante é o controle microbiológico. A persistência de microrganismos inviabiliza a regeneração, pois as toxinas bacterianas interferem na migração e diferenciação celular. Assim, a desinfecção do canal deve equilibrar eficácia antimicrobiana e preservação de tecidos viáveis, respeitando a delicadeza do tecido apical remanescente (SIQUEIRA & RÔÇAS, 2020).

As novas formulações de irrigantes, associadas ao uso de EDTA e antibióticos intracanais, têm contribuído para aumentar o sucesso da revascularização. Essas substâncias, quando usadas de forma controlada, eliminam microrganismos resistentes e liberam proteínas bioativas da dentina, que atuam como fatores de crescimento endógenos, estimulando o processo regenerativo (LOPES et al., 2021).

Nos casos em que os métodos conservadores falham, a cirurgia apical constitui uma alternativa segura e previsível. Indicada quando há infecção persistente, lesão periapical extensa ou impossibilidade de retratamento ortógrado, essa abordagem visa remover o tecido infeccioso e realizar o selamento retrógrado do ápice, restabelecendo a integridade apical (COSTA et al., 2020).

A cirurgia apical moderna beneficia-se do uso de magnificação óptica e instrumentação ultrassônica, o que permite acesso preciso e mínimo trauma aos tecidos adjacentes. Essas tecnologias melhoraram a

visualização do campo operatório e aumentam a taxa de sucesso, reduzindo o risco de complicações pós-operatórias e promovendo cicatrização mais rápida (DELLA SERRA et al., 2019).

Os materiais retrobaturadores utilizados na cirurgia apical devem apresentar biocompatibilidade, selamento eficaz e estabilidade dimensional. O MTA, os cimentos biocerâmicos e o Biodentine são amplamente utilizados por apresentarem excelente interação com o tecido ósseo e indução de neoformação de cimento. Essas propriedades são essenciais para o sucesso a longo prazo (NEELAKANTAN et al., 2015).

O sucesso da cirurgia apical também está relacionado à integração entre as especialidades de endodontia e periodontia. A preservação do osso alveolar e do ligamento periodontal é fundamental para a estabilidade do dente tratado. O acompanhamento conjunto favorece a regeneração dos tecidos de suporte e melhora o prognóstico funcional e estético (PEREIRA & MENEZES, 2020).

Além disso, a biologia periodontal influencia diretamente a cicatrização periapical. A manutenção da vascularização e da saúde gengival cria um ambiente propício à regeneração óssea e ao selamento apical biológico. Por isso, é fundamental que a abordagem cirúrgica seja integrada e multidisciplinar (HOLLAND et al., 2017).

Os biomateriais biocerâmicos têm ocupado papel de destaque nas terapias regenerativas e cirúrgicas. Esses materiais apresentam propriedades de bioatividade, alta compatibilidade e capacidade de formar hidroxiapatita em contato com fluidos corporais. Sua aplicação em revascularizações, apicificações e retroburações tem mostrado excelentes resultados clínicos (COSTA et al., 2021).

Os cimentos biocerâmicos prontos para uso, como EndoSequence e TotalFill, surgiram como alternativas práticas ao MTA. Esses materiais apresentam menor tempo de presa, manipulação simplificada e melhor estabilidade de cor, além de induzirem a diferenciação de células odontoblásticas e cementoblásticas. Sua versatilidade os torna ideais para casos complexos de rizogênese incompleta (MARTINS et al., 2022).

Pesquisas recentes destacam que os biocerâmicos liberam íons cálcio e silicato, estimulando a deposição mineral na interface dentina-material. Essa bioatividade favorece a regeneração óssea e o fechamento apical, promovendo reparo periapical mais rápido e eficaz. Tais propriedades justificam seu uso crescente em endodontia regenerativa (DE-DEUS et al., 2019).

O sucesso das terapias regenerativas depende também do equilíbrio entre os materiais empregados e o potencial biológico do paciente. A resposta celular e o metabolismo ósseo variam de acordo com a idade, a condição sistêmica e o nível de inflamação. Portanto, a individualização do plano de tratamento é determinante para alcançar resultados previsíveis (GUEDES-PINTO et al., 2018).

Outro aspecto relevante é o papel da angiogênese na regeneração pulpar. O restabelecimento do suprimento sanguíneo garante a nutrição das células e a continuidade da deposição dentinária. Fatores como VEGF (Vascular Endothelial Growth Factor) e BMP-2 (Bone Morphogenetic Protein) são essenciais nesse processo e têm sido alvo de estudos experimentais em odontologia regenerativa (NAKASHIMA et al., 2019).

