



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**SUCESSO E INSUCESSO DA PULPOTOMIA EM DENTES
DECÍDUOS E DEFINITIVOS**

Trabalho submetido por
Samy Benmouffok-Said
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Setembro de 2021



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**SUCESSO E INSUCESSO DA PULPOTOMIA EM DENTES
DECÍDUOS E DEFINITIVOS**

Trabalho submetido por
Samy Benmouffok-Said
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof.^a Doutora Irene Maria Ventura de Carvalho Ramos

e coorientado por
Prof.^a Doutora Ana Raquel Antunes Garcia Barata

Setembro de 2021

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Prof.^a Doutora Irene Maria Ventura De Carvalho Ramos, pela orientação, esforço, e acima de tudo pela ajuda ao longo destes 3 últimos anos. Sempre a ajudar os alunos, como se fossem seus filhos, a professora é como fosse a mãe da Egas Moniz.

À minha coorientadora, Prof.^a Doutora Ana Raquel Barata, o meu profundo agradecimento por toda a disponibilidade, pela ajuda na resolução de obstáculos ao longo de todo o trabalho, e ainda, pela sua tenacidade apesar das dores de cabeça causada pelo meu português.

Ao Instituto Universitário Egas Moniz, a todos os docentes, funcionários e colaboradores, por ser uma parte da minha vida que nunca vou esquecer. Estes 5 anos no Instituto Universitário Egas Moniz ficarão no meu coração.

À minha família, meu pai Noureddine que foi incansável e me preparou para a vida como ninguém. Ensinou-me espanhol que afinal foi uma mais valia pois, ajudou-me muito nos primeiros tempos quando vim para Portugal, até que finalmente aprendi o português. À minha mãe Chahira que sempre colocou os seus filhos à frente de tudo, sempre nos deu tudo para sermos felizes e atingirmos os nossos objetivos. Obrigado, sinto muito orgulho em serem os meus pais, pelo apoio e o amor que me dão todos os dias. Ao meu irmão Nazim e minha irmã Lydia por ter partilhado comigo todas as minhas aventuras, sempre juntos até ao fim.

Aos meus avós que partiram demasiado cedo e as minhas avós, pelos momentos felizes que tivemos e pela motivação para chegar até aqui. É graça a vocês, que cheguei até aqui na minha vida. Dedico esta tese em memória do meu avô Abdelmajid., um namorado de chocolates e de Paris e Ahmed, que foi sempre comigo na Argélia, para todos os momentos e memórias que tivemos como, a música “tetraga fia” para à viagem a Tunísia, os churrascos na praia com os seus colegas de trabalho e todos os refrigerantes oferecidos, para não chorar para cortar o meu cabelo. Um grande obrigado também as

minhas avós Claudine e Fatiha, que sempre ficaram comigo desde criança e me deram a minha educação.

A todos os outros membros da minha família, tios, tias, primos e primas em França e na Argélia que não consegui estar quantas vezes assim, o desejei, mas tenho um lugar enorme para vocês no meu coração. Um obrigado especial às minhas primas que estiveram comigo na Egas Moniz, Sheryne, Lina e Cyrielle, sempre que precisei tiveram tempo para me ajudar, mas também por ter partilhado a minha vida universitária com elas, é um grande orgulho e não me esqueço! Um grande obrigado a minha tia Nadia que me abriu ao mundo, que me levou nas viagens com ela, que me criou como se fosse seu filho.

Aos meus amigos em França que sempre pensaram em mim e estiveram presentes quando voltava. Dedico também esta tese à memória do meu amigo Dilan que nos deixou demasiado cedo, está no nosso coração.

Aos amigos que fiz no Instituto Universitário Egas Moniz que partilharam tantos momentos felizes e infelizes comigo, pelo apoio, pela presença, pelos ensinamentos e pelo amor que me fizeram sentir, um obrigado especial para Nassim, Ramzi, Nassimus, Yanis, Antoine, Sofia e Fares

RESUMO

A cárie dentária na população pediátrica é considerada uma das doenças crônicas mais prevalentes no Mundo. Quando a cárie é extensa até à polpa dentaria, as intervenções pulpares são consideradas tratamentos de eleição. Dependendo da gravidade da lesão e das condições, estão disponíveis três técnicas para o tratamento pulpar: proteção pulpar (direta/ indireta), pulpotomia e pulpectomia.

Num paciente pediátrico existem dois tipos de dentes: os decíduos e os definitivos. Os tratamentos utilizados são diferentes e dependem do tipo de lesão: traumática ou consequência de cárie dentária. O envolvimento pulpar do dente depende da profundidade da lesão, com o aparecimento de novos biomateriais, têm levado ao desenvolvimento de terapias atuais baseadas nos conceitos de regeneração e reparação de tecidos. Alguns autores, defendem cada vez mais a conservação da vitalidade pulpar quando tal é possível.

A importância da preservação da vitalidade pulpar nunca pode ser exagerada. A utilização de um material biocompatível permite promover a cicatrização e manter a vitalidade do tecido pulpar remanescente.

A pulpotomia é uma das técnicas mais usadas na preservação da polpa vital nos dentes, o que é de grande importância para a obtenção da formação contínua da raiz em dentes permanentes imaturos sofrendo de cárie dentária ou traumatismo.

Por conseguinte, o foco desta monografia tem como objetivo principal rever, avaliar e aportar novos conhecimentos, para as aplicações da pulpotomia, em dentes decíduos e definitivos, assim como, os vários materiais que podemos utilizar para a realização desta técnica.

Palavras-chave: pulpotomia total, pulpotomia parcial, pulpotomia em crianças, tratamento pulpar vital

ABSTRACT

Dental caries in the pediatric population is considered one of the most prevalent chronic diseases in the world. When the caries is extensive up to the dental pulp, pulpal interventions are considered treatment of choice. Depending on the severity of the lesion and the conditions, three techniques are available for pulpal treatment: pulp capping (direct/indirect), pulpotomy and pulpectomy.

In a pediatric patient, there are two types of teeth, deciduous and permanent. The treatments used are different and depend on the type of injury: traumatic or as a consequence of dental caries. The pulp involvement of the tooth depends on the depth of the injury. The emergence of new biomaterials has led to the development of current therapies based on the concepts of tissue regeneration and repair. Some authors increasingly advocate the preservation of pulp vitality when this is possible.

The importance of preserving pulp vitality cannot be overstated. The use of a biocompatible material allows promoting healing and maintaining the vitality of the remaining pulp tissue.

Pulpotomy is one of the most widely used techniques for preserving vital pulp in teeth, which is of great importance in achieving continued root formation in immature permanent teeth suffering from dental caries or trauma.

Therefore, the focus of this monograph is to review, evaluate and contribute new knowledge to the applications of pulpotomy in deciduous and permanent teeth, as well as the various materials that can be used to perform this technique.

Keywords: total pulpotomy, partial pulpotomy, pulpotomy in children, vital pulp treatment

ÍNDICE GERAL

I. Introdução.....	13
II. Desenvolvimento.....	19
1. Anatomia Dentária.....	19
1.1 Diferenças entre dentes decíduos e dentes definitivos.....	19
1.2 Complexo dentino-pulpar.....	20
2. Fatores que influenciam a resposta inflamatória no dente.....	23
2.1. A cárie dentária.....	23
2.2. A localização da lesão de cárie.....	23
2.3. Tipo de dente.....	24
2.4. A fase fisiológica do dente.....	25
2.5. Tipo de lesão de cárie.....	25
3. Diagnóstico pulpar.....	26
4. Tratamento pulpar.....	27
4.1. Terapia pulpar não vital.....	27
4.1.1. Pulpectomia.....	27
4.1.2. Apexificação.....	29
4.2 Terapia pulpar vital.....	31
4.2.1. Apexogênese.....	31
4.2.2. Revascularização.....	33
4.2.3. Proteção pulpar.....	35
5. Pulpotomia.....	37
5.1. Pulpotomia parcial (CVEK).....	39
5.2. Pulpotomia total.....	40
5.3. Materiais usados na pulpotomia.....	41
III. Conclusão.....	47
IV. Referencias bibliográficas.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Estrutura fisiológica da polpa dentária e contribuição das células estaminais pulpaes adaptado de Sui & al., 2018 retirado em 11/07/2021

Figura 2- Diagrama clínico mostrando a colocação da barreira apical adaptado de Patel 2016 retirado em 12/09/2021.

Figura 3- seleção de casos para tratamento de dentes permanentes com desenvolvimento radicular incompleto. Adaptado de Habahang 2013 retirado em 27/08/2021

Figura 4- Diagramas mostrando dente imaturo com ápex aberto e pulpotomia de Cvek para apexogênese. Adaptado de Patel 2016 retirado em 12/09/2021

Figura 5- Mecanismo de regeneração endodôntico num dente com ápex aberto. Adaptado de Tsaftaridou 2020 retirado em 06/09/2021

Figura 6. Terapia pulpar vital. Adaptado de Zhang & Yelick, 2010. Retirado em 14/09/2021

Figura 7- Implementação clínica de Biodentine como sugerido na brochura da Septodont UK em 2011 para procedimentos de proteção pulpar. Adaptado de Patel & Hughes 2013. Retirado em 12/09/2021

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Distribuição dos dentes de acordo com o grau de inflamação da polpa e a localização da lesão cariogénica (proximal/oclusal). Adaptado de Kassa 2009. Retirado em 13/09/2021

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

HC – Hidróxido de cálcio

MEC - Mistura Enriquecida com Cálcio

FRP – Fibrina Rica em Placa

MTA – Agregado de Trióxido Mineral

PAT – Pasta Antibiótica Tripla

PPD – Proteção pulpar direta

BAG – BioActive Glass

AAPD – Academia Americana de Odontopediatria

AAE – Associação Americana de Endodontia

TLBN – Terapia Laser de Baixo Nível

TE - Tratamento Endodôntico

OZE - Óxido de zinco eugenol

TPV - Tratamento Pulpar Vital

JAC- Junção amelo-cementaria

IL - Interleucina

I- Introdução

1 – Odontopediatria

A odontopediatria é uma área da Medicina Dentária com grande relevância, pois um tratamento dentário inadequado ou insatisfatório na infância pode causar danos permanentes a todo o aparelho estomatognático (Fuks & Peretz, 2016). A criança passa por várias fases, na infância, a primeira infância, e a segunda infância, a idade pré-escolar, a adolescência, jovens adultos e por último a idade adulta (Guedes-Pinto, 2016).

A 1ª fase (infância) inicia-se no dia do seu nascimento até ao primeiro ano e meio de vida. Neste período a criança começa a aprender a mastigar e a morder, bem como a adquirir capacidades motoras e a aumentar o desenvolvimento da atividade mental. A 2ª fase (primeira infância) ocorre no início do primeiro ano e meio até aos três anos de idade. A 3ª fase (segunda infância) tem início aos três até aos cinco anos de idade. Neste ponto, a criança já tem autonomia para se sentar na cadeira do médico dentista, mesmo por pouco tempo, tendo a percepção para compreender e contextualizar os procedimentos e ações do mesmo, através da utilização de metáforas. Na 4ª fase, a idade pré-escolar começa nos 5 anos até aos 12 anos de idade. Neste período, a criança já estabelece relações com os adultos, a criança começa a compreender a importância da saúde oral, fazendo questões e apresentando vontade de aprender (Guedes-Pinto, 2016).

Por último, a idade da adolescência é compreendida entre os 13 anos e os 19 anos, sendo que esta fase precede a idade adulta. Esta altura engloba a puberdade que é caracterizada por uma série de alterações físicas e psicológicas da criança que passa a ser um jovem adulto (Guedes-Pinto, 2016).

A cárie dentária é uma das doenças crónicas mais comuns em crianças, que pode afetar a vitalidade da polpa e, em última análise, levar a infeções, abscessos, fístulas, e subsequente perda precoce de dentes e prejudicar o desenvolvimento do dente definitivo subjacente (Dye et al. 2015). A decisão de tratar as cáries em dentes decíduos serve para mantê-los assintomáticos e funcionais até serem naturalmente substituídos pelos seus sucessores permanentes (Smaïl-Faugeron et al. 2018).

Outro dos objetivos da odontopediatria é inculcar uma atitude positiva para manter hábitos de higiene oral adequada e boa saúde oral, envolvendo todos os aspectos da higiene oral desde a prevenção a tratamentos restauradores.

Uma abordagem mais conservadora foi desenvolvida durante as últimas décadas em relação à cárie dentária e modos específicos de tratamento, como dentisteria minimamente invasiva e aumento do uso de materiais de prevenção (principalmente contendo flúor). (Fuks & Peretz, 2016).

Intervenções para o tratamento de lesões cariosas profundas em dentes sem histórico de dor ou dentes com pulpíte reversível são referidas como terapias pulpares vitais, que podem consistir na realização da proteção pulpar indireta, proteção pulpar direta (PPD), e a pulpotomia (AAPD. 2017). Embora as três primeiras opções de tratamento sejam as menos invasivas, a pulpotomia é considerada o *gold standard* em odontopediatria com uma taxa média de sucesso de 82,6% e com pequena diferença na sua taxa de sucesso com a utilização de agregado mineral trióxido (MTA) ou formocresol (89,6%) e 85,0%, respetivamente (Coll et al. 2017).

O principal objetivo de todos os procedimentos restaurativos é manter a viabilidade da polpa dentária, sempre que possível. Vários estudos têm demonstrado que polpas expostas por cárie, em dentes maduros tem capacidade de regeneração.

Nas últimas décadas, técnicas minimamente invasivas incluindo a pulpotomia parcial e total são mais utilizadas em dentes com exposição à cárie. (Taha & Khazali, 2017).

2 – Inflamação pulpar

No caso de uma lesão cariosa profunda, ocorrem fenómenos inflamatórios de intensidade variável dentro do tecido pulpar.

