



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**FRACASSO NO TRATAMENTO ENDODÔNTICO:
SUB-OBTURAÇÕES**

Trabalho submetido por
Lucía Escribano Mateos
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

outubro de 2022



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**FRACASSO NO TRATAMENTO ENDODÔNTICO:
SUB-OBTURAÇÕES**

Trabalho submetido por
Lucía Escribano Mateos
para a obtenção do grau de **Mestre** em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutor Ignacio Barbero Navarro

outubro de 2022

AGRADECIMENTOS

Inicialmente gostaria de agradecer ao meu orientador, Prof. Doutor Ignacio Barbero Navarro, por ter aceitado orientar-me e sobretudo pela disponibilidade, apoio e motivação. O meu sincero obrigada.

Ao Instituto Universitário Egas Moniz, aos funcionários e professores que se cruzaram no meu caminho e contribuíram para minha aprendizagem neste curso académico.

Aos meus pais, por me terem proporcionado esta oportunidade única na vida, por todo o carinho, amor e apoio incondicional. Por todos os valores que me transmitiram, sem eles nada disto teria sido possível.

Aos meus irmãos, por terem confiado em mim e por me ajudarem a ser uma pessoa melhor.

A Ana, pela amizade e compreensão, por ter me ajudado sempre mesmo quando nem sequer sabia como começar.

À minha parceira de box e amiga Marta, obrigada por todos os momentos partilhados que vão ficar sempre no meu coração, pelo apoio e por acreditares sempre em mim. Este curso foi feito graças a ti também.

À minha amiga Berta, por ser a minha pessoa de referência, por estar sempre presente, nos bons e maus momentos, perto ou longe, onde quer que estivesse.

Aos meus amigos, os de sempre e os que conheci nos últimos anos, por estar ao meu lado e por não me deixarem desistir.

A todos, o meu mais sincero obrigado.

RESUMO

Os avanços na medicina dentária respeitam os princípios de tratamento minimamente invasivo da estrutura dentária. Os tratamentos restauradores, tais como o tratamento de canal radicular, continuam a ter uma grande importância vital na conservação da estrutura dentária. A previsibilidade deste tratamento depende de fatores biológicos e mecânicos que devem ser conhecidos com precisão pelo médico dentista.

As falhas atribuídas ao fracasso no tratamento endodôntico podem ser devido ao desbridamento mecânico incorreto, persistência de bactérias nos canais e a uma obturação inadequada levando à sobre-obturação ou sub-obturação.

Desta forma, os materiais obturadores biocompatíveis com capacidade de selar o canal radicular são muito importantes para o sucesso endodôntico. O cimento endodôntico é essencial para o sucesso da obturação com capacidade de se aderir à dentina e fechar a área periapical do sistema de canais radiculares.

O conhecimento das causas e consequências de uma obturação insuficiente ajuda a aumentar a taxa de sucesso do tratamento do canal radicular.

Com o presente trabalho, pretende-se realizar uma revisão bibliográfica sobre as causas da sub-obturação no tratamento endodôntico, estabelecer soluções para acidentes causados por erros iatrogênicos e realizar uma análise e comparação dos materiais seladores e das técnicas de obturação.

Para a sua realização foi feita a pesquisa bibliográfica nas bases de dados PubMed, Cochrane, Scielo e Google Scholar incluindo artigos filtrados sem descrição de idioma e com datas de publicação dos últimos 10 anos a exceção de alguns artigos.

Palavras-chaves: sub-obturação, tratamento do canal radicular, técnica de obturação, cimento endodôntico.

ABSTRACT

Advances in dental medicine respect the principles of minimally invasive treatment of the tooth structure. Restorative treatments, such as root canal treatment, continue to be of vital importance in preserving tooth structure. The predictability of root canal treatment is dependent on biological and mechanical factors that must be precisely known by the dentist.

Failures attributed to failure in endodontic treatment may be due to incorrect mechanical debridement, persistence of bacteria in the canals, and inadequate obturation leading to overfilling or underfilling.

Thus, biocompatible filling materials with the ability to seal the root canal are very important for endodontic success. The endodontic cement is essential for the success of the filling with the ability to adhere to the dentin and close the periapical area of the root canal system.

Knowledge of the causes and consequences of insufficient obturation helps to increase the success rate of root canal treatment.

This paper aims to conduct a literature review on the causes of under-obturation in endodontic treatment, to establish solutions for accidents caused by iatrogenic errors, and to conduct an analysis and comparison of sealing materials and filling techniques.

A literature search was conducted in the PubMed, Cochrane, Scielo and Google Scholar databases, including filtered articles with no language description and with publication dates in the last 10 years, except for some articles.

Keywords: underfilling, root canal treatment, filling technique, endodontic cement.

INDICE

INDICE DE FIGURAS.....	7
INDICE DE TABELAS.....	9
INDICE DE SIGLAS E ABREVIATURAS	11
I. INTRODUÇÃO	13
1.1 História da endodontia	14
II. DESENVOLVIMENTO.....	17
1. ANATOMIA E PREPARAÇÃO COMPLEXA DO CANAL RADICULAR	17
2. FACTORES INFECCIOSOS	17
3. SISTEMA DE IRRIGAÇÃO	19
3.1 Irrigantes comumente usados em endodontia.....	20
3.2 Problemas associados aos irrigantes.....	20
4. MATERIAIS SELADORES	20
4.1 Biocerâmicos.....	23
4.1.1 Mineral trioxide aggregate (MTA).....	23
4.1.2 Biodentine™.....	24
4.1.3 Generex A™.....	24
4.1.4 Bioaggregate®.....	25
4.2 Classificação dos cimentos endodônticos associados a gutta-percha	25
4.2.1 Cimentos seladores à base de Agregado Trióxido Mineral.....	25
4.2.2 Cimentos seladores à base de biocerâmicos.....	25
4.2.2.1 Selador Endosequence BC® (Brasseler USA).....	26
4.2.3 Cimentos à base de Óxido de zinco-eugenol.....	26
4.2.4 Cimentos seladores à base de resina	27
4.2.5 Cimentos seladores à base de hidróxido de cálcio.....	28
4.2.6 Cimentos seladores à base de ionômero de vidro.....	28
4.2.7 Cimentos seladores à base de silicones	29
4 TEMPO DE PRESA E SOLUBILIDADE	31
5 TÉCNICA INSTRUMENTAL.....	31
6 OBTURAÇÃO DOS CANAIS RADICULARES.....	32
7.1 Técnicas de obturação.....	33
7.1.1 Técnica de condensação lateral ao frio.....	34
7.1.2 Técnica de condensação vertical quente.....	34
7.1.3 Técnica de onda contínua	36
7.1.4 Técnica Carrier Based.....	37
7.1.5 Técnica de obturação de cone único.....	37
7 ERROS IATROGÊNICOS	38
8.1 Sub-obturação do canal radicular	39
8.2 Sub-extensão	41
III. CONCLUSÃO.....	43
IV. BIBLIOGRAFIA	45

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Passos da técnica de condensação lateral ao frio (Torabinejad et al., 2021).

Figura 2: Técnica de condensação vertical da guta-percha (DocPlayer, 2018).

Figura 3: Taxa de sucesso é reduzida com a sub-obturação (Tabassum & Khan, 2016).

Figura 4: Sub-obturação (Haji-Hassani et al., 2015).

INDICE DE TABELAS

Tabela 1- Diferenças associadas ao MTA e Biodentine (Adaptado de Solanki et al., 2018; Kaur et al., 2017).

Tabela 2: Resumo da classificação dos cimentos endodônticos.

Tabela 3: Vantagens e desvantagens da guta-percha (Adaptado de Flores-Flores & Pastenes-Orellana, 2018).

Tabela 4: Tratamentos associados às diferentes fases na parestesia (Adaptado de Alves et al., 2014).

INDICE DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AINES: Anti-inflamatórios não esteróides

CaCl₂: Cloreto de cálcio

Ca₃SiO₅: Silicato tricálcico

CBO: Obturação baseada em portador

CL: Condensação lateral

CHX: Clorexidina

CS-BG: *Nishika Canal Sealer BG*

CRCS: *Calciobiotic Root Canal Sealer*

CT: Comprimento de trabalho

DGEBA: Resina diglicidil éter de bisfenol A

EDTA: Ácido etilenodiaminotetracético

FGS: Escala de Grimace Facial

GP: Guta-percha

µm: Micras

MPa: Mega Pascal

MTA: *Mineral Trioxide Aggregate*

NaOCl: Hipoclorito de sódio

NiTi: Níquel-titânio

%: Percentagem

pH: Potencial Hidrogeniônico

RCT: *Nonsurgical root canal treatment*

SAF: *Self-Adjusting File*

TCFC: Tomografia computadorizada de feixe cônico

VAS: Escala Visual Analógica

WV: *Warm vertical condensation*

ZOE: Óxido de zinco-eugenol

I. INTRODUÇÃO

Segundo Salgado (2015) o termo obturação em endodontia consiste no preenchimento por materiais inertes ou antissépticos do espaço que era ocupado pela polpa (Resende et al., 2019).

Existem diversos fatores que determinam o sucesso do tratamento endodôntico como o conhecimento profundo do canal radicular e suas variações e o insucesso pode ser devido principalmente à persistência de bactérias pelo deficiente preparo fisicomecânico e o preenchimento inadequado do sistema de canais, na maioria das vezes por falta de atenção do médico dentista aos detalhes (Fernandes et al., 2014; Prada et al., 2019).

A falha no tratamento endodôntico é um problema comum na medicina dentária, que é considerado bem-sucedido quando não há sintomas (por exemplo, dor), e para isso é preciso uma boa avaliação clínica e radiográfica.

O sucesso do tratamento endodôntico depende de vários factores que incluem a doença periodontal, fraturas radiculares, instrumentos quebrados, sub-obturações e sobre-obturações dos canais, entre outros (Iqbal, 2016; Tabassum & Khan, 2016; Manfredi et al., 2016).

Segundo Torabinejad et al. (2021) os materiais necessários podem variar conforme a técnica de obturação escolhida e entre estes, os mais utilizados atualmente são:

Os cones de guta-percha (GP), disponíveis em vários tamanhos e podem ser adaptados para todos os casos.

Os cones de papel, utilizados para secar o interior do canal radicular antes da obturação e para assim não afetar à propriedade de fixação dos selantes.

Os selantes, são cimentos que se aplicam no interior do espaço do canal radicular para aderir o material de obturação à parede do canal radicular.

Os espalhadores, utilizados para condensar lateralmente a GP e encontram se disponíveis em diferentes formas e tamanhos.

A fonte de calor, apresenta como objetivo o aquecimento da guta-percha para que assim, flua sobre pressão e, por sua vez, conseguir remover os excessos da mesma.

Por último, podem ser utilizados os dispensadores de guta-percha termoplastificada que pré-aquecem a GP alterando as suas propriedades físicas, passando de uma fase beta para uma fase alfa tornando-a assim mais macia e fácil de colocar.

A guta-percha foi introduzida no 1867 como material de preenchimento do canal radicular e até o dia de hoje tem sido o mais utilizado em todo o mundo (Pandey et al., 2020).

A GP é um material que apresenta na sua composição poliisopreno e também é considerado o Gold standard devido à sua biocompatibilidade, compactabilidade e recuperabilidade. Embora a GP seja o material mais aceitável para o preenchimento dos canais radiculares, não têm potencial para formar uma ligação adesiva com a dentina ou com o cimento (Pandey et al., 2020).

Para colmatar tal dificuldade, foi proposto um sistema de obturação à base de resina, o Resilon, aparecendo como alternativa à guta-percha. Foi o primeiro sistema de enchimento a possuir a capacidade de constituir um monobloco entre as paredes do canal e o material de obturação. Resilon consiste num polímero de polycaprolactona que tem na sua composição vidro bioativo e materiais de obturação radiopacos (Hegde & Arora, 2015).

As técnicas de preparação inadequadas e as obturações radiculares de baixa qualidade são factores que influenciam a cicatrização do tecido periapical, tal como os erros iatrogénicos endodônticos, que podem comprometer o resultado final devendo por isso, ser reduzidos ao mínimo (Alamoudi et al., 2020).