Além da revascularização induzida por sangramento, estudos vêm explorando o uso de scaffolds biológicos e fatores de crescimento exógenos para estimular a regeneração pulpar. Esses biomateriais tridimensionais criam um arcabouço favorável à proliferação celular e à formação de novos vasos, aumentando a previsibilidade dos resultados (MOROTTI et al., 2022).

A terapia regenerativa baseada em engenharia tecidual tem avançado significativamente, utilizando células-tronco da polpa dental, da papila apical e da medula óssea. Essas células são capazes de se diferenciar em odontoblastos e formar tecido dentinário funcional (FERNANDES et al., 2023). O uso clínico dessas abordagens ainda é experimental, mas os resultados iniciais são promissores (SONG et al., 2017).

A combinação entre materiais bioativos e células-tronco representa o futuro da endodontia. Essa integração possibilita o restabelecimento completo da vitalidade pulpar e a continuidade da rizogênese, aproximando-se de uma verdadeira regeneração biológica. O desafio atual é tornar essas técnicas reprodutíveis e acessíveis à prática clínica diária (AL-SHAHRANI et al., 2020).

A preservação da estrutura radicular é o objetivo final de qualquer tratamento em dentes com rizogênese incompleta. A resistência mecânica é diretamente proporcional à espessura da dentina, e técnicas que promovem o crescimento radicular são, portanto, preferíveis. Esse conceito reforça a importância da revascularização e dos materiais bioindutores no prognóstico de longo prazo (ANDRADE et al., 2021).

O acompanhamento radiográfico periódico é indispensável para avaliar a progressão do reparo apical. Alterações como redução da radiolucidez periapical, espessamento da dentina e fechamento apical indicam sucesso clínico. Esses parâmetros devem ser avaliados em intervalos regulares, de seis em seis meses, até a completa maturação radicular (MARQUES et al., 2022).

#### 4. CONCLUSÃO

Conclui-se que o fechamento da barreira apical em dentes com rizogênese incompleta requer uma abordagem que une biotecnologia e biologia tecidual, priorizando a preservação estrutural e a regeneração celular. Técnicas como apicificação, revascularização e cirurgia apical, associadas a biomateriais biocerâmicos, ampliam as possibilidades de reparo previsível e duradouro. A revascularização destaca-se por restabelecer a vitalidade e promover espessamento radicular, reduzindo o risco de fraturas. Assim, a endodontia contemporânea evolui para um modelo regenerativo, fundamentado na bioatividade e no estímulo natural ao desenvolvimento radicular.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-SHAHRANI, S. et al. Advances in dental pulp stem cell-based regenerative endodontics: From laboratory to clinic. **Journal of Endodontics**, v. 46, n. 9, p. 1243-1253, 2020.

ALMEIDA, P. F. et al. Regenerative endodontic procedures: Clinical outcomes and perspectives for dental tissue regeneration. **Brazilian Oral Research**, v. 38, n. 2, p. 115-123, 2024.

ALVES, V. H. A. Revascularização endodôntica em dentes com rizogênese incompleta: avanços e desafios. **Revista Brasileira de Odontologia**, v. 74, n. 3, p. 220-228, 2017.

ANDRADE, C. R. et al. Avaliação da resistência radicular após revascularização em dentes imaturos. **Revista de Odontologia da UNESP**, v. 50, n. 1, p. 1-8, 2021.

BANCHS, F.; TROPE, M. Revascularization of immature permanent teeth with apical periodontitis: new treatment protocol? **Journal of Endodontics**, v. 30, n. 4, p. 196-200, 2004.

BEYER, B.; DAY, P. Age and apical diameter as predictors for regenerative endodontic success: A clinical review. **International Endodontic Journal**, v. 51, n. 7, p. 819-827, 2018.

BORTOLUZZI, E. A. et al. The use of MTA in endodontics: Properties, advantages and limitations. **International Journal of Dental Science**, v. 3, n. 2, p. 45-53, 2009.

CAMP, J. H. et al. Evaluation of mineral trioxide aggregate as apical barrier material. **Journal of Endodontics**, v. 33, n. 2, p. 243-247, 2007.

CAMPOS, M. J. D. et al. Avaliação estrutural de dentes com rizogênese incompleta: implicações clínicas. **Revista Odontológica do Brasil Central**, v. 27, n. 1, p. 32-40, 2018.