É essencial conhecer a biologia da polpa e os limites da reparação da polpa do dente. Dada a falta de estudos histológicos e moleculares da inflamação pulpar no dente decíduo, e sendo que o dente permanente tem uma fisiologia semelhante, pode assumir-se que os

mecanismos da inflamação pulpar no dente decíduo são semelhantes aos do dente permanente. De um ponto de vista histológico e molecular, podem distinguir-se dois tipos de inflamação: a inflamação aguda e a inflamação crónica, cada uma com mecanismos significativamente diferentes (Fortier & Demars-Frémault, 1987).

2.1 Inflamação aguda

Assim que a junção amelodentinária é invadida por bactérias, as suas toxinas passam através dos túbulos dentinários causando uma reação inflamatória na polpa. Os odontoblastos, devido à sua posição à entrada da câmara pulpar, atuam como os iniciadores da reação inflamatória. Mesmo antes de aparecerem alterações do tipo inflamatório ao nível da polpa, há uma redução geral do número e tamanho das células odontoblásticas. Os odontoblastos são normalmente células altas, cilíndricas que na presença de cárie, aparecem alteradas e ficam inexistente quando existe uma necrose (Piette & Goldberg, 2001).

As reações de defesa tentam impedir a penetração de irritantes bacterianos com a ocorrência da esclerose dentinária e a formação de dentina reacionária. O efeito da esclerose dentária é reduzir a permeabilidade da dentina, formando assim uma proteção contra os agressores bacterianos. A formação de dentina reacionária é um mecanismo fisiológico que limita a difusão de substâncias tóxicas para a polpa, reduzindo a permeabilidade da dentina, principalmente através do aumento da sua espessura face a estímulos irritantes. É uma reação tardia e lenta (aposição de 3µm por dia) que não pode inibir imediatamente a penetração de irritantes.

Esta reação fisiológica dos odontoblastos é insuficiente para impedir a progressão das cáries, das toxinas e das enzimas bacterianas. Levando, a uma reação inflamatória localizada ao nível da polpa. (Piette & Goldberg, 2001).

A inflamação pulpar será caracterizada em primeiro lugar por vasodilatação e num aumento da permeabilidade vascular que permitirá o recrutamento de células imunitárias por diapedese. A vasodilatação induzirá um aumento do fluxo sanguíneo e do volume vascular dentro da polpa. Como a polpa se encontra numa cavidade não extensível, uma

ligeira variação de volume criará imediatamente um aumento da pressão intra-tissular, o que provocará:

- Uma reabsorção de fluídos nos capilares e nos vasos linfáticos
- Um fluxo contínuo de fluídos através da dentina exposta numa direção centrípeta que, através de um fenómeno de filtração, tende a deslocar para fora os agentes patogénicos que migram por difusão do exterior para o interior (Simon & al., 2009).

2.1 Inflamação crónica

A persistência do fator irritante é a principal causa de inflamação crónica, a presença de tecido necrótico é também um fator irritante. A reação inflamatória induzida pela lesão cariosa na polpa pode desenvolver-se ao longo de vários anos. Inicialmente, linfócitos, macrófagos e plasmócitos infiltram-se no tecido por baixo da lesão cariosa. Estas células acumulam-se em resposta a afluência de componentes bacterianos que se propagam para a polpa a partir do processo carioso. À medida que as bactérias se aproximam da polpa, os neutrófilos tornam-se as células inflamatórias predominantes na lesão (Trowbridge, 1990).

A resposta inflamatória crónica consiste essencialmente em:

- Proliferação de elementos vasculares.
- Proliferação de fibroblastos e fibrose.
- Aumento do número de mastócitos.

As células T e macrófagos em polpas cronicamente inflamadas segregam citocinas como a IL-1, que são conhecidas na proliferação de fibroblastos. A IL-1 beta tem um papel na fibrose, estimulando a síntese de colagénio de tipo 1 por fibroblastos na polpa. São as citocinas secretadas por linfócitos T e macrófagos que permitem a proliferação de fibroblastos, a produção de colagénio e a neovascularização. Assim, todos os elementos de reparação estão presentes na inflamação crónica da polpa, mas a cura não pode ser completa até que o agente causador tenha sido totalmente eliminado (Trowbridge & Emling, 1997).

Levando em consideração o potencial de cura do complexo polpa-dentina quando o irritante é removido, uma alta taxa de sucesso dos procedimentos de Tratamento Pulpar Vital (TPV) pode ser alcançada. No entanto, em dentes com sinais e sintomas clínicos de pulpíte irreversível, a zona infetada da polpa dentária deve ser removida por pulpotomia parcial ou total, em vez de simplesmente cobrir a exposição para permitir a recuperação e cura do tecido pulpar remanescente menos infetado. Em 15,4% dos casos com sinais e sintomas clínicos de pulpíte irreversível tinham características histológicas de pulpíte reversível (Ricucci & al. 2014). Isto levou à necessidade de rever a terminologia do diagnóstico atual das condições pulpares e implementar estratégias de tratamento minimamente invasivo (Wolters & al. 2017).

Posto isto, o objetivo deste trabalho, passa por rever os conceitos relacionados com a cárie dentaria na população pediátrica e o diagnóstico pulpar, com vista à otimização do diagnóstico, tratamento e prevenção das terapias pulpares assim como a pulpotomia.

II – Desenvolvimento

1- Anatomia Dentária

1.1 Diferenças entre dentes decíduos e dentes definitivos

O sucesso da terapia pulpar na dentição decídua requer uma compreensão profunda da morfologia da polpa primária, da formação das raízes, e das características especiais associadas à reabsorção fisiológica das raízes dos dentes decíduos. De acordo com Finn e Nelson e Ash (2010), existem 12 diferenças básicas entre dentes decíduos e permanentes:

1. Os dentes decíduos são mais pequenos em todas as dimensões do que os dentes permanentes correspondentes.
2. As coroas dos dentes molares decíduos são mais largas na dimensão mesio-distal, do que as coroas dos dentes definitivos.
3. Os dentes decíduos têm raízes mais estreitas e mais longas em comparação a os dentes definitivos.
4. O terço cervical vestibular e lingual das coroas dos dentes anteriores decíduos são muito mais proeminentes do que dos dentes definitivos.
5. Os dentes decíduos são mais apertados na junção dentina-esmalte (DEJ) do que os dentes permanentes.
6. As superfícies vestibulares e linguais dos molares decíduos convergem para a face oclusal; por conseguinte, a superfície oclusal é muito mais estreita na dimensão vestibulo-lingual do que a largura cervical.
7. As raízes dos molares decíduos são comparativamente mais finas e mais compridas do que as raízes dos molares definitivos.
8. As raízes dos molares decíduos saem da zona cervical, e mais no ápex, do que as raízes dos molares permanentes.

9. O esmalte é mais fino (aproximadamente 1 mm) nos dentes decíduos do que nos dentes definitivos, e tem uma maior profundidade.

10. A espessura da dentina entre a câmara da polpa e o esmalte nos dentes decíduos é menor do que nos dentes definitivos.

11. As câmaras de polpa nos dentes decíduos são comparativamente maiores do que as dos dentes definitivos.

12. Os cornos pulpares, especialmente os cornos mesiais, são mais altos nos molares decíduos do que nos molares definitivos.

1.2 Complexo pulpo-dentinário

A função primária da polpa é produzir dentina, incluindo dentina primária durante o desenvolvimento precoce do dente, dentina secundária durante toda a vida do dente, e dentina terciária sob estímulos patogênicos. Os odontoblastos, uma camada de células que reveste a periferia da polpa na superfície interna da dentina, são o tipo celular especializado capaz de sintetizar a dentina. A polpa dentária é um tecido altamente vascularizado por um abundante conjunto vículo-nervoso. Esta propriedade correlaciona-se com as outras duas principais funções da polpa dentária, que fornece nutrição à dentina, e funciona como um biosensor para detetar estímulos (Nancy, 2007).

Anatômicamente, a polpa dentária é quase totalmente encapsulada por dentina dura. A única ligação entre a polpa dentária e o tecido circundante realiza-se através do ápex da raiz. Todos os principais vasos sanguíneos e drenagens linfáticas da polpa dentária passam através do ápex radicular do dente, que fazem do ápex o principal caminho para a nutrição do dente. Esta acessibilidade limitada a polpa dentária torna difícil eliminar a inflamação, uma vez que esta tenha ocorrido. Em alguns dentes, existem também aberturas muito mais pequenas que são canais laterais, localizados perto do forâmen apical. (Zhang & Yelick, 2010).

O complexo dentino-pulpar atua como um órgão vital que responde ao ataque bacteriano com inflamação (Smith, 2002). A cascata de inflamação pode causar danos

irreversíveis e necrose da polpa na ausência de intervenção de uma cárie extensa (Algahtani, 2019). A polpa dentária lesionada tem um potencial limitado de auto-recuperação. Se os estímulos forem ligeiros ou progredir lentamente, como nos casos de cárie superficial, desgaste moderado, erosão, ou fratura não complicada, os odontoblastos podem geralmente sobreviver e continuar a produzir a barreira dentinária sob a lesão, permitindo que o tecido da polpa subjacente mantenha a sua função. A estratégia essencial nestas situações é a de proteger os odontoblastos restantes. Quando os estímulos são fortes e/ou progridem rapidamente, tais como ocorrem em cáries profundas da dentina, abrasão severa, e fratura, os odontoblastos primários serão destruídos. Nestes casos, os odontoblastos não têm a capacidade de proliferar para substituir os odontoblastos lesionados, ou para produzir nova dentina. Nestas circunstâncias, as células mesenquimais indiferenciadas dentro da polpa dentária podem diferenciar-se em odontoblastos e segregar a dentina reparadora (Fitzgerald & al., 1990).

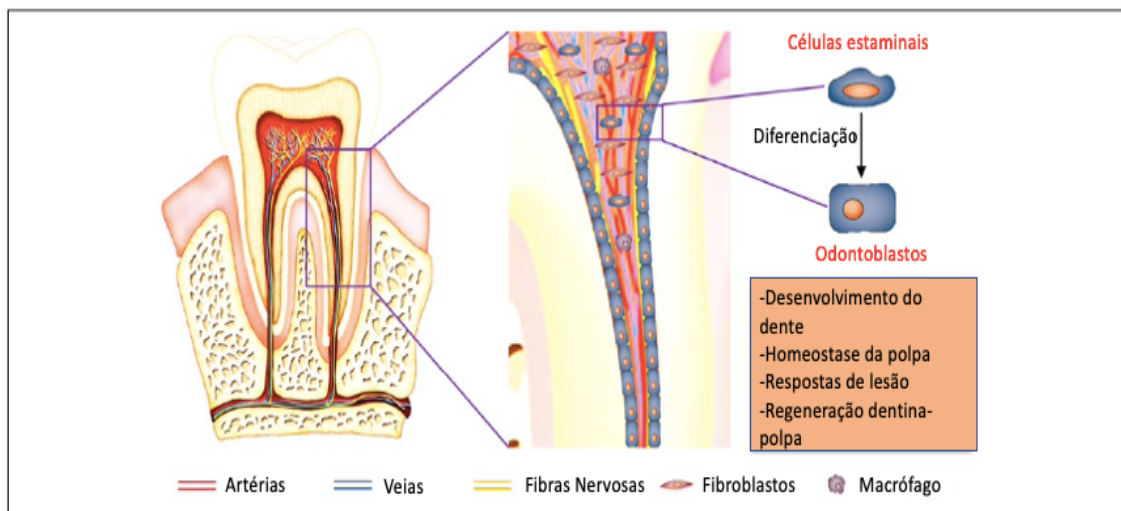


Figura 1. Estrutura fisiológica da polpa dentária e contribuição das células estaminais pulpares. Adaptado de Sui & al. 2018. Retirado em 11/07/2021

O tecido pulpar é infiltrado por redes vasculares arteriais e venosas e fibras nervosas (imagem esquerda). Este feixe neurovascular suporta a atividade das células estaminais da polpa circundante, que co-existem com fibroblastos e macrófagos na polpa dentária (imagem mediana) e possuem a capacidade de diferenciação em odontoblastos que revestem a parede dentinária. Consequentemente, as células estaminais da polpa

contribuem para o desenvolvimento do dente, homeostase do tecido pulpar, respostas a lesões e regeneração dentina-polpa (imagem direita) (Sui & al., 2018). (Figura 1)

Distinguindo a regeneração da reparação na cicatrização da polpa-dentina: A regeneração e reparação são dois tipos diferentes de cicatrização (Lin & Huang, 2015). A regeneração envolve as células produtoras idênticas, para sintetizar e substituir a estrutura dentária perdida, restaurando a função biológica original. Por outro lado, a reparação envolve o enceramento do defeito com um tecido diferente produzido por uma célula diferente (Lin & Rosenberg, 2011).

A diferenciação das células estaminais em odontoblastos acontece duas vezes, separadamente, antes da formação da dentina primária dos dentes decíduos e permanentes (Algahtani, 2019). O processo odontoblástico permite que os cristais de hidroxiapatite mineralizem a matriz dentinária circundante durante a dentinogênese, sendo a formação de dentina secundária ao longo da vida, um processo fisiológico (Lin & Rosenberg, 2011). A dentina terciária é então segregada em resposta a uma lesão ou estímulo adverso, como a cárie dentária, que pode ser reaccionária ou reparadora, dependendo do tipo de célula atingida (Smith, 2002). A dentina reaccionária que foi formada pelos odontoblastos originais é considerada como outro mecanismo de defesa fisiológica (Bjørndal & Mjör, 2001).

No entanto, a dentina reparadora é segregada por células tipo odontoblastos que são recentemente diferenciadas das células mesenquimais da polpa e diferentes dos odontoblastos originais (Smith, 2002). As novas células odontoblásticas diferenciadas não têm processo odontoblástico que se estenda dentro dos túbulos dentinários originais, apresenta uma estrutura, direção, e composição diferente. A formação de dentina reparadora, é considerada como reparação de feridas. Em conclusão, a reparação em vez de regeneração é o atual objetivo clinicamente alcançável para a terapia de polpa vital nos dentes permanentes (Lin & Rosenberg, 2011).