1.1 História da endodontia

A endodontia tem como objetivo estudar a estrutura, a morfologia, a fisiologia e a patologia da polpa dentária e dos tecidos perirradiculares. No âmbito da endodontia incluem-se alguns tratamentos como: o diagnóstico diferencial e o tratamento de dor de origem pulpar e periapical, os tratamentos para manter a vitalidade da polpa, os tratamentos dos canais radiculares quando não é possível conservar a sua vitalidade ou quando existe necrose da polpa, entre outros (Sahli & Aguadé, 2019).

Na década de 1940, a endodontia evoluiu numa base cada vez mais científica, com a ajuda de avanços tecnológicos, e no final dos anos 50 foi introduzida uma normalização dos instrumentos endodônticos para racionalizar o tratamento dos canais radiculares (Sahli & Aguadé, 2019).

No final da década de 1960, foi proposta a técnica de obturação de canais utilizando guta-percha plastificada por calor. A necessidade de poder obturar corretamente os canais radiculares incentivou muitos endodontistas a estabelecer sequências e normas para a sua preparação.

Desde as últimas décadas do século XX, a endodontia tem adquirido um desenvolvimento científico cada vez mais acelerado e uma aplicação clínica significativa (Sahli & Aguadé, 2019).

Atualmente, a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) permite o diagnóstico de lesões e estruturas anatómicas anteriormente não detectadas, tais como fraturas radiculares, as lesões periapicais, canais radiculares e reabsorções radiculares (Sahli & Aguadé, 2019).

II. DESENVOLVIMENTO

1. ANATOMIA E PREPARAÇÃO COMPLEXA DO CANAL RADICULAR

Complexidades anatômicas podem caracterizar barreiras físicas que impedem a desinfecção adequada dos canais radiculares sendo uma das principais razões pelas quais não é possível garantir um tratamento endodôntico adequado para os dentes sem um conhecimento profundo dos detalhes internos da anatomia radicular (Oliveira et al., 2014).

Completar a preparação do canal radicular considera-se uma das etapas mais importantes do tratamento do canal radicular. Apesar do rigoroso controlo do comprimento de trabalho dos instrumentos endodônticos durante a preparação do canal radicular, os fragmentos do tecido pulpar, tecido necrótico, microrganismos e o irrigante podem ser estruídos do forame apical para a região perirradicular provocando inflamação (Ghivari et al., 2011).

O principal determinante para se conseguir êxito no tratamento endodôntico é a eliminação das bactérias e prevenir a sua invasão, de forma atingir uma taxa de sucesso até 94% (Ghivari et al., 2011).

Por seu lado, os erros na técnica podem-se apresentar de várias formas, incluindo:

Comprimento (obturação excessiva ou insuficiente).

Erros de limpeza e modelagem (fraturas, perfurações)

Qualidade da obturação (vazios, falta de homogeneidade, conicidade contínua, falta de uniformidade)

O aparecimento destes erros podem levar a graves consequências (Yousuf et al., 2015).

2. FACTORES INFECCIOSOS

Uma das principais causas de falha endodôntica é a infeção microbiológica persistente. O tratamento endodôntico será afetado se os microrganismos persistirem nos canais no momento da obturação do canal radicular. Bactérias nos canais radiculares como istmos, túbulos dentinários e ramificações podem fugir de desinfetantes e por isso serão inacessíveis aos procedimentos de desinfecção (Tabassum & Khan, 2016; Holland et al., 2017).

Devido à morfologia complexa e não completamente acessível, a infiltração apical é comum em tratamentos endodônticos e, portanto, levanta preocupações sobre a qualidade do

preenchimento fornecidos pelos materiais de preenchimento atualmente disponíveis (Togoe et al., 2021).

A preparação bioquímica do canal radicular é importante para uma correta cicatrização apical e limpeza do sistema de canais radiculares (Tabassum & Khan, 2016; Holland et al., 2017).

A extrusão de detritos além do ápice radicular durante a instrumentação e a subsequente persistência da dor são complicações comuns (Ahmad et al., 2020).

O objetivo da instrumentação engloba o desbridamento e a desinfecção do canal radicular. É difícil atingir esses objetivos já que os detritos, tecido pulpar necrótico, bactérias e os seus produtos podem ser estruídos para a região perirradicular podendo levar a inflamação periapical e um pior pós-operatório (Ghivari et al., 2012).

Alguns pacientes experimentam surtos de doença endodôntica, isto é, numa dor ou inchaço nos tecidos moles faciais e na mucosa oral que pode ocorrer a poucas horas ou a poucos dias após o tratamento do canal radicular.

Se no decorrer do tratamento endodôntico os tecidos perirradiculares forem danificados durante as manipulações no canal radicular, inicia-se uma resposta inflamatória chamada "flare-up" provocando dor e inchaço (Sipavičiūtė & Manelienė, 2014).

A dor pós-operatória é classificada de leve a intensa e pode ser medida através da escala Visual Analógica (VAS) conjuntamente com a Escala de Grimace Facial (FGS). A dor de moderada a intensa pode afetar gravemente o bem-estar do paciente e pode exigir consultas de urgência com prescrição de medicamentos ou retratamento endodôntico (Ahmad et al., 2020; Sipavičiūtė & Manelienė, 2014).

As bactérias estruídas no canal radicular são sobretudo gram-positivas, gram-negativas e anaeróbias obrigatórias entre as quais destacam as bactérias *Enterococcus fecalis*, *Propionibacterium alactolyticus*, *Propionibacterium propionicum* (Ghivari et al., 2012).

A intensidade da resposta inflamatória dependerá do número e virulência das bactérias. Quando as bactérias virulentas e os detritos são arrastados para o tecido periapical a inflamação pode acentuar-se (Ghivari et al., 2012).

Não obstante, apesar das várias técnicas e melhorias em relação aos instrumentos para a preparação e irrigação dos canais radiculares, a extrusão de detritos e irrigantes continua a ser um problema (Ahmad et al., 2020).

Através de um estudo, onde se comparou os instrumentos endodônticos manuais e os mecânicos, verificou-se que os instrumentos manuais apresentam uma capacidade de

extrusão de 2,58 mg e nos instrumentos mecânicos NiTi é inferior a 0,5 mg (Sipavičiūtė & Manelienė, 2014).

É importante ao realizar esta preparação químico-mecânica alcançar o ponto final do canal radicular, também chamado como ápice fisiológico da raiz, que é a junção de cimento e dentina (Sipavičiūtė & Manelienė, 2014).

Por outro lado, avalia-se com frequência o selamento dos canais radiculares através de técnicas de obturação para determinar que técnica é melhor enquanto ao seu procedimento incluindo o tempo, dificuldade e acessibilidade, além de diminuir a microfiltração apical (Abbott, 2021).

Atualmente, não existe um procedimento que seja universal para avaliar a filtração apical, mas os mais utilizados pela fácil aplicabilidade que apresentam são os corantes azul de metileno e tinta chinesa (Abbott, 2021).

3. SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

Foi demonstrado que para que um tratamento endodôntico seja bem-sucedido é necessário a remoção de substratos e microrganismos da polpa e as suas toxinas dos canais radiculares. As espécies que provocam infecções primárias em endodontia são anaeróbias obrigatórias, em concreto, *Enterococcus faecalis*, que consegue suportar medicação intracanal (Dioguardi et al., 2018).

As soluções de irrigação atuam como lubrificante e agente de limpeza durante o tratamento biomecânico ao remover detritos e microrganismos e eliminam a dentina contaminada garantindo a permeabilidade do canal em todo o seu comprimento. Assim os irrigantes entram em contacto direto com as paredes do canal, sobretudo na porção apical.

Existem soluções irrigadoras que têm mostrado graus de citotoxicidade ao ser utilizadas com forte pressão como por exemplo o hipoclorito de sódio. Atualmente não existe nenhum irrigante ideal, com capacidade de dissolver todo o material da polpa (Mozo et al., 2012).

Segundo Dioguardi et al. (2018) as características ideais dos irrigantes incluem:

- Lubrificação de limpeza de instrumentos endodônticos e canais radiculares
- Dissolução de substâncias orgânicas e inorgânicas
- Ação antimicrobiana
- Ausência de citotoxicidade
- Ineficácia na alteração da microestrutura dentária.

3.1 Irrigantes comumente usados em endodontia

O Hipoclorito de Sódio (NaOCl) é considerado o irrigante mais importante no tratamento do canal radicular e é de extrema importância para dissolver os restos do tecido necrótico e o componente orgânico da dentina. Além disso consegue remover os restos pulpares e a predentina das superfícies não instrumentadas (Abuhaimed & Abou Neel, 2017).

Alguns estudos endodônticos concluíram que existem diferentes concentrações de NaOCl que variam entre 0,5% e 5,25% sendo a mais frequente a concentração de 2,5% (Ruksakiet et al., 2020).

Por outro lado, existe outro irrigante, o EDTA, que utilizado simultaneamente com o NaOCl deve ser evitado uma vez que se demonstrou que o NaOCl não dissolve o EDTA, devendo ser apenas usado na última camada, quando já não é preciso colocar mais hipoclorito porque pode provocar erosão dentinária (Haapasalo et al., 2014).

Como alternativa ao NaOCl, a Clorexidina (CHX) pode ser utilizada no tratamento endodôntico incluindo na desinfecção e alargamento dos canais radiculares por sua capacidade antimicrobiana e baixa toxicidade em comparação com NaOCl (Gomes et al., 2013).

3.2 Problemas associados aos irrigantes

Muitos estudos mostraram que a utilização de alguns materiais durante o tratamento endodôntico pode causar descoloração na parte coronal se forem deixados na coroa do dente durante ou após o tratamento. Incluem-se materiais como medicamentos, cimentos e irrigantes, entre outros. A atividade antimicrobiana, a dissolução dos tecidos pulpares, lubrificação durante a instrumentação, a disponibilidade e baixo custo são fatores fundamentais associados aos irrigantes (Ahmed & Abbott, 2012).

4. MATERIAIS SELADORES

O cimento endodôntico ideal deve oferecer um selamento microscópico completo, para que os micróbios não passem pelos canais radiculares; possui atividade antimicrobiana que atuam contra uma diversidade de micróbios periodontais comuns e consegue alcançar esses objetivos sem provocar uma resposta inflamatória ou citotoxicidade nos tecidos (Komabayashi et al., 2020).

Diversos fatores contribuem para o êxito da endodontia, entre os quais destacam a seleção de casos e a técnica de instrumentação, onde o material de obturação desempenha um papel importante (Komabayashi et al., 2020).

Segundo Komabayashi et al. (2020) as propriedades ideais dos materiais seladores são:

- Selamento hermético
- Adesivo à dentina e às paredes do canal quando endurecido
- Radiopacidade
- Não absorvível
- Estabilidade dimensional
- Fácil manipulação
- Regeneração do tecido sem causar inflamação

Num estudo epidemiológico mostrou-se que 45% dos dentes que não tinham os canais bem selados tinham lesão apical comparativamente aos que se apresentavam completamente obturados. (Al-Ghamdi & Wennberg, 1994).

A combinação de materiais com maior sucesso na obturação dos canais radiculares foi a junção de materiais seladores combinados com um material sólido, como a gutapercha, criados em várias formas para alcançar a remineralização tecidual como resina epóxi, óxido de zinco-eugenol, hidróxido de cálcio, biocerâmicos e cimentos à base de ionómero de vidro (Al-Ghamdi & Wennberg, 1994; Özdemir & Kopac, 2022).

A maior parte dos cimentos tem propriedades tóxicas ou apresentam níveis de citotoxicidade, levando a que a cicatrização de feridas e a inflamação demore mais tempo a desaparecer.

Preferencialmente, os cimentos devem ter propriedades biológicas e físico-químicas aceitáveis, juntamente com biocompatibilidade (Özdemir & Kopac, 2022).

Muitos parâmetros caracterizam a biocompatibilidade dos cimentos endodônticos como genotoxicidade, mutagenicidade, carcinogenicidade, histocompatibilidade e efeitos imunológicos (Ashraf et al., 2018).