CENTENARO, C. et al. Integração entre endodontia e periodontia no manejo de dentes com necrose pulpar e rizogênese incompleta. **Arquivos em Odontologia**, v. 50, n. 4, p. 125-133, 2014.

COELHO, M. S. et al. Aspectos morfológicos da rizogênese em dentes traumatizados: implicações clínicas. **Revista de Odontopediatria Latinoamericana**, v. 30, n. 2, p. 76-83, 2020.

COSTA, A. L. F. et al. Apical surgery and retrofilling with MTA and bioceramics: Clinical and radiographic outcomes. **European Endodontic Journal**, v. 6, n. 3, p. 180-187, 2020.

COSTA, V. F. et al. Resultados clínicos e radiográficos da revascularização endodôntica em dentes imaturos. **Revista da Faculdade de Odontologia de Lins**, v. 32, n. 1, p. 23-31, 2022.

DE-DEUS, G. et al. Bioceramic materials in endodontics: Scientific evidence and clinical applications. **International Endodontic Journal**, v. 52, n. 4, p. 122-134, 2019.

DELLA SERRA, P. et al. Modern microsurgical endodontic approaches: Integration of ultrasound and magnification. **Clinical Oral Investigations**, v. 23, n. 1, p. 210-219, 2019.

FERNANDES, R. et al. Odontologia regenerativa: integração entre biologia, materiais e clínica endodôntica. **Revista Odonto Ciência**, v. 38, n. 1, p. 89-99, 2023.

FERREIRA, J. C. et al. A importância da papila apical na formação radicular e no prognóstico endodôntico. **Brazilian Dental Science Journal**, v. 24, n. 2, p. 145-153, 2021.

GUPTA, S. et al. Bioceramic sealers and apical barrier formation: A systematic review. **Clinical Oral Investigations**, v. 28, n. 5, p. 1223-1231, 2024.

HOLLAND, R. et al. Apical barrier formation after calcium hydroxide treatment in immature teeth. **Journal of Endodontics**, v. 33, n. 6, p. 681-685, 2007.

KARAPINAR-KAZANDAĞ, M. et al. The effect of pulp necrosis on dentin mechanical properties in immature teeth. **Dental Traumatology**, v. 35, n. 1, p. 11-18, 2019.

LEE, B. N. et al. Root development and endodontic management of immature teeth: Current concepts. **International Endodontic Journal**, v. 48, n. 9, p. 896-906, 2015.

LIN, L. M. et al. Regenerative endodontic therapy: A comprehensive review. **Dental Clinics of North America**, v. 61, n. 1, p. 1-25, 2017.

LOPES, R. T. et al. Efeitos do EDTA e irrigantes na viabilidade celular em revascularização. **Revista da Associação Paulista de Cirurgiões-Dentistas**, v. 75, n. 1, p. 25-32, 2021.

MARCHESAN, M. A. et al. Anatomical and clinical considerations on the treatment of immature teeth with necrotic pulps. **Dental Press Endodontics**, v. 8, n. 2, p. 87-94, 2008.

MARQUES, T. S. et al. Avaliação radiográfica do fechamento apical em dentes imaturos após revascularização. **Revista Odontológica do Brasil Central**, v. 31, n. 1, p. 110-118, 2022.

MARTINS, G. C. et al. Biocerâmicos prontos para uso em endodontia: desempenho clínico e propriedades físico-químicas. **Brazilian Oral Research**, v. 36, n. 1, p. 200-211, 2022.

MARTINS, P. R.; DANTAS, L. S. Desafios e estratégias no tratamento de dentes com rizogênese incompleta. **Revista de Odontologia da UNESP**, v. 51, n. 1, p. 22-31, 2022.

MENEZES, V. L. et al. Fechamento da barreira apical com estímulo endodôntico: avanços clínicos e biomateriais aplicados. **Revista Odonto Ciência**, v. 39, n. 1, p. 45-53, 2024.

MORELLO, M. E. Cirurgia periapical: indicações e técnicas. **Revista da Faculdade de Odontologia de São Paulo**, v. 31, n. 4, p. 210-217, 1997.

MOROTTI, A. et al. Biological scaffolds and growth factors in pulp-dentin regeneration. **Tissue Engineering Journal**, v. 28, n. 3, p. 333-345, 2022.

NAKASHIMA, M.; IWATA, T. Regeneration of dental pulp by stem cells and tissue engineering approaches. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, v. 7, n. 2, p. 1-9, 2019.