2. Fatores que influenciam a resposta inflamatória no dente

2.1. A cárie dentária

A cárie dentária é uma doença que afeta quase 90 por cento da população mundial. É provocada pela ação de determinadas bactérias que podem originar a destruição parcial ou total do dente. A presença dessas bactérias na boca, associada a uma alimentação inadequada e a uma higiene oral deficiente, facilita o aparecimento de cáries. Em situações extremas, a cárie dentária pode originar infecções de extensão variável e que podem ter graves repercussões na saúde geral do indivíduo (Ordem dos médicos dentistas).

O desenvolvimento da cárie dentária implica três fatores que interagem entre si com o tempo: a ingestão de hidratos de carbono fermentáveis, a presença de bactérias cariogênicas e a suscetibilidade do hospedeiro. A placa bacteriana é considerada o principal fator etiológico no desenvolvimento da cárie dentária. Os ácidos produzidos pelas bactérias cariogênicas do metabolismo dos açúcares promove o processo de desmineralização e conseqüentemente a degradação da hidroxiapatite. (Sheiham & James, 2015).

2.2. A localização da lesão de cárie

A inflamação pulpar é maior nos dentes com lesões de cárie proximais do que nos dentes com lesões cárie oclusais quando a profundidade da lesão de cárie é maior ou igual a metade da espessura da dentina (Kassa et al., 2009).

Classe Inflamatória	Localização da cárie	
	Oclusal n (%)	Proximal n (%)
Classe I : Polpa normal	3 (6.3)	1 (3.0)
Classe II : Alterações inflamatórias limitadas a camada de odontoblastos	20 (41.7)	8 (22.8)
Classe III : Alterações inflamatórias limitadas ao corno pulpar perto da cárie	18 (37.5)	13 (37.1)
Classe IV : Alterações inflamatórias limitadas a polpa coronária	6 (12.5)	13 (37.1)
Classe V : Alterações inflamatórias generalizadas que se estendem até a polpa radicular	1 (2.0)	0 (0.0)
Total	48	35

Tabela 1. Distribuição dos dentes de acordo com o grau de inflamação da polpa e a localização da lesão cariogénica (proximal/oclusal). Adaptado de Kassa 2009. Retirado em 13/09/2021

A localização da cárie deverá ser tida em conta para seleccionar qual a melhor terapia para conservar vitalidade pulpar (Berrehal, 2018).

2.3. Tipo de dente

De acordo com Naulin-Ifi (2011), os dentes decíduos têm características morfológicas particulares que os tornam mais suscetíveis à cárie e às suas complicações.

Nomeadamente:

- A sua baixa densidade de tecidos duros (esmalte e dentina)
- O seu maior diâmetro dos túbulos dentinários
- Os seus cornos pulpar mais longos e mais estreitos

Assim, a penetração e propagação bacteriana é favorecida. Um dente com uma lesão de cárie profunda deve ter uma inflamação pulpar maior do que um dente com uma lesão de cárie menos profunda porque:

- O tempo de exposição a toxinas bacterianas é mais longo.
- A quantidade de toxinas bacterianas que se difundem para o tecido pulpar é maior.

2.4. A fase fisiológica do dente

Naulin-Ifi (2011) descreve que o estado fisiopatológico da reabsorção radicular é um indicador da mudança no potencial de cura da polpa. De facto, durante as duas primeiras fases (Maturação e Estabilidade), o dente decíduo apresenta:

- Um elevado potencial celular (células mesenquimais),
- Tecido conjuntivo laxo, ricamente vascularizado e innervado.
- Dentinogénese intensa
- Capacidade de reagir a estímulos fisiológicos
- Fisiologia comparável a um dente permanente imaturo

A sua região central está ricamente vascularizada. Todos estes elementos permitem à polpa cumprir as suas múltiplas funções (indução, formação, nutrição, proteção, defesa e reparação). No entanto, na fase final (Rizálise), o dente decíduo tem uma fisiologia comparável à de um dente permanente envelhecido. As células mesenquimais diminuem a favor das células clásticas. Um estado inflamatório desenvolve-se progressivamente no dente decíduo durante a fase de esfoliação. As células multinucleadas podem ser vistas dentro das estruturas dentinárias à medida que o processo de reabsorção avança (Fortier & Demars-Frémault, 1987).

2.5. Tipo de lesão de cárie

Na dentição decídua, é particularmente importante distinguir entre as duas formas mais comuns: cárie ativa e cárie inativa, o que tem um impacto na sua gestão. De facto, a condição da polpa não é a mesma para cáries ativas e inativas, e a resposta da polpa às terapias de conservação da polpa pode também ser diferente. Uma lesão cariosa ativa é progressiva e avança rapidamente em direção à polpa. Não é muito extensa na superfície, mas espalha-se em profundidade. A formação reacionária da dentina é mínima (de la Dure-Molla & al., 2012).

O metabolismo do biofilme cariogénico é intenso. A destruição das cavidades de esmalte e dentina ocorre rapidamente. Isto resulta na rápida destruição dos odontoblastos sem obliteração esclerótica dos túbulos dentinários. As reações inflamatórias pulparem serão mais intensas. Se não forem tratadas, as lesões da polpa aparecem permanentemente e a inflamação expande-se a toda a polpa. Quando a lesão está presente há muito tempo e não mostra qualquer progressão, considera-se inativa, é extensa á superfície, mas normalmente não atinge a polpa, que reage por aposição de dentina (de la Dure-Molla & al., 2012).

Esta lenta progressão permite reações de defesa. Observam-se reações de hipermineralização da dentina. Esta redução da permeabilidade da dentina tem o efeito de limitar a difusão de agentes bacterianos que causam reações inflamatórias na polpa (Lasfargues & al., 2009).

3. Diagnóstico pulpar

A atual terminologia de diagnóstico AAE atribui ao diagnóstico da polpa vital uma das três categorias: "normal", "pulpite reversível" ou "pulpite irreversível" (que pode ser sintomática ou assintomática) (Levin et al., 2009). A elaboração de um diagnóstico pulpar deve ser baseado na consideração do médico dentista, da história de dor do paciente e acompanhando de testes de avaliação da polpa, incluindo a aplicação de um estímulo frio e elétrico. Esses testes são designados de "testes de sensibilidade pulpar" e não "testes de vitalidade pulpar", tais como, medidas de tensão de oxigênio na polpa que não estão atualmente disponíveis para uso clínico (Chen & Abbott, 2009).

A principal resposta que provoca a sensibilidade da polpa, indicando inflamação pulpar mais grave é descrito como uma exagerada e "prolongada" resposta ao estímulo frio, com o subjacente patomecanismos de sensibilização de fibra c e hipersensibilidade induzida por inflamação (Hargreaves et al., 2012). Além desses testes de sensibilidade da polpa, testes de percussão podem inferir condições pulparem da presença de periodontite apical sintomática; com a presença de dor de percussão, ou seja, considera-se que a polpa está num estado irreversivelmente inflamado.

Radiografias intra-orais são recomendadas para avaliar com precisão a extensão da formação da raiz e outras alterações concomitantes do tecido duro (Dummer et al., 1980).

A terapia pulpar vital é uma opção apenas para casos em que os resultados dos testes foram consistentes com “pulpite reversível” (Rechenberg & Zehnder, 2020). Com base em considerações clínicas, biológicas e teóricas, a irreversibilidade da doença pulpar é questionada (Ricucci et al., 2019). A pulpite pode ser interpretada como uma doença temporal e fasiada, alguns autores sugerem os seguintes termos: “inicial”, “leve”, “moderada” e “pulpite severa” (Wolters et al., 2017).

Atualmente, os estudos estão em desenvolvimento para perceber o papel dos mediadores inflamatórios que indicam melhor o estado pulpar (Zanini & al., 2017).

Para se realizar uma terapia pulpar vital sabe-se que testes de biologia molecular (microscópio cirúrgico) são recomendados para determinar o sucesso do tratamento. O microscópio permite diagnosticar o estado da polpa com precisão. A observação direta do tecido pulpar durante e após atingir a hemostasia oferece informações diagnósticas adicionais sobre a condição do tecido pulpar (Berman & Hargreaves, 2020). Utilizando a visualização direta da polpa, parece que mesmo a polpa sintomática pode ser candidata a terapia pulpar vital (Lin & al., 2019).

4. Tratamento pulpar

4.1. Terapia pulpar não vital

4.1.1. Pulpectomia

Procedimento utilizado para tratamento do canal radicular, quando o tecido pulpar que está irreversivelmente inflamado ou necrótico, devido a cáries ou trauma. Os canais radiculares são desbridados, irrigados e modelados com limas manuais ou mecânicas (Lo et al., 2007). Após a secagem dos canais, deve ser colocado um material reabsorvível, como o óxido de zinco ou óxido não reforçado com eugenol (Ozalp & al., 2005). Uma

revisão sistemática recente relata que o OZE (óxido de zinco eugenol) teve um melhor desempenho a longo prazo do que as pastas à base de iodofórmio (Coll & al., 2020).

Dos diferentes tipos de terapias pulpares avaliados neste estudo, a pulpectomia foi associada a uma menor taxa de sobrevivência quando comparada com terapias pulpares mais conservadoras, tais como a proteção pulpar direta, indireta e as pulpotomias. Os dentes tratados com pulpectomia têm um risco de insucesso 6,93% mais elevado quando, comparados com as terapias mais conservadoras (Lopes-Fatturi & al., 2020). Este facto, deve-se ao próprio tratamento, que apresenta inúmeros desafios para a sua execução. Para que a pulpectomia tenha um prognóstico clínico e radiográfico favorável, é necessário que ocorra uma limpeza eficaz dos canais radiculares e remoção das bactérias e seus subprodutos. No entanto, a complexa anatomia dos canais radiculares dos dentes decíduos compromete a sua limpeza adequada, deixando os microrganismos e tecido pulpar necrótico remanescente, levando ao desenvolvimento de reabsorção radicular patológica, contribuindo para o insucesso deste tipo de tratamento (Navit, 2016).

Da mesma forma, os dentes que apresentavam lesões de furca após um tratamento pulpar também, apresentavam uma taxa de sobrevivência inferior, quando comparados com aqueles sem esta condição. A presença de bactérias desempenha um papel importante no aparecimento, progressão e persistência de lesões apicais visto que, as bactérias nos canais radiculares e tecidos peri-radiculares infetados podem invadir e alojarem-se nas áreas circundantes da dentina e do cimento, pelo que os microrganismos podem permanecer viáveis, mesmo após, a preparação biomecânica e irrigação do sistema de canais radiculares dos dentes decíduos. Para além destes aspetos, a evolução radiográfica com eliminação ou redução da área infetada sugere uma terapia endodôntica bem-sucedida (Lopes-Fatturi & al., 2020).

A pulpectomia é considerada como uma técnica *gold standard* para dentes com patologias pulpares e peri-radiculares (Ng et al., 2007). A taxa de sobrevivência de dentes tratados com pulpectomia é muito menor do que os dentes vitais, apesar dos excelentes resultados do tratamento com pulpectomia (Caplan & al., 2005). As causas mais plausíveis podem ser a falta de mecanismo proprioceptivo e a perda do efeito de amortecimento. Acredita-se que os proprioceptores protegem o dente das forças excessivas que são perdidas nos dentes tratados com pulpectomia. Uma polpa vital dentária aumenta

a taxa de sobrevivência dos mesmos, por este motivo, a vitalidade dos dentes é considerada benéfica e deve ser preservada (Ou & al., 2009).

4.1.2. Apexificação

A apexificação é um método para induzir o enceramento da extremidade da raiz de um dente definitivo não vital formado de forma incompleta, removendo o tecido radicular coronal e não vital logo abaixo da extremidade da raiz e colocando um agente biocompatível, como hidróxido de cálcio nos canais por duas semanas a um mês para desinfetar o espaço do canal (Fuks & Nuni, 2019). O enceramento da raiz é realizado com uma barreira apical com o MTA. A guta-percha é usada para preencher o espaço restante do canal. Se as paredes do canal forem finas, o espaço do canal pode ser preenchido com MTA ou resina composta em vez de guta-percha para proteger o dente contra as fraturas (American Association of Endodontists, 2013).

A avaliação adequada do dente afetado é fundamental para determinar um diagnóstico preciso e prescrever o plano de tratamento apropriado, sendo que a avaliação da vitalidade pulpar ajudará a determinar a opção de tratamento adequada. Se ocorrer necrose pulpar em dentes imaturos, uma abordagem alternativa de tratamento deve ser usada devido à presença do ápex aberto. Um dente imaturo não vital, frequentemente apresenta paredes finas e frágeis, o que dificulta a instrumentação e irrigação adequadas, assim como, a obtenção do selamento apical necessário (Frank, 1966).

Tradicionalmente, a conclusão da terapia endodôntica foi tipicamente adiada até a conclusão do enceramento da extremidade da raiz por meio de apexificação. A abordagem tem sido o uso de hidróxido de cálcio (HC) para induzir a apexificação após a desinfecção dos canais radiculares da maneira convencional (Sheehy & Roberts, 1997). Apesar do sucesso clínico demonstrado associado à apexificação do hidróxido de cálcio, há uma série de inconvenientes. A imprevisibilidade da formação de uma barreira apical de tecido duro, os procedimentos que muitas vezes requerem várias visitas e os riscos acrescidos de fratura da raiz cervical associados levaram os clínicos a adotar um procedimento de apexificação de uma etapa. A utilização de agregado trióxido mineral como matriz apical,

a obturação do canal com uma única consulta pode ser conseguida com elevadas taxas de sucesso. Foi demonstrado que a MTA induz a formação de tecido duro apical sem resposta inflamatória devido à sua excelente biocompatibilidade (Steinig & al., 2003).