Apesar de ter sido encontradas evidências opostas, foi encontrada biocompatibilidade baixa nos cimentos de óxido de zinco eugenol (ZOE) e maior impacto citotóxico no ligamento periodontal ao evocar respostas inflamatórias. Como o eugenol é citotóxico, existem cimentos de óxido de zinco não eugenol que se encontram disponíveis como *Canals-N[®]* e *Nogenol[™]* (Özdemir & Kopac, 2022; Komabayashi et al., 2020).

Foi encontrada uma citotoxicidade menor quando comparado com cimentos de resina epóxi (*AH 26*[®], *AH Plus*[®]); os selantes epóxi como o *AH 26*[®] libertam formaldeído mesmo dois dias após serem misturados, no entanto o *AH Plus*[®] tem sido modificado para que o formaldeído não seja libertado. Altos níveis de inflamação foram detetados em tecidos periapicais e subcutâneos após o uso destes cimentos (Özdemir & Kopac, 2022; Komabayashi et al., 2020).

Os selantes à base de silicato tricálcico, *BioRoot RC*[™] e *EndoSequence BC*[®] sealer não exibiram efeitos citotóxicos nas células mesenquimais da medula óssea quando comparados ao *AH Plus*[®] e apresentaram efeitos benéficos e deletérios em termos de biocompatibilidade (Özdemir & Kopac, 2022; Komabayashi et al., 2020).

A biocompatibilidade moderada foi obtida nos cimentos à base de ionómero de vidro, metacrilato e salicilato (Özdemir & Kopac, 2022; Komabayashi et al., 2020).

Os cimentos de ionómero de vidro demonstraram um baixo nível de citotoxicidade durante longos períodos de tempo no qual o *GC Fuji II*[®] apresentou menor citotoxicidade quando recém-misturado em comparação com a resina (*Chem-fil II*[™]). No mesmo estudo verificaram que os cimentos de ionómero de vidro totalmente endurecido era mais citotóxico do que o *Chem-fil II*[™] após tomar presa, devido à sua libertação de fluor (Özdemir & Kopac, 2022; Komabayashi et al., 2020).

Foi apresentada melhor biocompatibilidade na resina de metacrilato de metiltributilborano em comparação com os outros cimentos à base de resina com citotoxicidade apenas no início do processo de fixação, mas os cimentos à base de resina de metacrilato (*Real Seal*[™] e *EndoREZ*[™]) demonstraram ser mais citotóxicos quando comparados com um cimento à base de resina epóxi (*AH Plus*[®]) (Özdemir & Kopac, 2022; Komabayashi et al., 2020).

À medida que os cimentos endodônticos são colocados no canal durante o procedimento de obturação, existe a possibilidade de que alguma parte do material de obturação permaneça manchada na cavidade de acesso coronal, apesar da limpeza ou preparação cuidadosa da cavidade. Portanto, é importante também prever quanta descoloração ocorreria se o cimento do canal radicular fosse deixado na cavidade de acesso. Além disso, a cor do próprio selante de canais pode produzir descoloração dentária que pode ser vista no terço cervical da coroa, onde o esmalte é mais fino (Lee et al., 2016).

O principal material biocerâmico introduzido na endodontia com alta biocompatibilidade foi o agregado mineral de trióxido (MTA).

Num estudo subcutâneo de ratos, descobriu-se que os materiais de MTA tinham inflamação moderada aos 7 dias e inflamação leve aos 30 dias, sugerindo que o MTA induz a biomineralização (Özdemir & Kopac, 2022; Komabayashi et al., 2020).

4.1 Biocerâmicos

Os biomateriais são definidos como materiais sintéticos ou naturais capazes de substituir partes de um sistema vivo ou funcionar enquanto estão em contato com tecidos vivos. Para alcançar essa aceitabilidade, os biomateriais devem ser não tóxicos. Não cancerígenos, quimicamente inertes, estáveis e mecanicamente fortes (Washio et al., 2019).

Os biocerâmicos são compostos cerâmicos biocompatíveis obtidos por vários processos químicos. Apresentam propriedades de biocompatibilidade devido à sua similitude com a hidroxiapatita biológica. Isto faz com que, durante o processo de hidratação se formem compostos como as hidroxiapatitas com a capacidade de induzir uma resposta regenerativa no corpo humano. Esta hidroxiapatita tem um efeito osteocondutor levando à formação óssea.

As biocerâmicas tem propriedades antibacterianas e ao produzir pós serosos contendo nanocristais de 1-3 nm de diâmetro, impedem a adesão bacteriana (Jitaru et al., 2016).

Para certos casos específicos, nomeadamente reabsorções radiculares, perfurações apexificação e preenchimentos retrógrados, foram desenvolvidos alguns materiais biocompatíveis para obter um melhor resultado clínico (Jitaru et al., 2016).

4.1.1 Mineral trioxide aggregate (MTA)

O agregado de trióxido mineral foi o primeiro material biocerâmico utilizado com sucesso na endodontia contendo óxido de bismuto, uma substância insolúvel que confere radiopacidade. O cimento MTA é um cimento de silicato de cálcio, composto por silicato tricálcico, silicato dicálcico e aluminato tricálcico sendo a reação de ajuste por hidratação obtendo silicato de cálcio hidratado e hidróxido de cálcio que vai ser libertado ao longo do tempo. O papel antibacteriano do cimento MTA é devido à libertação de hidróxido de cálcio apresentando um pH alcalino (Tabela 1) (Jitaru et al., 2016).

Algumas das desvantagens do MTA são seu longo tempo de ajuste, capacidade de descoloração, manipulação que complica a sua aplicação e às vezes necessita várias visitas para a finalização do tratamento (Zafar et al., 2020).

4.1.2 Biodentine™

Este material está composto por silicato tricálcico (Ca_3SiO_5), carbonato de cálcio, óxido de zircônio e cloreto de cálcio. Costuma ser utilizado nos casos de reabsorções, perfurações radiculares, apexificação e obturações retrogradadas, entre outros. (Jitaru et al., 2016).

É caracterizado por a sua biocompatibilidade embora os estudos até agora sejam limitados, mas os dados disponíveis são a favor do material em termos de falta de citotoxicidade, fácil manuseio e curto tempo de presa (Malkondu et al., 2014).

O tempo de presa deste material é de 13 minutos devidos à incorporação de cloreto de cálcio (CaCl_2) na componente líquida e ausência de silicato dicálcico reduzindo assim o conteúdo líquido com uma reação de hidratação lenta (Tabela 1). Outra diferença que podemos destacar é a adição de carbonato cálcico acelerando a reação de ajuste (Zafar et al., 2020).

O *Biodentine*™ apresenta uma melhor capacidade de selamento comparativamente ao MTA e uma maior resistência à compressão (Zafar et al., 2020).

Tabela 1- Diferenças associadas ao MTA e *Biodentine*™ (Adaptado de Solanki et al., 2018; Kaur et al., 2017)

	MTA	<i>Biodentine</i>™
Resistencia à compressão	40MPa-67,3MPa após 21 dias	170 MPa-304MPa
Resistência à flexão	14,27 MPa após 24h	34MPa após 2h
pH	10,2-12,5 após 3h	12
Tempo de presa	2h45min	13 min

4.1.3 Generex A™

Generex A™ (*Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, EUA*) é um material à base de silicato de cálcio que tem algumas semelhanças ao MTA, mas é misturado com géis específicos e não com água. Este cimento contém silicato de cálcio, géis específicos e hidroxiapatita (Jitaru et al., 2016).

Algumas das vantagens se caracterizam por ter resistência à lavagem, resistência à compressão e boa radiopacidade, utilizado para reparar lesões de furca e recheios retrógrados (Jitaru et al., 2016).

4.1.4 *Bioaggregate®*

O *Bioaggregate®* (*Innovative BioCeramix Inc, Canadá*) também é um cimento de silicato de cálcio que contém hidrato de silicato de cálcio, hidróxido de cálcio, hidroxiapatita, sílica e óxido de tântalo (Jitaru et al., 2016).

É uma adaptação personalizada do MTA disponível para o tratamento endodôntico com qualidades semelhantes ao MTA em termos de selamento marginal, a diferença é que o *Bioaggregate®* contém óxido de tântalo em vez de óxido de bismuto.

As desvantagens que apresenta este material são as propriedades mecânicas e o longo tempo de presa (Zafar et al., 2020).

4.2 Classificação dos cimentos endodônticos associados a gutta-percha

Para melhorar a capacidade de selagem na interface dentina-raíz, tem sido utilizado selantes de canais radiculares. Por vezes, pode ocorrer a extrusão deste material através da constrição apical e causar irritação e inflamação ao entrar em contacto com os tecidos periradiculares (Silva et al., 2015).

Existem vários tipos de materiais seladores associados a gutta-percha (Tabela 2):

4.2.1 Cimentos seladores à base de Agregado Trióxido Mineral

Vários cimentos foram desenvolvidos para serem usados como material de preenchimento de canal radicular, como o selador de canais radiculares baseado em MTA (*EndoSeal®*). O *EndoSeal®* é um selante endodôntico pré-misturado e injetável que utiliza humidade do ar para iniciar a reação de ajuste. O *EndoSeal®* tem propriedades físicas comparáveis ao MTA e biocompatibilidade superior comparativamente ao *AH plus®* (Lee et al., 2016).

Outra formulação de cimento à base de MTA é o *MTA Fillapex®*; apresenta na sua composição MTA, resina salicilata, resina natural, bismuto e sílica. Tem um efeito antibacteriano contra *E. faecalis* antes da configuração e biocompatibilidade adequada (Kuga et al., 2014).

Uma das desvantagens deste material é a dificuldade de manuseamento que apresenta devido a uma excessiva fluidez (Kuga et al., 2014).

4.2.2 Cimentos seladores à base de biocerâmicos

O *Totalfill®* é um selador biocerâmico de canal radicular à base de silicato de cálcio caracterizado pela sua atividade antibacteriana, pH alto e biocompatibilidade durante a configuração (Almohaimede, 2020).

Os resultados dos estudos são inconsistentes quanto à resistência das raízes à fratura e à influência dos cimentos à base de biocerâmica de canais radiculares sobre elas, mas mostraram que o selador *TotalFill*® não diferiu estatisticamente na melhoria da resistência à fratura dos dentes preparados e obturados comparativamente com outros cimentos (Almohaimede, 2020).

4.2.2.1 Selador Endosequence BC® (Brasseler USA)

O material de silicato de cálcio à base de agregado de trióxido mineral (MTA) também é caracterizado pela sua radiopacidade contendo óxido de zircônio e óxido de tântalo. Apresenta uma reação de ajuste por hidratação, formando hidroxiapatita após a sua configuração devido ao fosfato monocalcico e fornece um desempenho ideal como selador de canais radiculares (Jitaru et al., 2016; Washio et al., 2019).

Caracteriza-se por ter um tempo de ajuste de 2-4 horas, penetrando nos túbulos dentinários devido às suas nanopartículas e o líquido da dentina cria uma ligação mecânica com o material após a configuração (Zafar et al., 2020).

A capacidade de selar que apresenta este material é tao boa quanto o MTA quando usada como material de preenchimento da extremidade da raiz sendo de fácil manuseio e aplicação, podendo por isso pode ser considerado como uma alternativa ao MTA (Zafar et al., 2020).

4.2.3 Cimentos à base de Óxido de zinco-eugenol

Os selantes à base de óxido de zinco-eugenol tem sido amplamente utilizado pelos médicos dentistas pelas suas propriedades antimicrobianas, contudo apresentam um tempo de presa lento, uma baixa solubilidade e uma contração considerável após tomar presa (Kelmendi et al., 2022).

Os seladores ZOE permitem a adição de productos químicos, tais como paraformaldeído, bálsamo do Canadá, e outros, podendo todos eles aumentar a toxicidade desse selador.

