



CATÓLICA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

LISBOA · PORTO · VISEU

**INFLUÊNCIA DOS MÉTODOS DE AGITAÇÃO E ATIVAÇÃO DO
IRRIGANTE NA DESINFEÇÃO DOS CANAIS RADICULARES EM
DENTES COM ANATOMIA COMPLEXA : REVISÃO SISTEMÁTICA**

Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa
para obtenção do grau de mestre em Medicina Dentária

Por:

Hermes Antonio Cardona Monsalve

Viseu, 2019



CATÓLICA

INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

LISBOA · PORTO · VISEU

INFLUÊNCIA DOS MÉTODOS DE AGITAÇÃO E ATIVAÇÃO DO IRRIGANTE NA DESINFEÇÃO DOS CANAIS RADICULARES EM DENTES COM ANATOMIA COMPLEXA : REVISÃO SISTEMÁTICA

Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa
para obtenção do grau de mestre em Medicina Dentária

Por:

Hermes Antonio Cardona Monsalve

Orientador: Professor Doutor Gustavo V. O. Fernandes

Co-Orientadora: Professora Doutora Rita Noites

Viseu, 2019

EPÍGRAFE

“Ainda que chegues último em uma corrida, sempre estarás a frente de quem nunca se atreveu a correr”

Haytt Centric Montevideo

DEDICATÓRIA

Aos meus pais pela dedicação, amor e carinho e por estarem sempre presentes apesar da distância.

A minha esposa, por toda a compreensão, amor e apoio que sempre tem demonstrado, amo-te.

A meu amigo e professor Alejandro Pérez por ajuda e apoio, obrigado.

AGRADECIMENTOS

Professor Dr. Gustavo Fernandes e Professora Dra. Rita Noites,
Por toda a ajuda e apoio manifestado na realização deste trabalho e por toda a calma transmitida nas fases mais difíceis, obrigado.

À minha esposa Dayana Baptista,
quero agradecer teu apoio e ajuda de forma incondicional em todos os momentos.
Obrigado, meu amor, Amo-te.

Aos meus pais, irmã e tios,
Que mesmo distantes sempre me deram força e apoio de forma incondicional. Por serem um exemplo de humildade, força e determinação, obrigado.

Ao amigo Alejandro Pérez,
por ser meu braço direito e esquerdo deste percurso, estando sempre disposto a me ajudar em todos os momentos que necessitei, obrigado.

RESUMO

Introdução. Esta revisão sistemática de trabalhos *ex vivo* teve como objetivo avaliar se existe algum método de agitação e ativação do irrigante que confira melhor desinfecção do canal radicular durante o tratamento endodôntico em dentes com anatomia complexa.

Materiais e Métodos. Foi realizada uma busca bibliográfica por dois revisores nas bases de dados PubMed (MEDLINE), Web of Science e nas listas de referências dos artigos identificados até agosto de 2019. O risco de viés dos estudos foi avaliado de acordo com alguns parâmetros, seguindo as recomendações do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA).

Resultados. A partir de 8362 estudos inicialmente identificados, foram selecionados dez artigos que preenchiam o critério de inclusão. Devido a falta de informação sobre o tamanho do efeito e falta de distribuição normal dos dados na maioria dos estudos, não foi possível realizar uma meta-análise. Foram incluídos ao final dessa revisão sistemática sete (69, 84, 86-90) trabalhos microbiológicos que avaliaram a redução microbiana, além de três (91-93) histológicos que observaram a quantidade de tecido remanescente pulpar, após a utilização de diferentes métodos de agitação e ativação do irrigante.

Conclusão. Os dados obtidos demonstraram que os métodos suplementares de agitação e ativação otimizam a desinfecção do canal principal quando comparados com irrigação por pressão positiva, em molares inferiores. Porém, a maioria dos trabalhos apresenta alto risco de viés, sendo os achados dos estudos inconsistentes.

Palavras-chave: Irrigação passiva ultrassônica; irrigação por pressão negativa; ativação manual dinâmica; ativação com laser; ativação sônica.

ABSTRACT

Introduction. This systematic review of ex vivo studies aimed to evaluate if there is any method of agitation and activation of the irrigant that improve the disinfection of the root canal during the endodontic treatment on teeth with complex anatomy.

Methods. A literature search was conducted by two reviewers in the PubMed (MEDLINE), Web of Science databases and in the reference lists of articles identified up to august 2019. The risk of bias in the studies was assessed according to some parameters, following the recommendations of the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyzes (PRISMA).