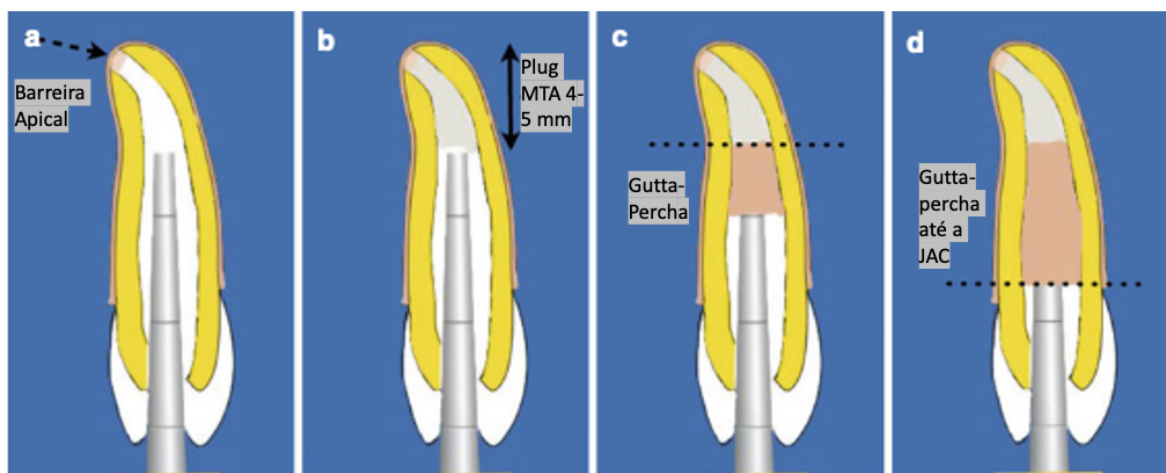


Figura 2. Diagrama clínico mostrando a colocação da barreira apical adaptado de Patel 2016 retirado em 12/09/2021.

Além disso, foi demonstrado que o osso, cimento e ligamento periodontal recém-formados se fixam à camada de MTA, proporcionando uma excelente selagem. O ambiente húmido ao nível do ápex, significa que um material hidrofílico adequado como a MTA é ideal em termos de capacidade de fixação sem ter o risco de ser lavado. Uma das desvantagens na utilização de MTA está relacionada com o seu manuseamento e manipulação, o que, como qualquer técnica, requer prática cuidadosa, habilidades e conhecimentos desenvolvidos antes de uma utilização adequada. Como resultado, o MTA deve ser considerada o material de escolha ao considerar procedimentos de apexificação de uma etapa em casos de desenvolvimento de dentes imaturos com ápex abertos (Patel, 2016).

4.2. Terapia pulpar vital

4.2.1. Apexogênese

A AAPD (2020) define a apexogênese como um termo histológico usado para descrever o desenvolvimento fisiológico contínuo e a formação do ápex da raiz. A formação do ápex em dentes definitivos jovens vitais pode ser realizada implementando a terapia pulpar vital apropriada (tratamento pulpar indireto, proteção pulpar direta, pulpotomia parcial para exposições a cárie e exposições traumáticas).

A avaliação do dente é feita por meio de avaliação radiográfica, clínica e baseada na história e nos testes clínicos para determinar a maturidade da raiz em desenvolvimento. Os testes pulpares em crianças são procedimento complexos e de natureza subjetiva. Se não existir inflamação, a vitalidade pulpar permitirá o desenvolvimento natural contínuo da raiz (Shabahang, 2013).

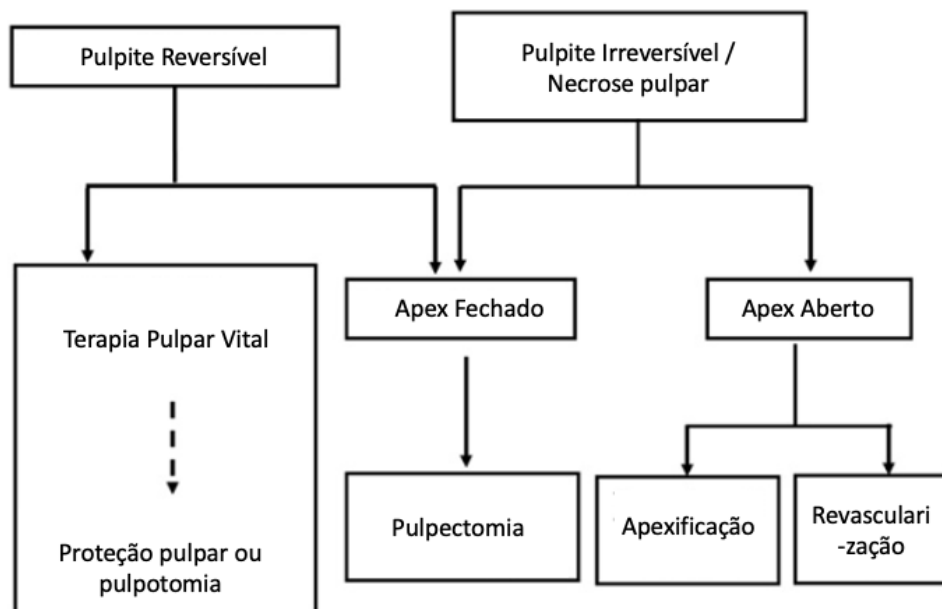


Figura 3. seleção de casos para tratamento de dentes permanentes com desenvolvimento radicular incompleto. Adaptado de habahang 2013 retirado em 27/08/2021

Um dos objetivos da apexogênese é evitar os problemas clínicos que estão associados ao desenvolvimento de dentes não vitais imaturos com ápex abertos, canais cónicos invertidos e paredes dentinárias finas. Uma pulpotomia tradicional envolve a remoção da polpa coronal até o início dos canais radiculares. Em comparação, uma pulpotomia Cvek ou uma pulpotomia parcial envolve a remoção de 2 mm da polpa adjacente à exposição. O seu objectivo principal é manter a vitalidade da polpa indefinidamente e permitir que o desenvolvimento radicular continue (Patel, 2016).

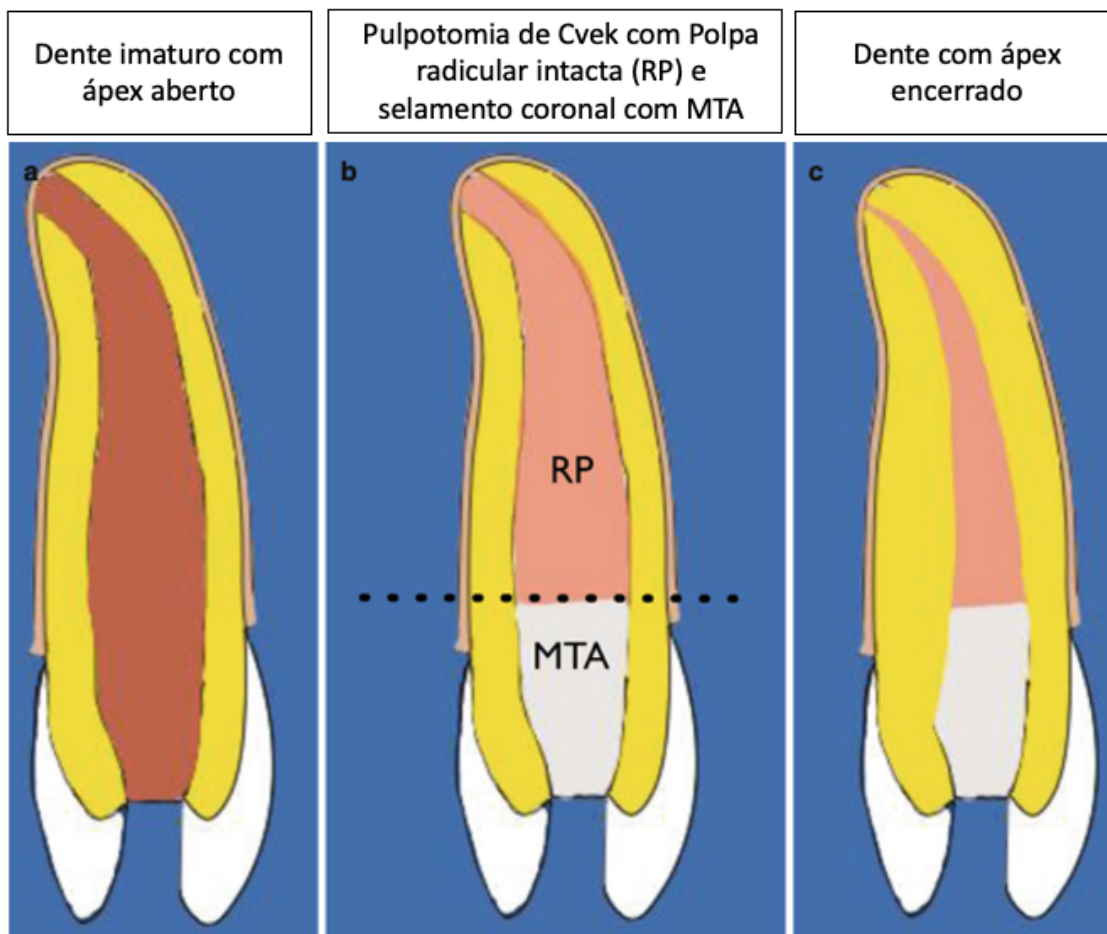


Figura 4. Diagramas mostrando dente imaturo com ápex aberto e pulpotomia de Cvek para apexogênese. Adaptado de Patel 2016 retirado em 12/09/2021

4.2.2. Revascularização

A revascularização é definida como um procedimento para substituir fisiologicamente a estrutura dentária danificada, incluindo dentina e estruturas radiculares, bem como o complexo pulpo-dentinário (American Association of Endodontists, 2013). Os objetivos do procedimento regenerativo são a eliminação dos sintomas / sinais clínicos em dentes com polpa necrótica e ápex imaturo. O espessamento das paredes do canal e / ou maturação contínua da raiz é um objetivo adicional. Na revascularização o espaço do canal radicular é preenchido com o próprio tecido vital do hospedeiro e no tratamento endodôntico convencional o espaço do canal radicular é preenchido com materiais biocompatíveis (American Association of Endodontists, 2013).

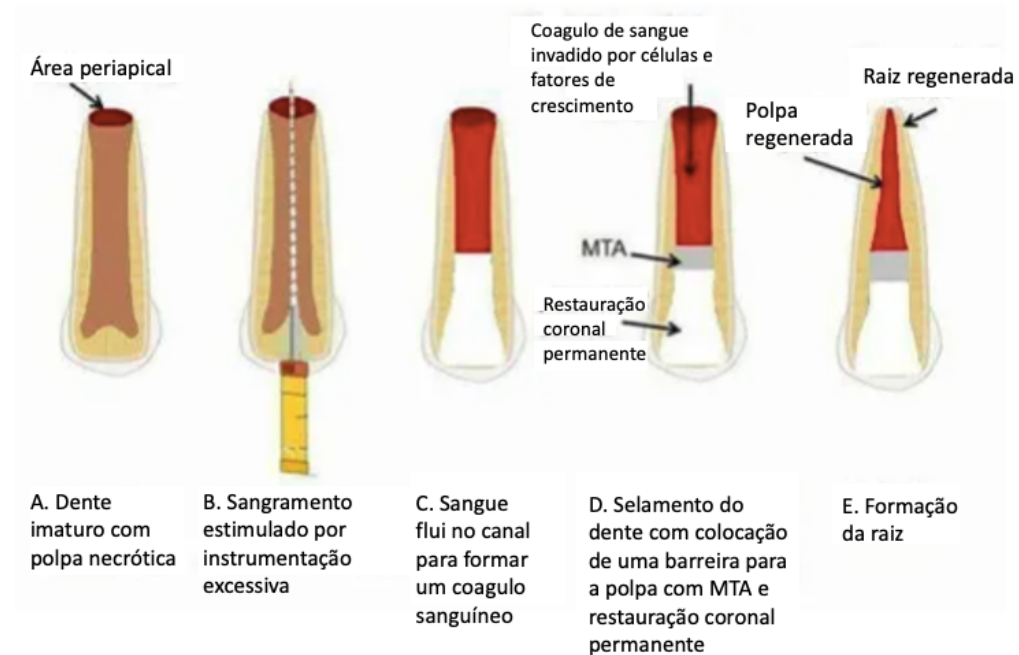


Figura 5. Mecanismo de regeneração endodôntica num dente com ápex aberto. Adaptado de Tsafaridou 2020 retirado em 06/09/2021

Protocolo

De acordo com Hargreaves et al. (2012), Geisler (2012) e Berman et al. (2010) foi estabelecido o seguinte protocolo.

Primeira consulta:

- Anestesia local, isolamento absoluto, acesso ao dente
- Irrigação com 20ml de NaOCl 1,5% usando um sistema de irrigação que minimiza a possibilidade de extrusão de irrigantes para o espaço periapical (por exemplo, agulha com extremidade fechada e aberturas laterais, ou EndoVac). As concentrações mais baixas de NaOCl são aconselhadas, para minimizar a citotoxicidade das células estaminais nos tecidos apicais.
- Secar os canais.
- Colocar pasta de antibiótico ou hidróxido de cálcio. Ca(OH)_2 é antimicrobiano em concentrações que não induzem a toxicidade das células estaminais e estão amplamente disponíveis. Como alternativa, se a pasta de antibiótico triplo for usada: 1) considere o selamento da câmara pulpar com um agente de união dentinária [para minimizar o risco de manchas] e depois misturar 1 parte de ciprofloxacino, 1 metronidazol, 1 minociclina numa concentração mais baixa para evitar a toxicidade das células estaminais, essas concentrações mais baixas aparecem como uma forma líquida em vez de uma pasta.
- Depositar a mistura nos canais via sistema espiral Lentulo, sistema MAP ou seringa
- Se for usada a pasta antibiótica tripla, verificar que esta permanece abaixo da (JAC) junção amelo-cementaria para minimizar a coloração da coroa. Como alternativa, podemos usar o Ca(OH)_2 porque não causa manchas.
- Selar com Cavit de 3-4 mm, seguido de IRM ou outro material temporário
- Revisão do procedimento no final de 3-4 semanas.