A fórmula original de Grossman continha óxido de zinco, resina hidrogenada, subcarbonato de bismuto, sulfato de bário e borato de sódio, com eugenol como componente líquido, comercializado como *Procosol*® (StarDental, Lancaster, PA). Rickert's foi um dos primeiros seladores de óxido de zinco. O pó contém óxido de zinco, prata, resinas e iodeto de timol, comercializado como *Kerr Pulp Canal Sealer*™ (Kerr Endodontics, Orange, CA) (Torabinejad et al., 2021).

Apresenta como desvantagens as manchas que podem ser causadas pela prata utilizada para fornecer radiopacidade, e o seu tempo de presa rápido em zonas de alta humidade e calor (Torabinejad et al., 2021).

Posteriormente foram desenvolvidas novas alternativas, entre as quais pode destacar-se o *Pulp Canal Sealer Extended Working Time™* (Kerr Endodontics, Orange, CA), introduzido para prolongar o tempo de ajuste, com um tempo de presa de 6 horas.

Por outro lado, o *Tubli-Seal™* (Kerr Endodontics, Orange, CA) foi desenvolvido como alternativa não contendo prata (Torabinejad et al., 2021).

4.2.4 Cimentos seladores à base de resina

Os cimentos de resina ainda são utilizados em medicina dentária devido à alta radiopacidade, estabilidade dimensional, baixa solubilidade, boa ligação à dentina e manipulação fácil, entre outros (Ashraf et al., 2018).

Foram introduzidos na endodontia por Schroeder os cimentos à base de resina, incluindo o *AH 26®* (Dentsply, De Trey, Konstanz, Alemanha) e o seu sucessor *AH Plus®* (Dentsply Sirona, York, PA) (Ashraf et al., 2017).

Demonstraram ter uma permeação mais profunda nos túbulos dentinários e maior ligação à dentina do canal radicular do que os selantes à base de ionómero de vidro e à base de óxido de zinco-eugenol (Almohaimede, 2020).

O *AH 26®* está composto por metenamina para a polimerização e óxido de bismuto tendo um fluxo favorável e baixa solubilidade. Este cimento consegue aderir-se com eficácia às paredes dentinárias (Ashraf et al., 2017).

Algumas das desvantagens do cimento *AH 26®* são a libertação de formaldeído pela metenamina, coloração da estrutura dentária e por ter um tempo de trabalho prolongado (Torabinejad et al., 2021).

O cimento *AH plus®* é um selador à base de resina epóxi que tem sido considerado o gold standard dos selantes endodônticos devido às suas ótimas propriedades físico-químicas mesmo sem mostrar nenhum potencial bioativo (Almeida et al., 2020). Contém adamantina e são constituídos por uma combinação de aminas que permite a polimerização sem a formação de formaldeído. As melhorias adicionais em comparação com o *AH 26®* incluem uma menor espessura da película e uma menor solubilidade (Torabinejad et al., 2021).

4.2.5 Cimentos seladores à base de hidróxido de cálcio

Encontram-se no mercado diversos tipos de cimentos endodônticos, entre os que se destacam os cimentos à base de hidróxido de cálcio, como o *Sealapex*[®] e *Acroseal*[®] (Rezende et al., 2016).

O *Acroseal*[®] (*Acroseal Specialites-Septodont, Saint Maur-des-Fosses, França*), é um cimento endodôntico com 28% de hidróxido de cálcio, em conjunto com um excipiente radiopaco e resina epóxi. De acordo com estudos anteriores, verificou-se atividade antimicrobiana contra *Enterococcus faecalis*, baixa toxicidade e propriedades físico-químicas adequadas. Além disso, a formulação do selante foi modificada recentemente com uma redução da concentração de hidróxido de cálcio e um aumento do seu composto de DGEBA (Bueno et al., 2016).

Por outro lado, o *Sealapex*[®] (*Kerr Endodontics, Orange, CA*), é um selador polimérico não eugenol contendo hidróxido de cálcio. Caracterizado pela biocompatibilidade e a capacidade osteoindutora para provocar a deposição de tecido mineralizado e assim estimular a selagem apical depois do tratamento endodôntico (Bueno et al., 2016; Torabinejad et al., 2021).

O *CRCS*[®] (*Calciobiotic Root Canal Sealer, Coltene/Whaledent, Mahwah, NJ*), é um selador à base de óxido de zinco ao qual foi adicionado hidróxido de cálcio pelo seu efeito terapêutico. Este cimento apresenta um tempo de presa rápido, pelo que o fluido presente no terço apical pode causar uma adaptação incompleta do cimento às paredes dentinárias gerando vazios com uma maior taxa de filtração do fluido. Por esta razão, o *CRCS*[®] não é adequado para obturar canais radiculares com ápex aberto (Prati et al., 2014).

4.2.6 Cimentos seladores à base de ionómero de vidro

Hoje em dia, os seladores de ionómero de vidro podem conseguir aderir quimicamente às paredes do canal radicular e são muito biocompatíveis. Existem dois selantes de canais radiculares comercializados bem conhecidos que são o *Ketac-Endo*[®] e o *Nishika Canal Sealer*[™] *BG (CS-BG)* (Washio et al., 2019). Resultados de um estudo, mostraram que o *Ketac-Endo*[®] tem capacidade de selar quimicamente as paredes dentinárias, prevenindo a percolação das bactérias na interface cimento-dentina e que é resistente às fraturas dos canais preenchidos com *Ketac-Endo*[®] (Özata et al., 1999).

O produto *CS-BG*[™] foi desenvolvido a partir de biomateriais à base de BG e utilizado em terapias de regeneração da polpa dentária e óssea. É composto por duas pastas, a pasta A composta por ácidos gordos, subcarbonato de bismuto e dióxido de sílica, e a pasta B composta por óxido de magnésio, vidro de silicato de cálcio e dióxido de sílica. Esta

pasta bifásica é misturada de forma fácil e rápida e deve ser removida preferencialmente com uma espátula de plástico para evitar contaminação de elementos metálicos. Outra das suas características é que fica endurecida quando exposta ao calor ou à humidade (Washio et al., 2019).

4.2.7 Cimentos seladores à base de silicones

Os selantes endodônticos que possuem atividade antibacteriana são recomendáveis para inibir o crescimento das bactérias e assim impedir o desenvolvimento do biofilme (Wainstein et al., 2016).

O silicone é considerado um material biocompatível com utilidade na medicina dentaria. Neste grupo de cimentos, encontram-se atualmente: *Lee Endofill*[®] (*Lee Pharmaceuticals, El Monte, CA. USA*), *Gutta-Flow*[®] (*Coltène/WhaledentInc, Cuyahoga Falls, OH*), *GuttaFlow*[®] 2 (*Roeko- Coltène/Whaledent, Langenau, Alemanha*) e o cimento mais recente *GuttaFlow*[®] Bioseal (*Coltène/Whaledent AG, Altstatten, Suíça*) (Silva et al., 2015).

Para combater os efeitos citotóxicos dos seladores endodônticos tradicionais, foram apresentados selantes à base de silicone; material de obturação do canal radicular à base de polidimetilsiloxano (Silva et al., 2015).

O *Lee EndoFill*[®] é um cimento para a obturação de canais radiculares à base de silicone. Pode apresentar-se também como um material de obturação autónomo e com possibilidade de ser combinado com GP (Görduysus et al., 2014).

O *RoekoSeal Automix*[®] (*RSA, Roeko, Langenau, Alemanha*) é um selador constituído por polidimetilsiloxano, óleo de silicone, parafina, ácido hexacloroplatinico (catalisador) e dióxido de zircónio para a radiopacidade (Görduysus et al., 2014). Este material é menos citotóxico em comparação com os cimentos à base resina epóxi (Özok et al., 2008).

Em 2004, foi introduzido um material autopolimerizável, sem sofrer contração de polimerização, o *GutaFlow*[®] (*Coltene/Whaledent, Suíça*). Considera-se a primeira gutta-percha não aquecida e fluida que apresenta propriedades quer de selador quer de GP (Punjabi et al., 2017).

O *Guttaflow*[®] tem a mesma composição que o *RoekoSeal*[®], exceto pelas partículas adicionadas de GP (<30 µm) e nanosilver (Özok et al., 2008).

GuttaFlow[®] 2 foi produzido contendo constituintes semelhantes do *GuttaFlow*[®] original. Este material proporciona proteção contra a reinfeção do canal radicular e

apresenta como vantagens uma melhor selagem e uma boa adaptação pelo facto de ser mais fluido (Silva et al., 2015; Wainstein et al., 2016).

GuttaFlow[®] e *GuttaFlow*[®] 2 são selantes endodônticos que se diferenciam na forma das partículas de prata que contêm (Wainstein et al., 2016).

Posteriormente, foi introduzido o *GuttaFlow*[®] *Bioseal* (Coltène/Whaledent AG, Altstätten, Suíça), que contém substâncias ativas, como o cálcio e silicato, que permitem a regeneração dos tecidos. O tempo de presa deste material é mais curto do que o do *GuttaFlow*[®] 2, mas a pesar das propriedades físico-químicas deste material terem sido testadas, não foi efetuado nenhum teste de biocompatibilidade (Collado-González et al., 2017; Saygili et al., 2017).

Tabela 2: Resumo da classificação dos cimentos endodônticos

Elemento principal	Nome comercial
Agregado trióxido mineral	<i>MTA Fillapex</i> [®] <i>EndoSeal</i> [®]
Biocerâmicos	<i>TotalFill</i> [®] <i>Endosequence BC</i> [®]
Óxido zinco eugenol	Grossman: <i>Procosol</i> [®] Rickert's: <i>Kerr Pulp Canal Sealer</i> [™] <i>Pulp Canal Sealer Extended Working Time</i> [™] <i>Tubli-Seal</i> [™]
Resina	<i>AH 26</i> [®] <i>AH Plus</i> [®]
Hidróxido de cálcio	<i>Sealapex</i> [®] <i>Acroseal</i> [®] <i>CRCS</i> [®]
Ionómero de vidro	<i>Ketac-Endo</i> [®] <i>Nishika Canal Sealer BG</i>
Silicones	<i>Lee Endofill</i> [®] <i>RoekoSeal Automix</i> [®]

4 TEMPO DE PRESA E SOLUBILIDADE

O tempo de presa e a solubilidade são componentes críticos na capacidade de vedação dos selantes. O tempo de presa é clinicamente crucial para o tratamento endodôntico.

Quando o tempo de presa é lento, o cimento atravessa mais facilmente na morfologia do canal. Pelo contrário, os tempos de presa rápidos são aconselhados em casos sensíveis ao tempo (Komabayashi et al., 2020).

A solubilidade depende da química da matriz do selante e é avaliada pela redução da massa após a imersão em água destilada por 24 horas. Estudos sugerem que tanto o tempo de presa como a solubilidade estão relacionados à qualidade de vedação do material e que uma estabilidade dimensional adequada e a insolubilidade favorecem um menor grau de vazamento bacteriano e fluido (Komabayashi et al., 2020; Espir et al., 2016).

5 TÉCNICA INSTRUMENTAL

O objetivo de um tratamento endodôntico com êxito é a limpeza mecânica e química de todo o sistema de canais radiculares, acompanhada do preenchimento completo com um material inerte. Para atingir este objetivo, vários estudos indicam que o uso de lupas e microscópios aumentam a precisão do procedimento endodôntico e leva a uma melhor capacidade de diagnóstico devido a uma melhor visualização do campo de tratamento (Del Fabbro et al., 2015).

A preparação quimicomecânica consiste em limpar e moldar os canais radiculares. Esta etapa do tratamento endodôntico é muito importante porque removemos as bactérias e o tecido necrótico, que se não fossem completamente removidas podem levar ao crescimento bacteriano e conseqüentemente uma periodontite apical, denominada como uma infecção bacteriana do canal radicular. As bactérias que persistem podem influenciar o tratamento endodôntico porque atingem núcleos críticos que causam dano e migram para os tecidos perirradiculares através de forames apicais e laterais ou perfurações provocando inflamação (Siqueira Junior et al., 2018).