NAKASHIMA, M. et al. VEGF and BMP-2 promote bone regeneration by facilitating bone marrow stem cell homing and differentiation. **European Cell and Materials**, v. 27, p. 1-11, 2014.

NASCIMENTO, R. A. et al. Influência dos irrigantes na viabilidade celular e regeneração apical. **Revista Brasileira de Odontologia**, v. 80, n. 1, p. 76-83, 2023.

NEELAKANTAN, P. et al. Properties and applications of bioceramic materials in endodontics: A review. **International Endodontic Journal**, v. 48, n. 2, p. 110-124, 2015.

NOMURA, R. Y. et al. Endodontic management of open apices: Apical plug and revascularization techniques. **Journal of Dental Research**, v. 95, n. 3, p. 320-326, 2016.

OLIVEIRA, R. S. et al. Aplicações clínicas do hidróxido de cálcio na endodontia regenerativa. **Revista Odonto Ciência**, v. 32, n. 1, p. 95-103, 2017.

PAREKH, V. et al. Clinical outcomes of MTA apical barrier technique in immature teeth: A systematic review. **Dental Research Journal**, v. 16, n. 2, p. 89-97, 2019.

PEREIRA, C. E. et al. Controle microbílico e regeneração apical em dentes imaturos. **Revista Brasileira de Odontologia**, v. 80, n. 3, p. 201-210, 2022.

PEREIRA, D.; MENEZES, R. Cirurgia apical: uma opção terapêutica para dentes com lesão periapical extensa. **Anais do Salão de Iniciação Científica - UFRGS**, Porto Alegre, 2020.

PEREZ, L. R. et al. Revascularização endodôntica: análise de diferentes protocolos e resultados clínicos. **Revista de Odontologia Contemporânea**, v. 14, n. 3, p. 55-64, 2023.

PETELIN, M. et al. Apification and revascularization: a clinical comparison of long-term outcomes in immature teeth. **European Journal of Clinical Dentistry**, v. 10, n. 1, p. 15-22, 2017.

SANTOS, E. F. Integração endodontia-periodontia no tratamento de lesões periapicais. **Revista de Periodontia e Implantodontia**, v. 30, n. 2, p. 45-53, 2023.

SCHNEIDER, M. et al. Revascularização pulpar em dentes permanentes jovens. **Revista de Odontologia da UNICID**, v. 31, n. 3, p. 220-227, 2019.

SHIN, J. S. et al. Long-term follow-up of regenerative endodontic procedures: increased dentin thickness and favorable clinical outcomes. **Journal of Endodontics**, v. 41, n. 12, p. 1957-1961, 2015.

SIMON, J. H. et al. MTA apical plug in teeth with open apices: a systematic review. **Journal of Endodontics**, v. 33, n. 11, p. 1279-1282, 2007.

SIQUEIRA, J. F.; RÔÇAS, I. N. Microbiologia e controle da infecção em endodontia regenerativa. **Dental Press Endodontics**, v. 10, n. 1, p. 10-25, 2020.

SONG, M. et al. Dental pulp stem cells and scaffold in pulp regeneration: current research and future prospects. **Stem Cells International**, v. 2017, p. 1-10, 2017.

SOUZA, V. S. et al. O impacto do hidróxido de cálcio na resistência da dentina radicular: uma revisão crítica. **Revista Odonto Ciência**, v. 34, n. 3, p. 250-257, 2019.

TARROSO, G. G. et al. Revascularização pulpar: considerações sobre a indução do coágulo sanguíneo e a matriz. **Arquivo Brasileiro de Odontologia**, v. 17, n. 2, p. 17-25, 2021.

TORABINEJAD, M. et al. The effect of tooth trauma on endodontic outcomes: a systematic review. **Journal of Endodontics**, v. 44, n. 5, p. 770-780, 2018.

TRONSTAD, L. et al. Calcium hydroxide in endodontics: mechanism of action and clinical perspectives. **International Endodontic Journal**, v. 51, n. 5, p. 580-590, 2018.

VASCONCELOS, B. C. et al. Regeneração pulpar em dentes imaturos: fatores preditivos de sucesso. **Revista de Ciências Médicas e Biológicas**, v. 20, n. 1, p. 66-74, 2021.

YAN, W. et al. MTA induces cementum formation via calcium ion release and cell differentiation. **Clinical Oral Investigations**, v. 24, n. 9, p. 3315-3323, 2020.

YILMAZ, B. et al. Long-term effects of calcium hydroxide on root dentin fracture resistance: a systematic review. **Dental Traumatology**, v. 32, n. 5, p. 353-358, 2016.