Segunda consulta

- Avaliar a resposta ao tratamento inicial. Se houver sinais / sintomas de persistência infecção, volta a tratar com a PAT ou uma alternativa antimicrobiana. Revisão no final de 3-4 semanas.
- Anestesia com mepivacaína a 3% sem vasoconstritor, dique de borracha, isolamento absoluto

- Irrigação lenta com 20ml de EDTA 17%, seguido de solução salina normal, usando uma agulha de extremidade fechada.
- Secar com cones de papel.
- Criar o sangramento no sistema do canal por instrumentação excessiva (endo file, explorador endo).
- Promover a homeostase a 3 mm da JAC.
- Colocar CollaPlug / Collacote a 3 mm abaixo da JAC.
- Colocar 3-4 mm de MTA e ionomero de vidro e restauração definitiva. O hidróxido de cálcio pode ser uma alternativa ao MTA nos casos em que a descoloração da coroa é uma preocupação potencial.

4.2.3. Proteção pulpar

A Associação Americana de Odontopediatria (AAPD) recomenda 3 tratamentos: proteção pulpar indireta, proteção pulpar direta, e pulpotomia para lesões de cárie profundas em dentes decíduos com polpa vital. A proteção pulpar é uma terapia pulpar vital conservadora que diminui a necessidade de um tratamento mais invasivo. Vários materiais podem ser utilizados para proteção pulpar direta (PPD) em dentes decíduos. Aparentemente o BioActive Glass (BAG) e o MTA são materiais mais adequados para a PPD devido às suas propriedades antibacterianas e biocompatibilidade (Ahmadvand & Haghgoo, 2016).

A AAPD (2020) recomenda que num dente com polpa vital que tenha sofrido uma exposição pulpar de um milímetro ou menos durante a remoção da cárie ou após uma lesão traumática, sabe-se que pode ser realizada uma proteção pulpar que visa promover a regeneração do tecido pulpar e / ou minimizar a sensibilidade pós-operatória.

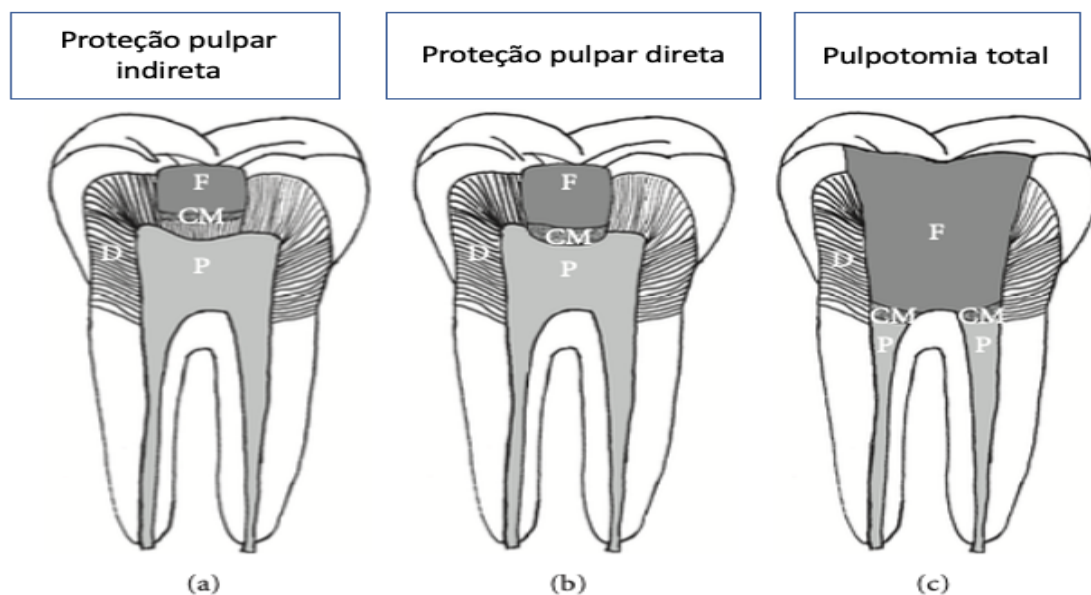


Figura 6. Terapia pulpar vital. (a) Proteção pulpar indireta; (b) Proteção pulpar direta; (c) Pulpotomia. (D = Dentina; P = Polpa; CM = liner; F =material de restauração). Adaptado de Zhang & Yelick, 2010. Retirado em 14/09/2021

A proteção pulpar têm como objetivo a colocação de um “*liner*” numa área profunda do preparo de forma a preservar a vitalidade do dente, promover a cicatrização do tecido pulpar e a formação de dentina terciária e minimizar a microinfiltração bacteriana (Murray & al., 2002). Um “*liner*” é um material fino colocado próximo da dentina, à superfície pulpar subjacente de um preparo cavitário profundo, cobrindo os túbulos dentinários expostos para atuar como uma barreira protetora entre o material restaurador ou cimento e a polpa. A colocação de um revestimento protetor fino, como MTA, cimentos trissilicatos, hidróxido de cálcio ou outro material biocompatível, fica ao critério do médico-dentista (Kuhn, 2014).

Numa recente revisão sistemática e meta-análise, onde foram avaliadas as taxas de sucesso na proteção pulpar indireta, proteção pulpar direta e pulpotomia, a proteção pulpar indireta tem uma taxa de sucesso de 94,4% durante 24 meses de avaliação (Coll & al., 2017)

5. Pulpotomia

A perda precoce de dentes decíduos por cárie tem uma forte influência no crescimento, no desenvolvimento dentário, na função oral infantil, na estética e até na fonética; portanto, a preservação da dentição decídua é importante (Oliveira & al., 2013). A terapia mais comum para infecção pulpar reversível em dentes decíduos é a pulpotomia. Esta permite que os dentes permaneçam na cavidade oral até o momento de sua esfoliação. A pulpotomia é um método com uma ampla aceitação clínica (Fernandes & al., 2014).

A pulpotomia visa tratar um dente cariado fazendo a remoção da porção coronária da polpa infetada, para preservando o tecido pulpar radicular não infetado. Várias técnicas e materiais têm sido recomendados para esses fins, como formocresol, glutaraldeído, sulfato férrico, hidróxido de cálcio, agregado de trióxido mineral (MTA) e terapia laser, no entanto, ainda não existe um consenso sobre a técnica ideal. Nas últimas décadas, o formocresol tem sido um material de eleição pulpar para pulpotomia de dentes decíduos. Este material foi até considerado a técnica *gold standard* com taxa de sucesso clínico de 70–97% (Ghajari & al., 2008).

No entanto, o uso de formocresol tornou-se uma preocupação devido a vários estudos sobre os seus efeitos adversos, como citotoxicidade, potencial carcinogénico e mutagenicidade, imunossensibilização e ampla distribuição de tecidos além do ápex, que pode alterar a formação dos dentes definitivos subjacentes. Para evitar essas desvantagens, outros materiais e técnicas têm sido utilizados com o objetivo de melhorar a terapia pulpar realizada em dentes decíduos. O hidróxido de cálcio, proteína morfogénica óssea, glutaraldeído, sulfato férrico e agregado trióxido mineral (MTA) são considerados materiais alternativos (Golpayegani & al., 2018).

A polpa dentária em pacientes jovens é constituída por um maior número de células, o que permite maior capacidade de recuperação de lesões. Cvek & al (1982) demonstra que em dentes com fraturas coronárias complexas, a polpa exposta manteve a sua vitalidade até 7 dias. Nesses dentes, apenas os 2 mm mais superficiais da polpa estão

inflamados e precisam de ser removidos. A avaliação radiográfica das pulpotomias de dentes decíduos deve ocorrer pelo menos uma vez por ano dado que, a taxa de sucesso das pulpotomias diminui com o tempo (Coll, 2008). As radiografias Bite-wings se mostrarem a área interradicular são suficientes para avaliar o sucesso da pulpotomia. Os dentes permanentes imaturos tratados com terapia pulpar também devem ter um acompanhamento clínico e radiográfico rigoroso para confirmar que a patologia pulpar não se está a desenvolver (Nowak & al., 2019). O isolamento é necessário para minimizar a contaminação bacteriana e proteger os tecidos moles e duros. O uso de isolamento absoluto é considerado um *gold standard* para o tratamento pulpar. Quando não for possível utilizá-lo um isolamento relativo pode ser considerado eficaz (Dhar & al., 2017).

A pulpotomia é definida pelo glossário da Associação Americana de Endodontistas (AAE) (2020) como "A remoção da porção coronal de uma polpa vital permitindo a preservação da vitalidade pulpar restante. Pode ser realizada como procedimento de emergência para alívio dos sintomas ou como medida terapêutica, no caso de uma pulpotomia de Cvek". Uma vez que o complexo radicular está preservado, é colocado um biomaterial em contacto direto com a polpa para conseguir a regeneração do complexo pulpo-dentinário e/ou a obliteração da polpa exposta por uma ponte dentina neo-formada. (Blanchard & Boynton, 2010).

A pulpotomia é o tratamento indicado em dentes imaturos com inflamação pulpar. O objetivo primário da pulpotomia é preservar os tecidos pulpares radiculares que podem ajudar a completar a apexogénese em dentes definitivos imaturos (Ricucci & al., 2019). De acordo com as indicações da Academia Americana de Odontologia Pediátrica (AAPD) "O procedimento de pulpotomia é indicado quando a remoção da cárie resulta em exposição pulpar num dente decíduo com polpa normal ou pulpíte reversível ou após exposição pulpar traumática e quando não há sinais radiográficos de infeção ou reabsorção patológica. Quando o tecido coronal é amputado, o tecido radicular remanescente deve ser considerado vital, sem supuração, purulência, necrose ou hemorragia excessiva."

De acordo com Delfosse & Trentesaux (2015), Naulin-Ifi (2011) e Muller-Bolla (2018) as contra-indicações para pulpotomia são:

Local:

- Envolvimento periapical e / ou periodontal, aumento periodontal
- Mobilidade de estágio III e / ou rizálises
- Reconstituição impossível
- Ao abrir a câmara pulpar: sangramento castanho ou purulento, ausência de sangramento; como nota adicional, a hemostasia deve ser alcançada em 3 a 10 minutos.

Geral: criança com doença cardíaca com risco de endocardite, imunossupressão, diabetes não controlada ou sob terapia com corticosteroides de longo prazo. Sendo uma contra-indicação relativa é a impossibilidade de seguir a criança regularmente. Pulpectomia ou tratamento endodôntico ou mesmo extração serão preferidos à pulpotomia. Uma pulpotomia pode progredir desfavoravelmente para uma lesão periapical como fistula ou mesmo celulite se o acompanhamento não for regular, o médico dentista não poderá diagnosticar corretamente a evolução da patologia.

5.1. Pulpotomia parcial (CVEK)

A pulpotomia parcial é um procedimento no qual o tecido pulpar é removido a uma profundidade de um a três milímetros ou mais para atingir o tecido saudável mais profundo. Embora a literatura indique que uma pulpotomia de Cvek pode ser concluída até nove dias após a exposição, não há evidências de resultados positivos com períodos de espera mais longos (Bimstein & Rotstein, 2016). O sangramento pulpar é controlado por meios irrigantes como hipoclorito de sódio ou clorexidina e a zona exposta é coberta com hidróxido de cálcio ou MTA (Camp & Fuks, 2011).

O MTA pode causar a descoloração dos dentes. Existem duas versões (claro e cinza) com propriedades semelhantes (Subay et al., 2013). Embora o hidróxido de cálcio tenha demonstrado ter sucesso a longo prazo, o MTA resulta em pontes de dentina e polpa mais previsíveis (Chacko & Kurikose, 2006). O MTA (pelo menos 1,5 milímetros de espessura) deve cobrir a exposição e a dentina circundante, seguido por uma camada de

ionômero de vidro modificado por resina fotopolimerizável. É colocada uma restauração que sela o dente para evitar a microinfiltração (Andreasen & al., 2008).

5.2. Pulpotomia total

Pulpotomia total envolve a remoção de toda a porção coronária da polpa vital ao nível dos orifícios do canal, mantendo a saúde da restante porção radicular. Este procedimento fornece uma maior oportunidade de remover a polpa irreversivelmente inflamada em comparação com pulpotomia parcial. A capacidade de controlar o sangramento após a amputação do tecido pulpar infetado foi sugerido como um marcador para o grau de inflamação e o potencial de regeneração do tecido pulpar (Stanley 1989, Matsuo & al. 1996)

A pulpectomia é indicada em dentes definitivos maduros com doenças pulpares e perirradiculares. Esta técnica envolve a remoção completa dos tecidos pulpares dos canais radiculares, desinfecção e restauração com materiais bio-inertes. O tratamento do canal radicular tem uma alta taxa de sucesso (86,02%) (Elemam & Pretty, 2011).

No entanto, os estudos de Sadaf & al. (2017) e Ribeiro & al. (2019) defendem que o tratamento endodôntico é muito desafiante e apresenta uma exigência elevada do ponto de vista técnico. O tratamento endodôntico é muito dispendioso e, muitas vezes necessita de uma reabilitação protética o que acarreta, um custo financeiro adicional para os pacientes (Bjørndal & Reit, 2008).

Com a entrada de novos materiais bio-ativos, muitos investigadores estão a concentrar-se na pulpotomia em dentes definitivos com inflamação pulpar irreversível como uma opção alternativa ao tratamento endodôntico (Solomon & al., 2015). Há uma série de estudos Asgary & al. (2014) e Asgary & al. (2013) sobre pulpotomia que demonstram a taxa de sucesso comparável ao tratamento endodôntico em dentes definitivos com pulpíte irreversível.

O insucesso da pulpotomia foi observado mais comumente em dentes com restaurações mal adaptadas o que terminaram em microinfiltrações (Yazdani & al., 2014).

O fator mais crucial no resultado favorável da terapia pulpar vital é o selamento adequado com materiais bio-ativos e restaurações adaptadas (Tan & al., 2020). A microinfiltração através da restauração pode ser a razão para a diminuição na taxa de sobrevivência de pulpotomia ao longo do tempo (Taxa de sucesso ponderada num ano: 94%; diferença média ponderada em dois anos: 92%). Isto revela que a avaliação regular e o acompanhamento da restauração são essenciais para garantir a integridade marginal e reparar qualquer restauração defeituosa a tempo (Alqaderi & al., 2016). Num estudo realizado em 2015 provou-se que os dentes com pulpotomia e reabilitados com coroas apresentam uma maior taxa de sucesso, a amálgama e o compósito também foram materiais escolhidos embora a sua taxa de sucesso seja inferior (Kunert & al., 2015).