Na preparação mecânica a precisão da medição do comprimento de trabalho é determinada pelo tamanho do instrumento endodôntico, pelo canal radicular e pelo forame apical. Nesta fase diversos aspectos podem torná-la mais complicada, como as curvaturas e variações anatômicas internas dos canais radiculares. Isto pode ocorrer mesmo quando o tratamento segue todos os passos. Por vezes é difícil chegar a todas as áreas dos canais

radiculares pela complexidade da anatomia que dificultam a remoção do seu conteúdo com os instrumentos (Siqueira Junior et al., 2018).

A recapitulação é realizada com um instrumento flexível, as limas K (#6, #8, #10), chamadas limas exploratórias, que entram no canal por baixo do ápice da raiz fisiológica (Sipavičiūtė & Manelienė, 2014).

As principais vantagens deste método são evitar a obstrução do ápice por causa dos detritos e melhorar o acesso de irrigantes no terço apical do canal radicular. Além do meio mecânico, devemos utilizar o químico, como o hipoclorito de sódio (NaOCl) que se encarrega de eliminar as bactérias que não conseguimos atingir através da instrumentação e assim evitar a periodontite apical, com redução de uma infiltração bacteriana de 95 a 99% (Siqueira Junior et al., 2018).

Alguns estudos verificam que os movimentos de vaivém (push-pull) vão produzir mais detritos que os movimentos de rotação. Isto quer dizer que, os instrumentos acionados pelo motor produzem menos detritos que as técnicas manuais (Ghivari et al., 2011).

Foram criados novos instrumentos para lidar com canais de formas irregulares, nos quais destacamos o sistema *Self-Adjusting File™ (SAF)* (ReDentNOVA, Ra'anana, Israel), o sistema *TRUShape®* (Dentsply Sirona, Tulsa, OK, EUA) e o sistema *XP-endo® Shaper* (FKG, La Chaux-de-Fonds). O sistema que teve melhor resposta foi o SAF por deixar menos áreas intocadas e uma melhor limpeza e desinfecção nos canais ovais, ao apresentar uma semelhança aos instrumentos de NiTi rotativo convencionais em canais redondos, estreitos e não complicados (Siqueira Junior et al., 2018).

Ainda assim, conseguimos obter um tratamento endodôntico bem-sucedido através duma boa adaptação do material de enchimento em toda a extensão dos canais radiculares, nos quais as bactérias desaparecem (Siqueira Junior et al., 2018).

6 OBTURAÇÃO DOS CANAIS RADICULARES

O principal objetivo das obturações endodônticas é selar tridimensionalmente (3D) os canais principais e secundários para inibir a percolação de microrganismos e a reinfeção dos canais radiculares (Togoe et al., 2021).

Para atingir este objetivo, o material de obturação do canal radicular deve selar o canal radicular lateral e verticalmente sem sofrer contrações e sem irritar os tecidos periapicais (Yildirim et al., 2016).

O melhor selamento possível deve criar um ambiente biológico favorável que apoie o processo de cicatrização do tecido periapical. Ao longo do tempo, têm sido recomendadas

duas técnicas para o preenchimento de canais radiculares, a técnica de condensação lateral fria e compactação vertical quente de guta percha (Togoe et al., 2021).

A guta-percha é considerado um material de obturação semissólido e, o seu uso em combinação com um cimento é o método mais comumente utilizado no processo de obturação para selar a interface do núcleo e dentina (Ashraf et al., 2018; Ko et al., 2020).

Deve ser armazenada num ambiente húmido para assim conseguir uma boa compactação, mas por si só não é considerada viável para o preenchimento do canal radicular porque não tem fluxo adequado e não consegue aderir às paredes dos canais radiculares (Ashraf et al., 2018; Yildirim et al., 2016).

A avaliação radiográfica é um método comum para avaliar a qualidade do tratamento não cirúrgico do canal radicular (RCT), uma vez que a qualidade da obturação do canal radicular afeta o prognóstico do RCT (AlRahabi, 2017).

São vários os fatores que determinam a qualidade da técnica de obturação dos canais, tais como a distância entre a extremidade do material de obturação do canal radicular e o ápice radicular, a densidade, a presença de vazios e a conicidade. A aparência radiográfica de uma obturação adequada do canal radicular é caracterizada por um canal uniformemente cônico desde as extremidades coronais até às apicais, uma densa obturação dos canais sem vazios e a presença de materiais de preenchimento de 0,5 a 2 mm abaixo do ápice radiográfico (AlRahabi, 2017).

7.1 Técnicas de obturação

A guta-percha é o material de obturação mais utilizado e clinicamente aceite e está disponível em várias formas e diferentes tamanhos, quer cones de guta-percha quer guta-percha para sistema de injeção termoplastificada (Tabela 3) (Torabinejad et al., 2021).

Tabela 3: Vantagens e desvantagens da guta-percha (Adaptado de Flores-Flores & Pastenes-Orellana, 2018).

	Vantagens	Desvantagens
Guta-percha	Radiopacidade Biocompatibilidade Estabilidade dimensional Fácil remoção Menos alergénico	Precisa de cimento para se adaptar Difícil aplicação em canais curvos

Por longos períodos, muitas variações das técnicas de compactação lateral e compactação vertical quente têm sido amplamente utilizada para a obturação de canais radiculares (Ko et al., 2020).

Existem várias técnicas de obturação, entre as quais destacam-se:

7.1.1 Técnica de condensação lateral ao frio

A técnica de condensação lateral ao frio (CL) envolve a colocação de um único cone de guta-percha com um material selador no canal radicular e a adição de cones GP secundários que são compactados juntamente com o uso de um condensador (Figura 1). Assim, os cones GP permanecem juntos devido à aderência por fricção e à presença do material selador (Bhandi et al., 2021).

Apresenta como vantagens a utilidade numa grande variedade de casos, uma vez que não requer equipamento especializado e tem um historial de sucesso clínico (Torabinejad et al., 2021).

Manifesta como desvantagens a adaptação inadequada dos cones GP às paredes do canal, particularmente na presença de irregularidades, como a presença de istmo, uma morfologia em forma de C, reabsorções e canais acessórios, para além de ser mais demorada relativamente a outras técnicas de obturação (Torabinejad et al., 2021; Wong et al., 2017).

Embora seja um procedimento demorado, a condensação lateral é preferida devido ao seu baixo custo e colocação controlada de GP no canal radicular (Bhandi et al., 2021).

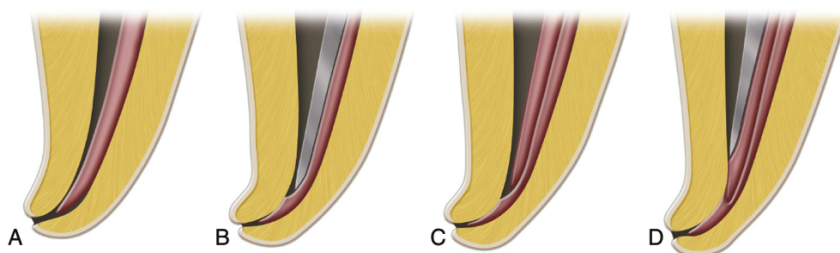


Figura 1: Passos da técnica de condensação lateral ao frio. Na imagem A, o cone principal está adaptado ao CT do canal radicular. Na imagem B é inserido um espalhador a 1 ou 2 mm do CT. Na imagem C, o espalhador é removido e inserido um cone acessório no espaço criado. Na imagem D, o mesmo processo é repetido (Torabinejad et al., 2021).

7.1.2 Técnica de condensação vertical quente

A condensação vertical quente (WV) ou técnica de Schilder requer atingir o terço apical a 5 ou 7 mm do CT para compactar eficazmente a GP apical e obter um selo apical adequado. Demonstrou-se que esta técnica conduz a resultados satisfatórios em termos de

homogeneidade e preenche uma alta percentagem da área do canal radicular com GP (Ho et al., 2016).

A principal vantagem da condensação vertical quente é que a GP aquecida pode ser adaptada às paredes do canal radicular, desejável em canais de forma irregular, tais como os casos de reabsorção interna (Torabinejad et al., 2021).

No entanto, o equipamento adicional que implica a técnica de condensação WV, é consideravelmente mais caro do que o necessário para a compactação CL e às vezes, pode ser difícil o controlo apical do material de preenchimento (Ho et al., 2016).

Devido às desvantagens destas técnicas, foram criadas algumas variações que evoluíram para diminuir o tempo de operação, contando com as vantagens da técnica de GP quente e obtendo um melhor controlo apical da GP (Lea et al., 2005).

Relativamente aos passos desta técnica, a primeira fase denomina-se *Dowmpack* e consiste no enchimento do terço apical do canal radicular (Figura 2). É colocado o cone principal coberto com cimento no canal radicular. A parte saliente do cone de GP é removida com um condensador, seccionando-o com calor e compactando-o verticalmente com um condensador mais grosso conseguindo uma distribuição apical tridimensional de GP e cimento de 4-5 mm incluindo os canais laterais.

Posteriormente, a guta-percha mais coronal é aquecida e é exercida pressão sobre a GP apicalmente com o condensador não aquecido. Este passo repete-se sucessivamente utilizando condensadores cada vez mais finos e assim selar pequenas ramificações e possíveis deltas apicais. Quando faltam 4 mm do CT, a primeira parte da obturação considera-se terminada.

A segunda fase recebe o nome de *Backfill* e corresponde à obturação do espaço restante, ou seja, dos terços medio e cervical e pode ser completada através de técnicas como a injeção de guta-percha termoplástica (*Obtura II*), a técnica híbrida de *Tagger* ou o sistema *Thermafill* (Giudice García & Torres Navarro, 2014; Flores-Flores & Pastenes-Orellana, 2018).

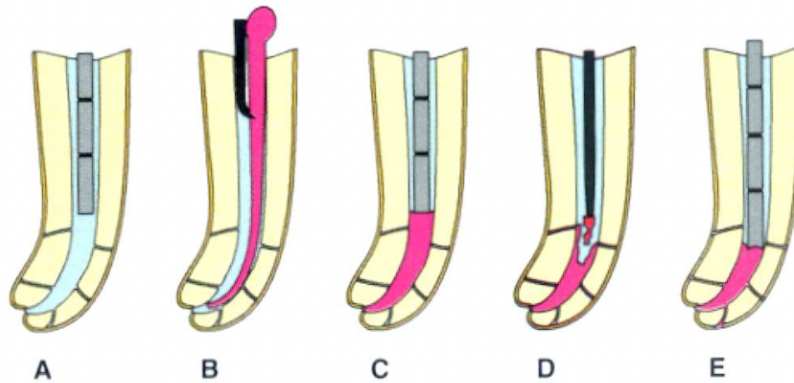


Figura 2: Técnica de condensação vertical da guta-percha (DocPlayer, 2018).

Enquanto ao Sistema Obtura II (Obtura Spartan, Fenton MO, EEUU), considera-se uma técnica de injeção de guta-percha termoplástica indicada também em dentes com reabsorção interna, canais largos e em forma de C. Neste sistema, a GP é aquecida a uma temperatura entre 160°C e 200°C e permite obter um bom selamento apical.

Uma das desvantagens desta técnica é a falta de controlo apical e, portanto, há risco de sobre-extensão da guta-percha. O Sistema Obtura II é utilizado em muitos casos como complemento de outras técnicas para a obturação dos terços medio e cervical.

Em relação à obturação dos canais em fase única com esta técnica, a guta-percha é injetada 3-5 mm da preparação apical e a agulha é retirada à medida que o canal é obturado. Uma vez o canal preenchido, aplica-se pressão apicalmente com um condensador até que a GP arrefeça para que assim, a contração da guta-percha seja menor (Emmanuel et al., 2013; Giudice García & Torres Navarro, 2014).

7.1.3 Técnica de onda contínua

A técnica de onda contínua de condensação é uma variação da técnica de condensação WV (Torabinejad et al., 2021).

Nos anos 90 foi introduzido o System B (Sybron Endo, Orange, CA, EUA) para a simplificação da técnica de condensação vertical. Esta técnica apresenta algumas diferenças relativamente à técnica clássica de condensação vertical (Flores-Flores & Pastenes-Orellana, 2018).