O tratamento endodôntico envolve uma perda considerável da estrutura dentária. Muitos estudos indicaram que a razão mais comum da falha do tratamento é a fratura devido à estrutura inadequada do dente remanescente. A pulpotomia é uma terapia mais conservadora e por isso preserva mais a estrutura dentária (Sadaf, 2020).

O desenvolvimento recente de materiais bio-ativos revelou-se muito útil no tratamento da pulpite irreversível. Os materiais bio-ativos mais comumente utilizados são materiais à base de silicato de cálcio (MTA, Biodentine) e mistura enriquecida com cálcio (MEC). Ambos os tipos de materiais são biocompatíveis e capazes de induzir a cementogénese, dentinogénese e osteogénese (Nosrat & al., 2013). O MTA e a MEC foram encontrados exibindo melhores taxas de sucesso do que o hidróxido de cálcio devido à biocompatibilidade e excelente capacidade de selamento (Torabinejad & Parirokh, 2010).

5.3. Materiais usados para pulpotomia

A selecção do agente pode influenciar a taxa de sucesso da terapia pulpar vital (Mass & Zilberman, 1992). O agregado trióxido mineral (MTA) é um agente de pulpotomia universalmente aceite. O seu mecanismo de acção é semelhante ao do agente de pulpotomia tradicional hidróxido de cálcio (HC) pois, o MTA liberta HC induzindo a formação de dentina quando aplicado à polpa vital (Camilleri, 2011). O MTA tomou o lugar do HC como a primeira escolha para a pulpotomia recentemente devido à sua

melhor capacidade em apexogênese, capacidade de desinfecção, biocompatibilidade e falta de citotoxicidade (Darvell & Wu, 2011). Contudo, também tem os seus inconvenientes, incluindo a descoloração dos dentes, pH elevado durante o procedimento, custo elevado e alta sensibilidade técnica (Camilleri, 2015).

Por conseguinte, estão a ser fornecidas escolhas alternativas de novos materiais para proporcionar uma indução mais significativa da formação de dentina, maior biocompatibilidade e melhor relação custo-benefício. Mistura enriquecida com cálcio (MEC), fibrina rica em plaquetas (FRP) e mistura de antibióticos como a pasta tripla de antibióticos (PAT) são também administrados no tratamento da pulpotomia em dentes permanentes imaturos. (Chen & al., 2019)

Comparação 1: MTA versus HC

El-Meligy (2006) e Özgür (2017) compararam o resultado entre MTA e HC; os seus critérios de sucesso foram dentes sem sintomatologia, ausência de sinais radiográficos e formação contínua de raízes. Foi realizada uma meta-análise para avaliar a taxa de sucesso entre 6 meses a 12 meses (Cohen & Hargreaves, 2006). Os resultados mostram que não se observaram diferenças significativas entre a utilização da MTA e do HC (Chen & al., 2019). Com base das pesquisas científicas atuais, o MTA e o HC tiveram resultados semelhantes quando utilizados numa pulpotomia de dentes permanentes imaturos (Alqaderi & al., 2016).

Comparação 2: MTA versus MEC

Apenas Nosrat (2012) comparou o MTA com a MEC. A mistura enriquecida com cálcio é cimento à base de água introduzido pela primeira vez para tratamento endodôntico por Asgary em 2006. É uma mistura de diferentes compostos de cálcio, incluindo, óxido de cálcio e fosfato de cálcio. Mostra semelhanças com o MTA na sua capacidade de selagem, biocompatibilidade e o potenciar a indução de tecido duro (Shojaee et al., 2018). O resultado deste estudo está de acordo com as teorias acima mencionadas. A MEC mostra que tem menor descoloração dos dentes e maior capacidade antibacteriana do que o MTA, pelo que também pode ser considerado como um bom substituto do MTA (Esmaeili et al., 2016).

Comparação 3: MTA versus FRP

Apenas Keswani 2014 comparou o MTA com a FRP. A fibrina rica em plaquetas é uma concentração de plaquetas de segunda geração que tem uma maior biocompatibilidade do que os materiais sintéticos como o MTA. Tem uma estrutura física favorável à cicatrização, quando ativada, a molécula sinalizadora é libertada para controlar o recrutamento de células, morfogênese e processo de inflamação (Galagali, 2013). A FRP tem uma taxa de sucesso melhor comparado ao MTA e melhor biocompatibilidade, a FRP seria um bom substituto para o MTA e o HC no tratamento da exposição da polpa em dentes permanentes imaturos. No entanto, também tem a sua limitação que requer uma determinada quantidade de sangue fresco bem como, uma máquina especial para preparar o agente. (Chen & al., 2019)

Comparação 4: MTA versus PAT versus solução de abscesso

O MTA, é o agente mais utilizado hoje em dia para pulpotomia nos dentes permanentes jovens e foi o foco de investigação de todos, incluindo estudos. Resultados semelhantes de tratamento foram observados entre o MTA, a FRP, a MEC e a PAT e apenas a solução de abscesso apresentou um resultado menos satisfatório de tratamento, com mais dentes mostrando algia e lesão juntamente com radio transparente periapical (Kanumuri et al., 2018).

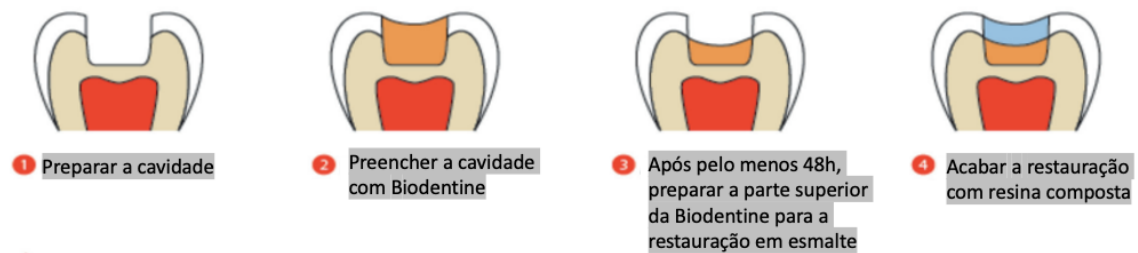
A solução para a resolução do abscesso é descrita como sendo uma pasta bacteriana radiopaca composta por polioximetileno, óleo de canela e a PAT consiste numa mistura de três antibióticos diferentes: ciprofloxacina, metronidazol e minociclina e mostra a sua superioridade na solução para abscesso na taxa de sucesso da pulpotomia em dentes permanentes imaturos. Se o tratamento de pulpotomia estiver prestes a ter sucesso, a microbiota deve ser devidamente reduzida, a solução de abscesso e a PAT funcionam ambos como agentes antibacterianos para melhorar o resultado do tratamento (Parhizkar & al., 2018).

Para concluir, a pulpotomia é uma forma eficaz de alcançar a apexogênese em dentes permanentes imaturos com polpa exposta a cárie e traumatismo dentário. Contudo, com base na presente evidência limitada, foram encontradas taxas de sucesso semelhantes com o MTA entre os outros materiais como HC, MEC, FRP e PAT como agentes de pulpotomia no tratamento de dentes permanentes imaturos, e não existem provas científicas suficientes para tirar qualquer conclusão sobre os benefícios de um material em relação a outro, podendo os odontopediatras considerar a relação custo-benefício na escolha dos materiais para a pulpotomia (Chen & al., 2019).

Biodentine

Biodentine é um cimento de silicato de cálcio que foi introduzido como um material de "substituição da dentina", comparável ao MTA em termos de biocompatibilidade e indução de uma barreira calcificada (Marchak & al. 2016) com melhoria de várias propriedades, como mistura, trabalho, menor tempo de presa e menos descoloração coronária (Vallés & al. 2015). Três ensaios clínicos recentes compararam o Biodentine ao MTA em proteção pulpar devido a exposição a cárie com uma alta taxa de sucesso, aproximada de 100% no *follow-up* de 1 ano; contudo, os dentes incluídos foram limitados a pacientes jovens (Katge & Patil 2017) com dentes assintomáticos ou um diagnóstico de pulpíte reversível em dentes maduros (Linu & al. 2017).

▶ Restauração direta numa cavidade profunda



▶ Exposição pulpar

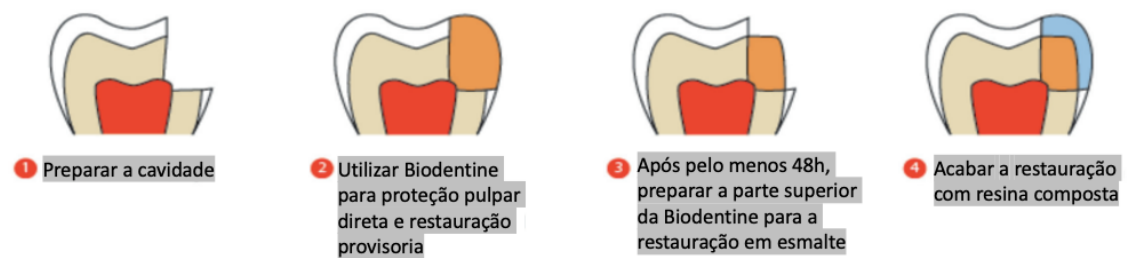


Figura 7. Implementação clínica de Biodentine como sugerido na brochura da Septodont UK em 2011 para procedimentos proteção pulpar. Adaptado de Patel & Hughes 2013. Retirado em 12/09/2021

De acordo com Hashem (2014) e Camilleri (2014) a recomendação do fabricante preconiza a colocação de uma restauração a resina composta após 48h da aplicação da Biodentine, contudo estudos recentes defendem que a resina composta só deve ser colocada 2 semanas após a aplicação da Biodentine pois necessita de 2 semanas para que ocorra a maturação intrínseca suficiente para suportar as forças de contração da resina composta.

Sinais e sintomas clínicos indicativos de pulpite parcial irreversível não é contra-indicação e pulpotomia total pode ser considerada como uma abordagem alternativa ao tratamento endodôntico (Taha & Abdelkader, 2018).

Terapia Laser

Nos últimos anos, a aplicação do laser tem sido recomendada em vários aspectos endodônticos, incluindo tratamento de hipersensibilidade dentinária, proteção pulpar, esterilização de canais radiculares, instrumentação de canais radiculares e pulpotomia de dentes decíduos como alternativa ao formocresol convencional (Kimura et al., 2000). No

caso de uma pulpotomia com terapia laser de baixo nível (TLBN) a polpa coronária é amputada com uma broca redonda ou com um escavador de dentina. Após atingir a hemostase, a polpa é então irradiada nos orifícios do canal pela potência ideal do laser para obter a coagulação do tecido pulpar e promoção da cicatrização (Fernandes et al., 2014).

Estudos demonstraram que o laser pode acelerar a cicatrização dos tecidos, é hemostático, antimicrobiano e tem um elevado potencial de regeneração tecidual. O feixe do laser não causa qualquer dano ao tecido pulpar remanescente, pois não tem contacto mecânico com o mesmo, apenas aumenta levemente o grau térmico da polpa (Gupta, 2015). Com base nessas características, vários autores, como Ghajari & al., Fernandes & al., E Saltzman & al., têm indicado os benefícios do uso do laser sobre as técnicas convencionais de terapia pulpar (Fernandes et al., 2014).

Diferentes tipos de laser como CO₂, argônio, Er: YAG, Er, Cr: YSGG, Nd: YAG e diodo estão a ser utilizados em diferentes configurações e a tratar diferentes tipos de dentes em pacientes de várias idades, o que faz com que este tema ainda seja muito controverso na comunidade científica (Ansari & al., 2018). A terapia pulpar realizada com laser tem mostrado resultados promissores, pois pode reduzir a inflamação pulpar e melhorar sua cicatrização. O laser também pode melhorar a formação de matriz fibrosa e barreira de tecido duro (AlGhamdi & al., 2011).

Com base na natureza e no comprimento de onda da TLBN, espera-se que afete apenas o tecido pulpar na sua capacidade biológica, sem evidências físicas de qualquer alteração no tecido superficial (Uloopi, 2016), enquanto o último é visto com a maioria das outras aplicações de laser. Enquanto a TLBN atua no nível celular fazendo uma mudança no comportamento biológico em favor da regeneração, diferentes tipos de lasers têm uma variedade de aplicações, incluindo tratamento de superfície, hemóstase e coagulação, a fim de permitir o efeito esperado (Gupta, 2015).

O laser pode ser considerado uma alternativa adjuvante para terapia pulpar vital em dentes decíduos, mas as pesquisas científicas devem ser padronizadas de forma a elaborar um protocolo que possa seguido pelos médicos dentistas (Ansari & al., 2018).

III – Conclusão

Tendo em vista a redução da elevada prevalência da cárie na população pediátrica, constatamos que a primeira linha de atuação na prevenção desta patologia é liderada pelos Médicos Dentistas.

O diagnóstico precoce desta patologia garante elevada probabilidade de prognóstico mais favorável, ou seja, quanto mais rápido é o diagnóstico menos invasiva será a intervenção a realizar.

Atualmente, as intervenções de dentisteria e de endodontia tendem a preservar ao máximo as estruturas dentárias com técnicas minimamente invasivas e a preservação da vitalidade pulpar, utilizando técnicas de tratamentos pulpares vitais mais conservadores como, por exemplo, pulpotomia de Cvek.

Com o aparecimento de novos materiais dentários, será necessário realizar novos estudos científicos padronizados. Sabendo que existem novas técnicas a serem desenvolvidas, como a pulpotomia com laser, a pesquisa científica tende a encontrar melhores técnicas e os melhores materiais que devem ser utilizados, através de uma padronização do tratamento, permitindo uma utilização mais segura para os pacientes e para os Médicos Dentistas.