Ao trabalhar com o System B, é utilizado o mesmo instrumento que serve como transportador de calor e condensador da guta-percha. Além disso, apresenta várias pontas flexíveis com diferente conicidade de 4%, 6%, 8%, 10% e 12%, e a condensação vertical é efetuada numa única fase (Flores-Flores & Pastenes-Orellana, 2018).

Esta técnica funciona como um híbrido das técnicas de condensação CL e WV; é utilizado um cone apical principal bem ajustado de compactação lateral para reduzir a extrusão apical da guta-percha e acrescenta os benefícios da compactação WV para uma obturação completa do canal radicular.

A condensação de onda contínua é menos demorada e proporciona menos infiltração microbiana na parte coronal, adapta-se melhor às depressões das paredes do canal radicular e aos canais laterais em comparação com a técnica de compactação lateral (Lea et al., 2005).

Não se observaram melhorias na densidade da obturação do canal radicular utilizando a técnica de onda contínua de condensação sobre a obtida usando a técnica de compactação lateral ao frio (Lea et al., 2005).

7.1.4 Técnica Carrier Based

A técnica de obturação Carrier Based utiliza um sistema composto por um material portador do núcleo rodeado por um revestimento de guta-percha utilizado para encher os canais radiculares (Torabinejad et al., 2021).

As vantagens da obturação baseada em portador (CBO) estão relacionadas ao fluxo da guta-percha dentro do espaço do canal radicular, alcançado pela combinação do processo de aquecimento e pelo fato de que o transportador facilita a inserção do material de enchimento e também pressiona ligeiramente ao lado das paredes do canal. A simplicidade do CBO evita os riscos e problemas relacionados ao uso de pluggers, aquecedores e condensadores dentro de canais radiculares complexos (Gambarini, 2016).

Por outro lado, alguma das desvantagens das técnicas de CBO incluem o possível risco de sobre-obturação e sub-obturação se não conseguirmos atingir o comprimento de trabalho total. Além disso, o CBO pode ser influenciado por muitos fatores, como diferentes fornos com diferentes temperaturas, tipo/quantidade de guta-percha, dimensões e flexibilidade do transportador, etc. (Gambarini, 2016).

7.1.5 Técnica de obturação de cone único

A técnica de cone único é uma opção de obturação viável no tratamento não cirúrgico de canais radiculares (Zare et al., 2021).

O canal é obturado com um único cone de GP que é desenhado para se adaptar ao tamanho e conicidade da preparação do canal. Alguns profissionais recomendam a utilização de um cone principal de menor tamanho que o cone principal apical. Esta técnica apresenta como vantagens a eficácia temporal e o controlo do comprimento e como

desvantagens a não conformidade da guta-percha com um canal de forma irregular e vazios que podem estar presentes ao longo do canal (Torabinejad et al., 2021).

A técnica em conjunto com um selador de silicato tricálcico, como o selador *Endosequence NC®*, tem sido popularizada nos últimos anos embora há pouca investigação clínica publicada que avalie a sua utilização (Zare et al., 2021).

7 ERROS IATROGÊNICOS

Os erros ocorridos durante qualquer etapa do tratamento endodôntico, incluindo diagnóstico, preparação da cavidade de acesso, limpeza, modelagem e a obturação do canal radicular, podem comprometer o sucesso do tratamento (Hendi et al., 2017).

É importante ter conhecimento e habilidade para fazer estes procedimentos e assim evitar esses tipos de problemas ou saber resolvê-los quando ocorrem (Haji-Hassani et al., 2015).

Os erros iatrogênicos podem ser classificados de acordo com a fase do tratamento endodôntico. Durante a obturação do canal radicular podem ocorrer vários erros iatrogênicos, entre os quais a sobre-obturação, a sobre-extensão, a sub-obturação e a sub-extensão (Dervenis et al., 2015; Haji-Hassani et al., 2015).

Complicações indesejáveis como a hiperestesia, a anestesia, a disestesia e a parestesia podem surgir após extrusão dos materiais seladores endodônticos (Brodin et al., 1982).

A parestesia é definida como uma sensação de ardor, picada ou dormência parcial causada por uma lesão neural. Na medicina dentária, pode ser provocada por agentes sistêmicos ou locais. Os fatores locais compreendem lesões traumáticas como fraturas mandibulares, infecções locais e terapia endodôntica, entre outras (Tabela 4). Existem várias causas relacionadas com a parestesia na endodontia, entre as quais podem ser destacadas:

Infecções periapicais, provocadas por pressão mecânica e isquemia associada ao processo inflamatório.

Anestesia local: Soluções anestésicas contaminadas por álcool podem levar à irritação e posteriormente causar uma parestesia.

Limpeza e moldagem: Pode levar à parestesia a injeção inadequada de NaOCl para além do forame apical.

Enchimento do canal radicular: Os materiais de enchimento do canal radicular incluindo a guta-percha e materiais seladores podem produzir parestesia se estendidos para

alem do forame apical e entrarem em contacto com estruturas nervosas (Mohammadi, 2010).

Tabela 4: Tratamentos associados às diferentes fases na parestesia (Adaptado de Alves et al., 2014).

Fase	Tratamento
Imediata	Remoção da causa (se possível) Métodos farmacológicos (antibióticos, AINES, corticoides, etc.)
Reparadora (30 dias após o dano)	Métodos farmacológicos Métodos instrumentais
Tardia	Abordagem farmacológica limitada Intervenção cirúrgica

8.1 Sub-obturação do canal radicular

A limpeza e moldagem adequadas são as chaves para prevenir problemas de obturação, uma vez que estes acidentes resultam geralmente de uma preparação inadequada do canal. Geralmente, canais bem preparados são obturados sem erros, no entanto podem ocorrer problemas e a qualidade da obturação vai refletir à qualidade da preparação do canal (Torabinejad et al., 2021).

Um dos vários fatores que vão comprometer a taxa de sucesso do RCT é o subenchimento de uma obturação dos canais radiculares (Figura 3) (AlRahabi, 2017).

O subenchimento ou preenchimento incompleto dos canais radiculares (mais de 2 milímetros abaixo do ápice radiográfico) ocorre frequentemente como resultado de uma instrumentação incompleta ou da formação de saltos do canal radicular durante a instrumentação mecânica (Lin et al., 2018).

O termo sub-obturação refere-se quando o material de enchimento se encontra a mais de 2 mm por cima do ápex radiográfico, mas existe uma densidade uniforme radiograficamente e uma adaptação do material de enchimento às paredes do canal radicular (Dervenis et al., 2015).

A instrumentação incompleta é geralmente causada por medição incorreta do comprimento de trabalho ou irrigação inadequada, levando assim à acumulação de depósitos dentinários e ao bloqueio do canal e se não conseguirmos eliminar todas as bactérias presentes no canal radicular, estas podem iniciar ou perpetuar a inflamação periradicular após terapia endodôntica (Lin et al., 2018).

O CT é a distância que existe entre o ponto mais alto da parte coronal do dente e o ápice fisiológico da raiz. É o local onde a preparação químico-mecânica e o preenchimento do canal radicular tem de ser terminado. Estima-se que a união de cimento e dentina na área do ápice está localizada na distância de 0,5-3 mm do ápice anatômico visível da raiz e relativamente na distância de 1-2 mm do ápice radiológico da raiz (Sipavičiūtė & Manelienė, 2014).

Se o CT medido for demasiado longo, a constrição apical na área do ápice fisiológico da raiz é destruída, detritos infetados e material de enchimento do canal são estruídos para os tecidos periodontais, os tecidos periodontais são estimulados mecanicamente e a exsudação e o sangue entram no canal, pelo que os microrganismos deixados no canal radicular podem multiplicar-se e proliferar. Se o CT medido for demasiado curto, os restos de polpa e bactérias são deixados no terço apical do canal, que levaria a uma sub-obturação dos canais radiculares (Sipavičiūtė & Manelienė, 2014).

Estudos mostraram um pior prognóstico para dentes com subenchimentos (68% de sucesso) (Figura 4), especialmente aqueles com polpa necrótica e uma lesão periradicular (94% de sucesso) e sobreenchimentos (76% de sucesso) (Lin et al., 2018)

O subenchimento, só por si não tem um efeito direto no resultado da terapia endodôntica, pelo contrário, é o tecido necrótico infetado restante no canal inadequadamente instrumentado e incompletamente cheio que causa irritação contínua aos tecidos periradiculares (Lin et al., 2018).

Para resolver esta situação, é preferível fazer remoção da guta-percha e posteriormente o retratamento do canal radicular. Forçar a guta-percha apicalmente através da pressão não é considerada uma solução uma vez que pode fraturar a raiz (Torabinejad et al., 2021).

Se a condensação lateral for o método de obturação escolhido, o cone principal deve ser marcado para indicar o CT e se há alguma suspeita de deslocamento deve se avaliar através de um Rx antes de remover o excesso de GP. De referir que a remoção da guta-percha em canais obturados com condensação lateral é mais fácil do que a remoção com outras técnicas de obturação (Torabinejad et al., 2021).



Figura 3: Taxa de sucesso é reduzida com a sub-obturação (Tabassum & Khan, 2016).

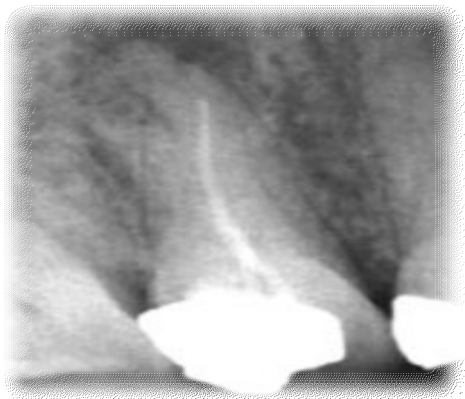


Figura 4: Sub-obturação (Haji-Hassani et al., 2015).

8.2 Sub-extensão

Este conceito de erro iatrogénico refere-se quando o material de enchimento se encontra a mais de 2 mm por cima do ápex radiográfico e também existe presença de vazios entre o material de obturação e as paredes do canal radicular (Dervenis et al., 2015).

A presença de vazios no enchimento dos canais radiculares considera-se importante porque segundo um estudo realizado, o sucesso e o pronóstico favorável do RCT depende da qualidade da obturação dos canais radiculares. Além disso, é complicada a deteção de vazios e a única forma de avaliar a densidade de enchimento e a presença desses vazios é através de uma radiografia final (Labbaf et al., 2015).

Por outro lado, a presença de vazios no terço apical e médio apresenta um pior pronóstico do que um vazio no terço coronal no processo de enchimento do canal radicular (Labbaf et al., 2015).

III. CONCLUSÃO

Evitar a microfiltração apical é um dos principais desafios na endodontia e alcança-se através de uma correta obturação do canal radicular com o objetivo de obter uma selagem hermética do canal, bem compactado e com boa adesão às paredes.

Por vezes ocorrem erros iatrogênicos, como a sub-obturação do canal radicular. A guta-percha encontra-se longe de alcançar o comprimento de trabalho determinado com a condutometria deixando resíduos orgânicos. A maioria dos canais radiculares falham devido à presença de microrganismos que estão retidos nos canais por instrumentação ou obturação deficiente e as toxinas que produzem podem causar dor.

A atenção aos detalhes melhora a qualidade endodôntica e também maximiza o sucesso. O acompanhamento regular ajuda a avaliar o resultado e deve ser feito pelo menos anualmente para monitorizar qualquer alteração. Contudo, o cuidado clínico durante a fase de tratamento pode beneficiar potencialmente o clínico e o paciente a longo prazo.

O tratamento endodôntico será prejudicado se estes microrganismos permanecerem nos canais no momento da obturação, sendo por isso necessário escolher um cimento biocompatível a fim de evitar a recolonização das bactérias através da microfiltração causada por selagem intra-canal ou coronária.

O cimento *AH plus*[®] tem sido considerado o gold standard dos selantes endodônticos pelas suas excelentes propriedades físico-químicas, apesar de não mostrar qualquer potencial bioativo.

Quanto às técnicas de obturação a serem utilizadas, dependerá do conhecimento, da habilidade e dos recursos disponíveis, tendo em conta as características anatómicas apresentadas com o objetivo de conseguir uma obturação o mais tridimensional possível.