Concluimos assim, que a técnica de terapia pulpar vital e sobretudo a pulpotomia poderiam ser melhoradas, permitindo ultrapassar alguns obstáculos. Cabe ao profissional tomar uma decisão baseada na combinação dos seus conhecimentos teóricos e práticos para escolher a terapia mais benéfica e adequada para o doente.

IV – Referências bibliográficas

Ahmadvand, M., & Haghgoo, R. (2016). Evaluation of pulpal response of deciduous teeth after direct pulp capping with bioactive glass and mineral trioxide aggregate. *Contemporary Clinical Dentistry*, 7(3), 332.

Algahtani, F. (2019). Vital Pulp Therapy Challenges and Promises in Permanent Teeth. *Modern Research in Dentistry*, 3(4).

AlGhamdi, K. M., Kumar, A., & Moussa, N. A. (2011). Low-level laser therapy: a useful technique for enhancing the proliferation of various cultured cells. *Lasers in Medical Science*, 27(1), 237–249. <https://doi.org/10.1007/s10103-011-0885-2>

Alqaderi, H., Lee, C.-T., Borzangy, S., & Pagonis, T. C. (2016). Coronal pulpotomy for cariously exposed permanent posterior teeth with closed apices : A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*, 44, 1-7.

American Association of Endodontists Special Committee on the Scope of Endodontics. AAE Position Statement: Scope of Endodontics: Regenerative Endodontics. 2013. Available at: “https://www.aae.org/specialty/wpcontent/uploads/sites/2/2017/06/scopeofendo_regend_o.pdf”. Accessed August 3, 2020.

American Association of Endodontists. (2013). *Guide to Clinical Endodontics* (4th ed.). American Association of Endodontists.

American Association of Endodontists. (2020). *Glossary of Endodontic Terms*. American Association of Endodontists.

American Association of Endodontists. *Regenerative Endodontics*. Endodontics Colleagues for Excellence, Spring 2013. Available at: “<https://f3f142zs0k2w1kg84k-5p9i1o-wpengine.netdna-ssl.com/specialty/wp-content/uploads/sites/2/2017/06/ecfespring2013.pdf>”. Accessed August 3, 2020.

Andreasen, J. O., Andreasen, F. M., & Andersson, L. (2008). New endodontic procedures using mineral trioxide aggregate (MTA) for teeth with traumatic injuries. In *Textbook and Color Atlas of Traumatic Injuries to the Teeth* (4th ed., pp. 658–668). Blackwell Munksgaard.

Ansari, G., Safi Aghdam, H., Taheri, P., & Ghazizadeh Ahsaie, M. (2018). Laser pulpotomy—an effective alternative to conventional techniques—a systematic review of literature and meta-analysis. *Lasers in Medical Science*, 33(8), 1621–1629. <https://doi.org/10.1007/s10103-018-2588-4>

Asgary S, Eghbal MJ, Parirokh M. Sealing ability of a novel endodontic cement as a root-end filling material. *J Biomed Mater Res A*. (2008);87:706–9.

Asgary, S., Eghbal, M. J., & Ghoddusi, J. (2013). Two-year results of vital pulp therapy in permanent molars with irreversible pulpitis: an ongoing multicenter randomized clinical trial. *Clinical Oral Investigations*, 18(2), 635–641. <https://doi.org/10.1007/s00784-013-1003-6>

Asgary, S., Eghbal, M. J., Fazlyab, M., Baghban, A. A., & Ghoddusi, J. (2014). Five-year results of vital pulp therapy in permanent molars with irreversible pulpitis: a non-inferiority multicenter randomized clinical trial. *Clinical Oral Investigations*, 19(2), 335–341. <https://doi.org/10.1007/s00784-014-1244-z>

Berman, L. H., Hargreaves, K. M., & Cohen, S. R. (2010). Chapter 16 Regenerative Endodontics. [E-book]. In *Cohen's Pathways of the Pulp* (10th ed., pp. 602–619). Mosby Elsevier.

Berman, L., & Hargreaves, K. (2020). Pulp therapy. In *Cohen's Pathways of the Pulp* (12th ed.). Elsevier.

Berrehal, Y. (2018). Traitement des lésions carieuses profondes sur dent temporaire: Coiffage pulpaire indirect ? HAL. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01946117>

Bimstein, E., & Rotstein, I. (2016). Cvek pulpotomy - revisited. *Dental Traumatology*, 32(6), 438–442. <https://doi.org/10.1111/edt.12297>

Bjørndal, L., & Reit, C. (2008). Endodontic malpractice claims in Denmark 1995–2004. *International Endodontic Journal*, 41(12), 1059–1065. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2008.01455.x>

Blanchard, S., & Boynton, J. (2010). Current pulp therapy options for primary teeth. *The Journal of the Michigan Dental Association*, 92(1), 40–41.

Camilleri, J. (2011). Characterization and hydration kinetics of tricalcium silicate cement for use as a dental biomaterial. *Dental Materials*, 27(8), 836–844.

Camilleri, J. (2015). Staining Potential of Neo MTA Plus, MTA Plus, and Biodentine Used for Pulpotomy Procedures. *Journal of Endodontics*, 41(7), 1139–1145.

Camilleri, J., Grech, L., Galea, K., Keir, D., Fenech, M., Formosa, L., Damidot, D., & Mallia, B. (2013). Porosity and root dentine to material interface assessment of calcium silicate-based root-end filling materials. *Clinical Oral Investigations*, 18(5), 1437–1446. <https://doi.org/10.1007/s00784-013-1124-y>

Camp JH, Fuks AB. Pediatric endodontics: endodontic treatment for the primary and young permanent dentition. In: Cohen S, Hargreaves KM, editors. *Pathways of the pulp*. 9th ed. St. Louis: Mosby Elsevier; (2006). p. 834–59.

Camp, J. H., & Fuks, A. B. (2011). Pediatric endodontics: Endodontic treatment for the primary and young permanent dentition. In *Pathways of the Pulp* (10th ed., pp. 808–857). Mosby Elsevier.

Caplan, D. J., Cai, J., Yin, G., & White, B. A. (2005). Root Canal Filled Versus Non-Root Canal Filled Teeth: A Retrospective Comparison of Survival Times. *Journal of Public Health Dentistry*, 65(2), 90–96. <https://doi.org/10.1111/j.1752-7325.2005.tb02792.x>

Cárie e dentisteria. (2010, December 30). Ordem dos Médicos Dentistas. <https://www.omb.pt/publico/carie-dentisteria/>

Chen, E., & Abbott, P. V. (2009). Dental Pulp Testing: A Review. *International Journal of Dentistry*, 2009, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2009/365785>

Chen, Y., Chen, X., Zhang, Y., Zhou, F., Deng, J., Zou, J., & Wang, Y. (2019). Materials for pulpotomy in immature permanent teeth : a systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health*, 19(1), 1-9.

Coll, J. A. (2008). Indirect Pulp Capping and Primary Teeth: Is the Primary Tooth Pulpotomy Out of Date? *Journal of Endodontics*, 34(7), S34–S39. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.02.033>

Coll, J. A., Vargas, K., Marghalani, A. A., Chen, C. Y., AlShamali, S., Dhar, V., & Crystal, Y. O. (2020). A Systematic Review and Meta-Analysis of Nonvital Pulp Therapy for Primary Teeth. *Pediatric Dentistry*, 42(4), 256–272.

Coll, J.A., Seale, N.S., Marghalani, A.A., Al Shamali, S., & Graham, L. (2017). Primary Tooth Vital Pulp Therapy: A Systematic Review and Meta-analysis. *American Academy of Pediatric Dentistry*, 39(1), 16–123.

Cvek, M., Cleaton-Jones, P. E., Austin, J. C., & Andreasen, J. O. (1982). Pulp reactions to exposure after experimental crown fractures or grinding in adult monkeys. *Journal of Endodontics*, 8(9), 391–397. [https://doi.org/10.1016/s0099-2399\(82\)80092-7](https://doi.org/10.1016/s0099-2399(82)80092-7)

Darvell, B. W., & Wu, R. C. T. (2011). “MTA”—An Hydraulic Silicate Cement : Review update and setting reaction. *Dental Materials*, 27(5), 407-422.

De la Dure-Molla, M., Naulin-Ifi, C., & Eid-Blanchot, C. (2012). Carie et ses complications chez l’enfant. *EMC Médecine Buccale*, 7(5), 1–11.

Delfosse, C., & Trentesaux, T. (2015). *La carie précoce du jeune enfant* (1st ed.). CDP Initiatives Santé.

Dummer, P., Hicks, R., & Huws, D. (1980). Clinical signs and symptoms in pulp disease. *International Endodontic Journal*, 13(1), 27–35. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1980.tb00834.x>

Dye, B. A., Thornton-Evans, G., Li, X., & Iafolla, T. J. (2015). Dental Caries and Sealant Prevalence in Children and Adolescents in the United States, 2011–2012. NCHS Data Brief, 191, 1–8. <https://www.cdc.gov/nchs/data/databriefs/db191.pdf>

Elemam, R. F., & Pretty, I. (2011). Comparison of the Success Rate of Endodontic Treatment and Implant Treatment. *ISRN Dentistry*, 2011, 1–8. <https://doi.org/10.5402/2011/640509>

Esmaeili, B., Alaghehmand, H., Kordafshari, T., Daryakenari, G., Ehsani, M., & Bijani, A. (2016). Coronal Discoloration Induced by Calcium-Enriched Mixture, Mineral Trioxide Aggregate and Calcium Hydroxide : A Spectrophotometric Analysis. *Iranian Endodontic Journal*, 11(1), 23-28.

Fernandes, A. P., Lourenço Neto, N., Teixeira Marques, N. C., Silveira Moretti, A. B., Sakai, V. T., Cruvinel Silva, T., Andrade Moreira Machado, M. A., & Marchini Oliveira, T. (2014). Clinical and radiographic outcomes of the use of Low-Level Laser Therapy in vital pulp of primary teeth. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 25(2), 144–150. <https://doi.org/10.1111/ipd.12115>

Fitzgerald, M., Chiego, D., & Heys, D. (1990). Autoradiographic analysis of odontoblast replacement following pulp exposure in primate teeth. *Archives of Oral Biology*, 35(9), 707–715. [https://doi.org/10.1016/0003-9969\(90\)90093-p](https://doi.org/10.1016/0003-9969(90)90093-p)

Fortier, J. P., & Demars-Frémault, C. (1987). *Abrégé de pédodontie*. Masson.

Frank, A. L. (1966). Therapy for the divergent pulpless tooth by continued apical formation. *The Journal of the American Dental Association*, 72(1), 87–93. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1966.0017>

Frencken, J. E., Sharma, P., Stenhouse, L., Green, D., Laverty, D., & Dietrich, T. (2017). Global epidemiology of dental caries and severe periodontitis - a comprehensive review. *Journal of Clinical Periodontology*, 44, S94-S105.

Fuks A, Nuni E. Pulp therapy for the young permanent dentition. In: Nowak AJ, Christensen JR, Mabry TR, Townsend JA, Wells MH. eds. *Pediatric Dentistry - Infancy through Adolescence*. 6th ed. St. Louis, Mo., Elsevier-Saunders Co.; 2019:482-96.

Fuks, A., & Nuni, E. (2019). Pulp therapy for the young permanent dentition. In *Pediatric Dentistry - Infancy through Adolescence* (6th ed., pp. 482–496). Elsevier-Saunders.

Fuks, A., & Peretz, B. (2016). *Pediatric Endodontics : Current Concepts in Pulp Therapy for Primary and Young Permanent Teeth* (1st ed. 2016 ed.). Berlin, Germany : Springer.

Galagali, G. (2013). A Natural Meliorate : Revolutionary Tissue Engineering in Endodontics. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 7(11), 2644-2646.

Geisler, T. M. (2012). Clinical Considerations for Regenerative Endodontic Procedures. *Dental Clinics of North America*, 56(3), 603–626. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2012.05.010>

Ghajari, M. F., Mirkarimi, M., Vatanpour, M., & Fard, M. J. K. (2008). Comparison of pulpotomy with formocresol and MTA in primary molars: a systematic review and meta-analysis. *Iranian Endodontic Journal*, 3(3), 45–49.

Guedes-Pinto, A. C. (2016). *Odontopediatria* (9th ed.). Díaz de Santos.

Gupta, G. (2015). Laser Pulpotomy—An Effective Alternative to Conventional Techniques: A 12 Months Clinicoradiographic Study. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 8(1), 18–21. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1277>

Hargreaves, K. M., Goodis, H. E., & Tay, F. R. (2012). Pain pathways and mechanisms of the pulpdentin complex. In *Seltzer and Bender's Dental Pulp* (2nd ed., pp. 159–184). Quintessence Publishing Co., Inc.

Hargreaves, K. M., Goodis, H. E., & Tay, F. R. (2012). Stem cells and regeneration of the pulpodentin complex. In *Seltzer and Bender's Dental Pulp* (2nd ed., pp. 91–108). Quintessence Publishing Co Inc.

Hashem, D. F., Foxton, R., Manoharan, A., Watson, T. F., & Banerjee, A. (2014). The physical characteristics of resin composite–calcium silicate interface as part of a layered/laminate adhesive restoration. *Dental Materials*, 30(3), 343–349. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2013.12.010>

Kanumuri, P. K., Eppa, H. R., Puppala, R., Kethineni, B., Banavath, S., & Kishore, G. V. S. (2018). Comparative evaluation of three different materials: mineral trioxide aggregate, triple antibiotic paste, and abscess remedy on apical development of vital young permanent teeth. *Contemporary Clinical Dentistry*, 9(2), 158.