A técnica de condensação lateral ao frio é considerada o Gold standard na endodontia, uma vez que é uma técnica clinicamente eficaz e tem a capacidade de controlar o comprimento a atingir em cada caso. Contudo, a sua capacidade de se adaptar às paredes internas do canal radicular tem sido questionada devido a vazios, fusão incompleta de cones de guta-percha e falta de adaptação da superfície. É relevante assinalar que o uso de System B cumpre melhor os requisitos para uma obturação de canais radiculares em casos complicados, pois confere homogeneidade ao longo do comprimento do canal radicular e um ótimo selamento apical. Pode ser utilizado em conjunto com a técnica de condensação

vertical, mas o custo elevado da maioria dos sistemas que utilizam guta-percha termoplastificada dificulta a sua utilização na prática endodôntica diária.

IV. BIBLIOGRAFIA

- Abbott, Mary Lou Endara. (2021). Estudio comparativo in vitro de la filtración apical con tres técnicas de obturación. *Odontoestomatología*, 23(38), 1-11. <https://doi.org/10.22592/ode2021n37e208>
- Abuhaimed, T. S., & Abou Neel, E. A. (2017). Sodium Hypochlorite Irrigation and Its Effect on Bond Strength to Dentin. *BioMed Research International*, 2017, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2017/1930360>
- Ahmad, M. Z., Sadaf, D., MacBain, M. M., & Mohamed, A. N. (2020). Apical extrusion of debris with different rotary and reciprocating single-file endodontic instrumentation systems: A systematic review and meta-analysis protocol. *BMJ Open*, 10(9), 1-6. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-038502>
- Ahmed, H. M. A., & Abbott, P. V. (2012). Discolouration potential of endodontic procedures and materials: A review: Discolouration in endodontics. *International Endodontic Journal*, 45(10), 883–897. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2012.02071.x>
- Al-Ghamdi, A., & Wennberg, A. (1994). Testing of sealing ability of endodontic filling materials. *Dental Traumatology*, 10(6), 249–255. <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.1994.tb00079.x>
- Alamoudi, R. A., Alharbi, A. H., Farie, G. A., & Fahim, O. (2020). The value of assessing case difficulty and its effect on endodontic iatrogenic errors: A retrospective cross-sectional study. *Libyan Journal of Medicine*, 15(1), 1-7. <https://doi.org/10.1080/19932820.2019.1688916>
- Almeida, M., Rodrigues, C., Matos, A., Carvalho, K., Silva, E., Duarte, M., Oliveira, R., & Bernardineli, N. (2020). Analysis of the physicochemical properties, cytotoxicity and volumetric changes of AH Plus, MTA Fillapex and TotalFill

- BC Sealer. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, e1058–e1065. <https://doi.org/10.4317/jced.57527>
- Almohaimede, A. (2020). Fracture resistance of roots obturated with bio-ceramic and epoxy resin-based sealers: In vitro study. *Turkish Endodontic Journal*, 5(2), 134-137. <https://doi.org/10.14744/eej.2019.33042>
- AlRahabi, M. K. (2017). Evaluation of complications of root canal treatment performed by undergraduate dental students. *Libyan Journal of Medicine*, 12(1), 1-6. <https://doi.org/10.1080/19932820.2017.1345582>
- Ashraf, H., Najafi, F., Heidari, S., Mohammadian, M., & Zadsirjan, S. (2017). Physical Properties and Chemical Characterization of Two Experimental Epoxy Resin Root Canal Sealers. *Iranian Endodontic Journal*, 12(2), 149–156. <https://doi.org/10.22037/iej.2017.30>
- Ashraf, H., Najafi, F., Heidari, S., Yadegary, Z., & Zadsirjan, S. (2018). Cytotoxicity of Two Experimental Epoxy Resin-Based Sealers. *Iranian Endodontic Journal*, 13(2), 257–262. <https://doi.org/10.22037/iej.v13i2.19530>
- Alves, F. R., Coutinho, M. S., & Gonçalves, L. S. (2014). Endodontic-related facial paresthesia: systematic review. *J Can Dent Assoc*, 80(80), 1-7.
- Bhandi, S., Mashyakh, M., Abumelha, A. S., Alkahtany, M. F., Jamal, M., Chohan, H., Raj, A. T., Testarelli, L., Reda, R., & Patil, S. (2021). Complete Obturation—Cold Lateral Condensation vs. Thermoplastic Techniques: A Systematic Review of Micro-CT Studies. *Materials*, 14(14), 1-15. <https://doi.org/10.3390/ma14144013>
- Brodin, P., Røed, A., Aars, H., & Orstavik, D. (1982). Neurotoxic effects of root filling materials on rat phrenic nerve in vitro. *Journal of dental research*, 61(8), 1020–1023. <https://doi.org/10.1177/00220345820610080501>
- Bueno, C. R. E., Valentim, D., Marques, V. A. S., Gomes-Filho, J. E., Cintra, L. T. A., Jacinto, R. C., & Dezan-Junior, E. (2016). Biocompatibility and biomineralization assessment of bioceramic-, epoxy-, and calcium hydroxide-

- based sealers. *Brazilian Oral Research*, 30(1), 1-9.
<https://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2016.vol30.0081>
- Collado-González, M., Tomás-Catalá, C. J., Oñate-Sánchez, R. E., Moraleda, J. M., & Rodríguez-Lozano, F. J. (2017). Cytotoxicity of GuttaFlow Bioseal, GuttaFlow2, MTA Fillapex, and AH Plus on Human Periodontal Ligament Stem Cells. *Journal of Endodontics*, 43(5), 816–822.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.01.001>
- Del Fabbro, M., Taschieri, S., Lodi, G., Banfi, G., & Weinstein, R. L. (2015). Magnification devices for endodontic therapy. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2016(1), 1-12.
<https://doi.org/10.1002/14651858.CD005969.pub3>
- Derveniz, K., Koutrouiis, A., Chatzopoulos, G., & Kapralos, V. (2015). Technical quality and associated iatrogenic errors of endodontic treatments performed in extracted anterior single-rooted teeth by preclinical undergraduate students. *Balkan Journal of Dental Medicine*, 19(2), 96–100.
<https://doi.org/10.1515/bjdm-2015-0042>
- Dioguardi, M., Gioia, G. D., Illuzzi, G., Laneve, E., Cocco, A., & Troiano, G. (2018). Endodontic irrigants: Different methods to improve efficacy and related problems. *European Journal of Dentistry*, 12(03), 459–466.
https://doi.org/10.4103/ejd.ejd_56_18
- Emmanuel, S., Shantaram, K., Sushil, K. C., & Manoj, L. (2013). An In-Vitro Evaluation and Comparison of Apical Sealing Ability of Three Different Obturation Technique - Lateral Condensation, Obtura II, and Thermafil. *Journal of International Oral Health: JIOH*, 5(2), 35–43.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3768066/>
- Espir, C. G., Guerreiro-Tanomaru, J. M., Spin-Neto, R., Chávez-Andrade, G. M., Berbert, F. L. C. V., & Tanomaru-Filho, M. (2016). Solubility and bacterial sealing ability of MTA and root-end filling materials. *Journal of Applied Oral Science*, 24(2), 121–125. <https://doi.org/10.1590/1678-775720150437>

- Fernandes, M., De Ataíde, I., & Wagle, R. (2014). C-shaped root canal configuration: A review of literature. *Journal of Conservative Dentistry*, 17(4), 312-319. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.136437>
- Flores-Flores, A. G., & Pastenes-Orellana, A. (2018). Técnicas y sistemas actuales de obturación en endodoncia. Revisión crítica de la literatura. *Revista Kiru*, 15(2), 85-93. <https://doi.org/10.24265/kiru.2018.v15n2.05>
- Gambarini, G., Piasecki, L., Schianchi, G., Di Nardo, D., Miccoli, G., Al Sudani, D., Di Giorgio, R., & Testarelli, L. (2016). In vitro evaluation of carrier based obturation technique: A CBCT study. *Annali Di Stomatologia*, VII(1-2), 11-15. <https://doi.org/10.11138/ads/2016.7.1.011>
- Ghivari, S., Chandak, M., Kubasad, G., & Akarte, N. (2011). Apical extrusion of debris and irrigant using hand and rotary systems: A comparative study. *Journal of Conservative Dentistry*, 14(2), 187-190. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.82622>
- Ghivari, S., Kubasad, G., & Deshpande, P. (2012). Comparative evaluation of apical extrusion of bacteria using hand and rotary systems: An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry*, 15(1), 32-35. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.92603>
- Giudice García, A., & Torres Navarro, J. (2014). Obturación en endodoncia - Nuevos sistemas de obturación: Revisión de literatura. *Revista Estomatológica Herediana*, 21(3), 166-174. <https://doi.org/10.20453/reh.v21i3.232>
- Gomes, B. P. F. A., Vianna, M. E., Zaia, A. A., Almeida, J. F. A., Souza-Filho, F. J., & Ferraz, C. C. R. (2013). Chlorhexidine in Endodontics. *Brazilian Dental Journal*, 24(2), 89-102. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201302188>
- Görduysus, M. Ö., Görduysus, M., & Küçükkaya, S. (2014). Apical Microleakage of a Silicone Based Root Canal Sealer: An Electrochemical Study. *Acta Stomatologica Croatica*, 47(1), 3-9. <https://doi.org/10.15644/asc47/1/1>

- Haapasalo, M., Shen, Y., Wang, Z., & Gao, Y. (2014). Irrigation in endodontics. *British Dental Journal*, 216(6), 299–303. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2014.204>
- Haji-Hassani, N., Bakhshi, M., & Shahabi, S. (2015). Frequency of Iatrogenic Errors through Root Canal Treatment Procedure in 1335 Charts of Dental Patients. *Journal of International Oral Health, JIOH*, 7(Suppl 1), 14–17. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4516079/?report=classic>
- Hegde, V., & Arora, S. (2015). Sealing ability of a novel hydrophilic vs. conventional hydrophobic obturation systems: A bacterial leakage study. *Journal of Conservative Dentistry*, 18(1), 62-65. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.148898>
- Hendi, S. S., Karkehabadi, H., & Eskandarloo, A. (2018). Iatrogenic Errors during Root Canal Instrumentation Performed by Dental Students. *Iranian Endodontic Journal*, 13(1), 126–131. <https://doi.org/10.22037/iej.v13i1.18507>
- Ho, E. S. S., Chang, J. W. W., & Cheung, G. S. P. (2016). Quality of root canal fillings using three gutta-percha obturation techniques. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 41(1), 22-28. <https://doi.org/10.5395/rde.2016.41.1.22>
- Holland, R., Gomes Filho, J. E., Cintra, L. T. A., Queiroz, Í. O. de A., & Estrela, C. (2017). Factors affecting the periapical healing process of endodontically treated teeth. *Journal of Applied Oral Science*, 25(5), 465–476. <https://doi.org/10.1590/1678-7757-2016-0464>
- Iqbal, A. (2016). The Factors Responsible for Endodontic Treatment Failure in the Permanent Dentitions of the Patients Reported to the College of Dentistry, the University of Aljouf, Kingdom of Saudi Arabia. *Journal of Clinical and Diagnostic Research: JCDR*, 10(5), ZC146–ZC148. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2016/14272.7884>
- Jitaru, S., Hodisan, I., Timis, L., Lucian, A., & Bud, M. (2016). The use of bioceramics in endodontics - literature review. *Clujul medical (1957)*, 89(4), 470–473. <https://doi.org/10.15386/cjmed-612>