Kassa, D., Day, P., High, A., & Duggal, M. (2009). Histological comparison of pulpal inflammation in primary teeth with occlusal or proximal caries. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 19(1), 26–33. <https://doi.org/10.1111/j.1365-263x.2008.00962.x>

Katge, F. A., & Patil, D. P. (2017). Comparative Analysis of 2 Calcium Silicate–based Cements (Biodentine and Mineral Trioxide Aggregate) as Direct Pulp-capping Agent in Young Permanent Molars: A Split Mouth Study. *Journal of Endodontics*, 43(4), 507–513. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.11.026>

Keswani, D., Pandey, R. K., Ansari, A., & Gupta, S. (2014). Comparative Evaluation of Platelet-rich Fibrin and Mineral Trioxide Aggregate as Pulpotomy Agents in Permanent Teeth with Incomplete Root Development : A Randomized Controlled Trial. *Journal of Endodontics*, 40(5), 599-605.

- Kimura, Y., Wilder-Smith, P., & Matsumoto, K. (2000). Lasers in endodontics: a review. *International Endodontic Journal*, 33(3), 173–185. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2000.00280.x>
- Koch, G., & Poulsen, S. (2009). *Pediatric Dentistry: A Clinical Approach* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.
- Kuhn, E. (2014). The role of glass ionomer cement on the remineralization of infected dentin: an in vivo study. In A. C. Chibinski, A. Reis, & D. S. Wambier (Eds.), *Pediatric Dentistry* (4th ed., Vol. 36, pp. E118–E124). American Academy of Pediatric Dentistry.
- Kunert, G. G., Kunert, I. R., da Costa Filho, L. C., & de Figueiredo, J. A. P. (2015). Permanent teeth pulpotomy survival analysis: retrospective follow-up. *Journal of Dentistry*, 43(9), 1125–1131. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.06.010>
- Lasfargues, J. J., Lambrechts, P., & Colon, P. (2009). *Odontologie conservatrice et restauratrice* (Vol. 1). Cahiers de prothèses éditions.
- Levin, L. G., Law, A. S., Holland, G., Abbott, P. V., & Roda, R. S. (2009). Identify and Define All Diagnostic Terms for Pulpal Health and Disease States. *Journal of Endodontics*, 35(12), 1645–1657. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.09.032>
- Lin, L. M., Ricucci, D., Saoud, T. M., Sigurdsson, A., & Kahler, B. (2019). Vital pulp therapy of mature permanent teeth with irreversible pulpitis from the perspective of pulp biology. *Australian Endodontic Journal*, 46(1), 154–166. <https://doi.org/10.1111/aej.12392>
- Lin, L., & Huang, G. (2015). Regeneration and Repair in Endodontics—A Special Issue of the *Dentistry Journal*. *Dentistry Journal*, 3(3), 77–78.
- Lin, L., & Rosenberg, P. A. (2011). Repair and regeneration in endodontics. *International Endodontic Journal*, 44(10), 889–906.
- Linu, S., Lekshmi, M., Varunkumar, V., & Sam Joseph, V. (2017). Treatment Outcome Following Direct Pulp Capping Using Bioceramic Materials in Mature Permanent Teeth with Carious Exposure: A Pilot Retrospective Study. *Journal of Endodontics*, 43(10), 1635–1639. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.06.017>
- Lo, E. C. M., Holmgren, C. J., Hu, D., & van Palenstein Helder, W. (2007). Six-year follow up of atraumatic restorative treatment restorations placed in Chinese school children. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*, 35(5), 387–392. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0528.2006.00342.x>
- Lopes-Fatturi, A., Souza, J. F. D., Menezes, J. V. N. B., Fraiz, F. C., & Assunção, L. R. D. S. (2020). A Survival Analysis of Different Pulp Therapies in Decayed Primary Teeth. *Pesquisa Brasileira Em Odontopediatria e Clínica Integrada*, 20, 1–11.

- Mass, E., & Zilberman, U. (1992). Clinical and radiographic evaluation of partial pulpotomy in carious exposure of permanent molars. *Pediatric Dentistry*, 15(4), 257.
- Matsuo, T., Nakanishi, T., Shimizu, H., & Ebisu, S. (1996). A clinical study of direct pulp capping applied to carious-exposed pulps. *Journal of Endodontics*, 22(10), 551–556. [https://doi.org/10.1016/s0099-2399\(96\)80017-3](https://doi.org/10.1016/s0099-2399(96)80017-3)
- Muller-Bolla, M. (2018). *Guide D'odontologie Pédiatrique: La Clinique Par La Preuve (Guide Clinique) (2nd ed.)*. CDP Initiatives Santé.
- Nancy, A. (2007). *Ten Cate's Oral Histology: Development, Structure, and Function (7th ed.)*. Mosby.
- Naulin-Ifi, C. (2011). *Odontologie pédiatrique clinique (1st ed.)*. CDP Initiatives Santé.
- Navit, S. (2016). Antimicrobial Efficacy of Contemporary Obturating Materials used in Primary Teeth- An In-vitro Study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*.
- Nelson, S. J., & Ash, M. M. (2010). *Wheeler's Dental Anatomy, Physiology, and Occlusion (5th ed.)*. Saunders Elsevier.
- Ng, Y. L., Mann, V., Rahbaran, S., Lewsey, J., & Gulabivala, K. (2007). Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature – Part 2. Influence of clinical factors. *International Endodontic Journal*, 41, 6–31. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01323.x>
- Nosrat A, Seifi A, Asgary S. Pulpotomy in caries-exposed immature permanent molars using calcium-enriched mixture cement or mineral trioxide aggregate: a randomized clinical trial. *Int J Paediatr Dent*. (2012);23:56–63.
- Nosrat, A., Peimani, A., & Asgary, S. (2013). A preliminary report on histological outcome of pulpotomy with endodontic biomaterials vs calcium hydroxide. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 38(4), 227. <https://doi.org/10.5395/rde.2013.38.4.227>
- Oliveira, T. M., Moretti, A. B. S., Sakai, V. T., Lourenço Neto, N., Santos, C. F., Machado, M. A. A. M., & Abdo, R. C. C. (2013). Clinical, radiographic and histologic analysis of the effects of pulp capping materials used in pulpotomies of human primary teeth. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 14(2), 65–71. <https://doi.org/10.1007/s40368-013-0015-x>
- Ou, K. L., Chang, C. C., Chang, W. J., Lin, C. T., Chang, K. J., & Huang, H. M. (2009). Effect of damping properties on fracture resistance of root filled premolar teeth: a dynamic finite element analysis. *International Endodontic Journal*, 42(8), 694–704. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2009.01570.x>
- Ozalp, N., Saroğlu, I., & Sönmez, H. (2005). Evaluation of various root canal filling materials in primary molar pulpectomies: an in vivo study. *American Journal of Dentistry*, 18(6), 347–350.

Parhizkar, A., Nojehdehian, H., & Asgary, S. (2018). Triple antibiotic paste: momentous roles and applications in endodontics: a review. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 43(3).

Patel, B. (2016). Apexogenesis, Apexification, Revascularization and Endodontic Regeneration. *Endodontic Treatment, Retreatment, and Surgery*, 205–223. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19476-9_9

Patel, U., & Hughes, J. (2013). Preserving pulp vitality. *Dental Health*, 52(2), 26–29. <http://www.bsdt.org.uk/res/DH%20Mar13-Preserving%20Pulp.pdf>

Piette, E., & Goldberg, M. (2001). *La dent normale et pathologique* (1st ed.). De Boeck.

Rechenberg, D., & Zehnder, M. (2020). Call for a review of diagnostic nomenclature and terminology used in Endodontics. *International Endodontic Journal*, 53(10), 1315–1317. <https://doi.org/10.1111/iej.13374>

Ribeiro, D. M., Henckel, M. D., Mello, F. W., Felipe, M. C. S., & Felipe, W. T. (2019). Radiographic analysis the obturation's quality in root canal treatment performed by a South Brazilian sample of undergraduate students. *RGO - Revista Gaúcha de Odontologia*, 67. <https://doi.org/10.1590/1981-863720190004020180038>

Ricucci, D., Loghin, S., & Siqueira, J. F. (2014). Correlation between Clinical and Histologic Pulp Diagnoses. *Journal of Endodontics*, 40(12), 1932–1939. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.08.010>

Ricucci, D., Siqueira, J. F., Li, Y., & Tay, F. R. (2019). Vital pulp therapy: histopathology and histobacteriology-based guidelines to treat teeth with deep caries and pulp exposure. *Journal of Dentistry*, 86, 41–52. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2019.05.022>

Sadaf, D. (2020). Success of Coronal Pulpotomy in Permanent Teeth with Irreversible Pulpitis: An Evidence-based Review. *Cureus*. Published. <https://doi.org/10.7759/cureus.6747>

Sadaf, D., Alsalhy, H., Alrothy, R., & Ahmad, M. (2017). Prevalence of apical periodontitis in root canal-treated teeth from an urban Saudi female population: Influence of root canal fillings and coronal restorations. *International Journal of Oral Health Sciences*, 7(2), 82. https://doi.org/10.4103/ijohs.ijohs_46_17

Shabahang, S. (2013). Treatment Options: Apexogenesis and Apexification. *Journal of Endodontics*, 39(3), S26–S29. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.11.046>

Sheehy, E. C., & Roberts, G. J. (1997). Use of calcium hydroxide for apical barrier formation and healing in non-vital immature permanent teeth: a review. *British Dental Journal*, 183(7), 241–246. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4809477>

Sheiham, A., & James, W. (2015). Diet and Dental Caries. *Journal of Dental Research*, 94(10), 1341–1347.

Shojaee, N. S., Adl, A., Jafarpur, D., & Sobhnamayan, F. (2018). Effect of Different Water-to-Powder Ratios on the Compressive Strength of Calcium-enriched Mixture Cement. *Iranian Endodontic Journal*, 13(3), 395-397.

Simon, S., Cooper, P., Berdal, A., Lumley, P., Tomson, P., & Smith, A. J. (2009). Understanding pulp biology for routine clinical practice. *ENDO*, 3(3), 171–184.

Smith, A. J. (2002). Pulpal Responses to Caries and Dental Repair. *Caries Research*, 36(4), 223–232.

Solomon, R. V., Faizuddin, U., Karunakar, P., Deepthi Sarvani, G., & Sree Soumya, S. (2015). Coronal Pulpotomy Technique Analysis as an Alternative to Pulpectomy for Preserving the Tooth Vitality, in the Context of Tissue Regeneration: A Correlated Clinical Study across 4 Adult Permanent Molars. *Case Reports in Dentistry*, 2015, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2015/916060>

Steinig, T. H., Regan, J. D., & Gutmann, J. L. (2003). The Use and Predictable Placement of Mineral Trioxide Aggregate® In One-Visit Apexification Cases. *Australian Endodontic Journal*, 29(1), 34–42. <https://doi.org/10.1111/j.1747-4477.2003.tb00496.x>

Subay, R. K., Ilhan, B., & Ulukapi, H. (2013). Mineral trioxide aggregate as a pulpotomy agent in immature teeth: Long-term case report. *European Journal of Dentistry*, 7(1), 133–138.

Taha, N. A., & Abdelkhalder, S. Z. (2018). Outcome of full pulpotomy using Biodentine in adult patients with symptoms indicative of irreversible pulpitis. *International Endodontic Journal*, 51(8), 819–828. <https://doi.org/10.1111/iej.12903>

Taha, N. A., & Khazali, M. A. (2017). Partial Pulpotomy in Mature Permanent Teeth with Clinical Signs Indicative of Irreversible Pulpitis: A Randomized Clinical Trial. *Journal of Endodontics*, 43(9), 1417–1421.

Tan, S. Y., Yu, V. S. H., Lim, K. C., Tan, B. C. K., Neo, C. L. J., Shen, L., & Messer, H. H. (2020). Long-term Pulpal and Restorative Outcomes of Pulpotomy in Mature Permanent Teeth. *Journal of Endodontics*, 46(3), 383–390. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.11.009>

Torabinejad, M., & Parirokh, M. (2010). Mineral Trioxide Aggregate: A Comprehensive Literature Review—Part II: Leakage and Biocompatibility Investigations. *Journal of Endodontics*, 36(2), 190–202. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.09.010>

Trowbridge, H. O. (1990). Immunological aspects of chronic inflammation and repair. *Journal of Endodontics*, 16(2), 54–61. [https://doi.org/10.1016/s0099-2399\(06\)81564-5](https://doi.org/10.1016/s0099-2399(06)81564-5)

Trowbridge, H. O., & Emling, R. C. (1997). *Inflammation: A Review of the Process* (5th ed.). Quintessence Pub Co.

Tsaftaridou, M. (2020, August 21). Regenerative endodontics. Teeth Matter. <https://teethmatter.org/2020/08/21/regenerative-endodontics/>

Uloopi, K. (2016). Clinical Evaluation of Low Level Diode Laser Application For Primary Teeth Pulpotomy. JOURNAL OF CLINICAL AND DIAGNOSTIC RESEARCH. Published. <https://doi.org/10.7860/jcdr/2016/13218.7140>

Vallés, M., Roig, M., Duran-Sindreu, F., Martínez, S., & Mercadé, M. (2015). Color Stability of Teeth Restored with Biodentine: A 6-month In Vitro Study. Journal of Endodontics, 41(7), 1157–1160. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.03.014>

Wolters, W. J., Duncan, H. F., Tomson, P. L., Karim, I. E., McKenna, G., Dorri, M., Stangvaltaite, L., & van der Sluis, L. W. M. (2017). Minimally invasive endodontics: a new diagnostic system for assessing pulpitis and subsequent treatment needs. International Endodontic Journal, 50(9), 825–829. <https://doi.org/10.1111/iej.12793>

Yazdani, S., Jadidfard, M. P., Tahani, B., Kazemian, A., Dianat, O., & Alim Marvasti, L. (2014). Health Technology Assessment of CEM Pulpotomy in Permanent Molars with Irreversible Pulpitis. Iranian Endodontic Journal, 9, 23–29. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24396372/>

Zanini, M., Meyer, E., & Simon, S. (2017). Pulp Inflammation Diagnosis from Clinical to Inflammatory Mediators: A Systematic Review. Journal of Endodontics, 43(7), 1033–1051. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.02.009>

Zhang, W., & Yelick, P. C. (2010). Vital Pulp Therapy—Current Progress of Dental Pulp Regeneration and Revascularization. International Journal of Dentistry, 2010, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2010/856087>