- Kaur, M., Singh, H., Dhillon, J.S., Batra, M., & Saini, M. (2017). MTA versus Biodentine: Review of Literature with a Comparative Analysis. *Journal of Clinical and Diagnostic Research: JCDR*, 11(8), ZG01–ZG05. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2017/25840.10374>
- Kawashima, N., Hashimoto, K., Kuramoto, M., Bakhit, A., Wakabayashi, Y., & Okiji, T. (2020). A Novel Bioactive Endodontic Sealer Containing Surface-Reaction-Type Prereacted Glass-Ionomer Filler Induces Osteoblast Differentiation. *Materials*, 13(20), 1-10. <https://doi.org/10.3390/ma13204477>
- Kelmendi, T., Koçani, F., Kurti, A., Kamberi, B., & Kamberi, A. (2022). Comparison of Sealing Abilities Among Zinc Oxide Eugenol Root-Canal Filling Cement, Antibacterial Bioceramic Paste, and Epoxy Resin, using *Enterococcus faecalis* as a Microbial Tracer. *Medical Science Monitor Basic Research*, 28, e936319. <https://doi.org/10.12659/MSMBR.936319>
- Ko, S.-Y., Choi, H. W., Jeong, E.-D., Rosa, V., Hwang, Y.-C., Yu, M.-K., & Min, K.-S. (2020). Main and Accessory Canal Filling Quality of a Premixed Calcium Silicate Endodontic Sealer According to Different Obturation Techniques. *Materials*, 13(19), 1-10. <https://doi.org/10.3390/ma13194389>
- Komabayashi, T., Colmenar, D., Cvach, N., Bhat, A., Primus, C., & Imai, Y. (2020). Comprehensive review of current endodontic sealers. *Dental Materials Journal*, 39(5), 703–720. <https://doi.org/10.4012/dmj.2019-288>
- Kuga, M. C., Duarte, M. A. H., Sant’Anna-Júnior, A., Keine, K. C., Faria, G., Dantas, A. A. R., & Guiotti, F. A. (2014). Effects of calcium hydroxide addition on the physical and chemical properties of a calcium silicate-based sealer. *Journal of Applied Oral Science*, 22(3), 180–184. <https://doi.org/10.1590/1678-775720130032>
- Labbaf, H., Rezvani, G., Shahab, S., Asadian, H., & Monfared, F. M. (2015). Retrospective evaluation of endodontic procedural errors by under- and post-graduate dental students using two radiographic systems. *Journal of Islamic Dental Association of IRAN (JIDAI) Autumn*, 26(4), 249-258. <http://jida.ir/article-1-1719-en.html>

- Lea, C., Apicella, M., Mines, P., Yancich, P., & Parker, M. (2005). Comparison of the Obturation Density of Cold Lateral Compaction Versus Warm Vertical Compaction Using the Continuous Wave of Condensation Technique. *Journal of Endodontics*, 31(1), 37–39. <https://doi.org/10.1097/01.DON.0000129037.75547.80>
- Lee, D.-S., Lim, M.-J., Choi, Y., Rosa, V., Hong, C.-U., & Min, K.-S. (2016). Tooth discoloration induced by a novel mineral trioxide aggregate-based root canal sealer. *European Journal of Dentistry*, 10(03), 403–407. <https://doi.org/10.4103/1305-7456.184165>
- Lin, L. M., Rosenberg, P. A., & Lin, J. (2018). Do procedural errors cause endodontic treatment failure? *The Journal of the American Dental Association*, 136(2), 187–193. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2005.0140>
- Malkondu, Ö., Kazandağ, M. K., & Kazazoğlu, E. (2014). A Review on Biodentine, a Contemporary Dentine Replacement and Repair Material. *BioMed Research International*, 2014, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2014/160951>
- Manfredi, M., Figini, L., Gagliani, M., & Lodi, G. (2016). Single versus multiple visits for endodontic treatment of permanent teeth. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2016(12), 1-72. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD005296.pub3>
- Mohammadi, Z. (2010). Endodontics-Related Paresthesia of the Mental and Inferior Alveolar Nerves: An Updated Review. *J Can Dent Assoc*, 76(117), 1-5. <https://jcda.ca/article/a117>
- Mozo, S., Llena, C., & Forner, L. (2012). Review of ultrasonic irrigation in endodontics: Increasing action of irrigating solutions. *Medicina Oral Patología Oral y Cirugía Bucal*, e512–e516. <https://doi.org/10.4317/medoral.17621>
- Özdemir, O., & Kopac, T. (2022). Cytotoxicity and biocompatibility of root canal sealers: A review on recent studies. *Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials*, 20, 1-9. <https://doi.org/10.1177/22808000221076325>

- Oliveira, M. A. V. C. de, Venâncio, J. F., Pereira, A. G., Raposo, L. H. A., & Biffi, J. C. G. (2014). Critical Instrumentation Area: Influence of Root Canal Anatomy on the Endodontic Preparation. *Brazilian Dental Journal*, 25(3), 232–236. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201300013>
- Özok, A. R., van der Sluis, L. W. M., Wu, M.-K., & Wesselink, P. R. (2008). Sealing Ability of a New Polydimethylsiloxane-based Root Canal Filling Material. *Journal of Endodontics*, 34(2), 204–207. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2007.11.005>
- Özata, F., Önal, B., Erdilek, N., & Türkün, Ş. L. (1999). A comparative study of apical leakage of apexit, Ketac-Endo, and diaket root canal sealers. *Journal of Endodontics*, 25(9), 603–604. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(99\)80317-3](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(99)80317-3)
- Pandey, P., Aggarwal, H., Tikku, A. P., Singh, A., Bains, R., & Mishra, S. (2020). Comparative evaluation of sealing ability of gutta percha and resilon as root canal filling materials- a systematic review. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, 10(2), 220–226. <https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2019.12.004>
- Prada, I., Mico-Munoz, P., Giner-Lluesma, T., Mico-Martinez, P., Collado-Castellano, N., & Manzano-Saiz, A. (2019). Influence of microbiology on endodontic failure. Literature review. *Medicina Oral Patología Oral y Cirugía Bucal*, 24(3), e364–e372. <https://doi.org/10.4317/medoral.22907>
- Prati, C., Siboni, F., Polimeni, A., Bossu', M., & Gandolfi, M. G. (2014). Use of Calcium-containing Endodontic Sealers as Apical Barrier in Fluid-contaminated Wide-open Apices. *Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials*, 12(3), 263–270. <https://doi.org/10.5301/jabfm.5000162>
- Punjabi, M., Dewan, R., & Kochhar, R. (2017). Comparative evaluation of fracture resistance of root canals obturated with four different obturating systems.

- Journal of Conservative Dentistry*, 20(6), 445-450.
https://doi.org/10.4103/JCD.JCD_217_17
- Resende, A. S., Da Rui, C., Borges, M. C., & Resende, D. C. (2019). *Análise de diferentes técnicas de obturação quanto à qualidade do preenchimento do canal radicular* [Tese de mestrado, Faculdade Morgana Potrich].
<http://repositorio.fampfaculdade.com.br/items/show/164>
- Rezende, G. C., Massunari, L., Queiroz, I. O. de A., Gomes Filho, J. E., Jacinto, R. C., Lodi, C. S., & Dezan Junior, E. (2016). Antimicrobial action of calcium hydroxide-based endodontic sealers after setting, against *E. faecalis* biofilm. *Brazilian Oral Research*, 30(1), 1-6. <https://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2016.vol30.0038>
- Ruksakiet, K., Hanák, L., Farkas, N., Hegyi, P., Sadaeng, W., Czumbel, L. M., Sangngoen, T., Garami, A., Mikó, A., Varga, G., & Lohinai, Z. (2020). Antimicrobial Efficacy of Chlorhexidine and Sodium Hypochlorite in Root Canal Disinfection: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of Endodontics*, 46(8), 1032-1041.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.05.002>
- Sahli, C.C., & Aguadé, E. B. (Eds). (2019). *Endodoncia: Técnicas clínicas y bases científicas*. Elsevier.
- Saygili, G., Saygili, S., Tuglu, I., & Capar, I. D. (2017). In Vitro Cytotoxicity of GuttaFlow Bioseal, GuttaFlow 2, AH-Plus and MTA Fillapex. *Iranian Endodontic Journal*, 12(3), 354-359. <https://doi.org/10.22037/iej.v12i3.15415>
- Silva, E. J. N. L., Neves, A. A., De-Deus, G., Accorsi-Mendonça, T., Moraes, A. P., Valentim, R. M., & Moreira, E. J. (2015). Cytotoxicity and Gelatinolytic Activity of a New Silicon-Based Endodontic Sealer. *Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials*, 13(4), 376–380.
<https://doi.org/10.5301/jabfm.5000238>

- Sipavičiūtė, E., & Manelienė, R. (2014). Pain and flare-up after endodontic treatment procedures. *Stomatologija*, 16(1), 25–30. <https://sbdmj.lsmuni.lt/141/141-05.pdf>
- Siqueira Junior, J. F., Rôças, I. das N., Marceliano-Alves, M. F., Pérez, A. R., & Ricucci, D. (2018). Unprepared root canal surface areas: Causes, clinical implications, and therapeutic strategies. *Brazilian Oral Research*, 32, 2-19 <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0065>
- Solanki, N. P., Venkappa, K. K., & Shah, N. C. (2018). Biocompatibility and sealing ability of mineral trioxide aggregate and biodentine as root- end filling material: A systematic review. *Journal of Conservative Dentistry*, 21(1), 10-15. <https://www.jcd.org.in/text.asp?2018/21/1/10/225751>
- Tabassum, S., & Khan, F. R. (2016). Failure of endodontic treatment: The usual suspects. *European Journal of Dentistry*, 10(01), 144–147. <https://doi.org/10.4103/1305-7456.175682>
- Țogoe, M. M., Crăciunescu, E. L., Topală, F. I., Sinescu, C., Nica, L. M., Ioniță, C., Duma, V. F., Romînu, M., Podoleanu, A. G., & Negruțiu, M. L. (2021). Endodontic fillings evaluated using en face OCT, microCT and SEM. *Romanian Journal of Morphology and Embryology = Revue Roumaine de Morphologie et Embryologie*, 62(3), 793–800. <https://doi.org/10.47162/RJME.62.3.17>
- Torabinejad, M., Fouad, A. F., & Shabahang, S. (2021). *Endodontic principles and practice*. Elsevier.
- Wainstein, M., Morgental, R. D., Waltrick, S. B. G., Oliveira, S. D., Vier-Pelisser, F. V., Figueiredo, J. A. P., Steier, L., Tavares, C. O., & Scarparo, R. K. (2016). In vitro antibacterial activity of a silicone-based endodontic sealer and two conventional sealers. *Brazilian Oral Research*, 30(1), 1-5. <https://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2016.vol30.0018>
- Washio, A., Morotomi, T., Yoshii, S., & Kitamura. (2019). Bioactive Glass-Based Endodontic Sealer as a Promising Root Canal Filling Material without

- Semisolid Core Materials. *Materials*, 12(23), 1-17.
<https://doi.org/10.3390/ma12233967>
- Wong, A. W.-Y., Zhang, S., Li, S. K.-Y., Zhang, C., & Chu, C.-H. (2017). Clinical studies on core-carrier obturation: A systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health*, 17(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s12903-017-0459-1>
- Yildirim, A., Lübbers, H. T., & Yildirim, V. (2016). Obturation du canal radiculaire à la gutta-percha exigences, composition et propriétés [Endodontic filling with gutta-percha- requirements, formation and characteristics]. *Swiss Dental Journal*, 126(2), 150–151.
https://www.swissdentaljournal.org/fileadmin/upload_sso/2_Zahnaerzte/2_SDJ/SDJ_2016/SDJ_2_2016/SDJ_2016-02_materialien_F.pdf
- Yousuf, W., Khan, M., & Mehdi, H. (2015). Endodontic Procedural Errors: Frequency, Type of Error, and the Most Frequently Treated Tooth. *International Journal of Dentistry*, 2015, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2015/673914>
- Zafar, K., Jamal, S., & Ghafoor, R. (2020). Bio-active cements-Mineral Trioxide Aggregate based calcium silicate materials: A narrative review. *Journal of the Pakistan Medical Association*, 70(3), 497–504.
<https://doi.org/10.5455/JPMA.16942>
- Zare, S., Shen, I., Zhu, Q., Ahn, C., Primus, C., & Komabayashi, T. (2021). Micro-computed tomographic evaluation of single-cone obturation with three sealers. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 46(2), 1-12.
<https://doi.org/10.5395/rde.2021.46.e25>