Results. From 8362 studies initially identified, ten articles were selected that fulfilled the inclusion criterion. Due to lack of information on effect size and lack of normal distribution of data in most studies, a meta-analysis was not possible. At the end of this systematic review, seven (69, 84, 86-90) microbiological studies evaluating microbial reduction were included, as well as three (91-93) histological studies that observed the amount of pulp tissue remaining, after the use of different methods of microbial reduction. agitation and activation of the irrigant.

Conclusion. The data obtained showed that the supplementary methods of agitation and activation optimize the disinfection of the main root canal when compared to positive pressure irrigation in mandibular molars. However, most studies present a high risk of bias, with the findings of the studies inconsistent.

Keywords: Passive ultrasonic activation; negative pressure irrigation; dynamic manual activation; sonic activation.

ÍNDICE DE SIGLAS E ABREVIATURAS

SCR - sistema de canais radiculares

PQM - preparo químico-mecânico

UVO - única visita otimizada

CLX - clorexidina

PUI – irrigação ultrassônica

PDT - terapia fotodinâmica

PIPS - transmissão fotoacústica induzida por fótons

YAG - energia laser

NaOCl – hipoclorito sodio

EndoVac - irrigação por pressão negativa

GentleWave - sistema de ondas multissônicas

PRISMA – Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses

NiTi - níquel-titânio

PICO – População , Intervenção , Comparação , Resultado , Desenho

EDTA – ácido etilenodiamino tetra-acético

DNA - Ácido desoxirribonucleico

RRna - formação das ligações peptídicas

PCR - Polymerase Chain Reaction

ÍNDICE GERAL

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
3. MATERIAIS E MÉTODOS	13
4. RESULTADOS	23
5. DISCUSSÃO	30
6. CONCLUSÃO	35
07. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

1.INTRODUÇÃO

O tratamento endodôntico tem como objetivo principal prevenir o aparecimento da periodontite apical, ou em casos onde está presente, criar condições para o reparo dos tecidos afetados. Para que tal aconteça é necessário proceder à desinfecção do sistema de canais radiculares (SCR) tentando eliminar os microrganismos presentes ^(1, 2). Para promover a desinfecção do SCR e romper o equilíbrio do ecossistema microbiano, são utilizadas diversas estratégias durante o preparo químico-mecânico (PQM)^(1, 2).

No entanto, estes procedimentos apenas diminuem a carga microbiana presente no canal radicular, mas dificilmente as eliminam por completo. Essa dificuldade na remoção total das bactérias é atribuída à redução da suscetibilidade das mesmas quando estas se encontram na forma de biofilme ⁽³⁾.

O biofilme bacteriano pode persistir em áreas de complexidades anatómicas, incluindo canais laterais, apicais e istmos, sendo mais comum em alguns grupos de dentes, especialmente em molares ⁽⁴⁾. A ocorrência de istmos na raiz mesial de molares inferiores pode ser considerada uma regra e não uma exceção, e os estudos revelam uma incidência de 70 e 88% em que os dois canais mesiais estão comunicados ^(5, 6).

Na atualidade, os protocolos realizados durante o PQM, não são eficientes para remover por completo os microrganismos do SCR, o que apresenta um desafio durante o tratamento endodôntico ^(7, 8). Para ser eficaz, o irrigante deve entrar em contato direto com o biofilme bacteriano, especialmente na porção mais apical. Trabalhos que utilizam durante o PQM irrigação convencional, com seringa e agulha, demonstram que ao final do tratamento há persistência de uma grande quantidade de microrganismos nessa região ⁽⁹⁾.

Tais fatos levam hoje a comunidade científica a um debate sobre as eficácia das substâncias irrigadoras, bem como o volume necessário para promover uma limpeza completa do SCR, a temperatura ideal do irrigante, o tempo de ação, e a possível utilização de dispositivos auxiliares que possam ativar as soluções ⁽¹⁾. Até o momento

não existe nenhuma revisão sistemática da literatura que possua como objetivo avaliar a eficácia *ex vivo* dos métodos de agitação e ativação do irrigante na diminuição de microrganismos intracanal em molares inferiores.

Portanto, o objetivo desta revisão sistemática da literatura é determinar se existe algum método de agitação e ativação que promova uma maior desinfecção intracanal em molares inferiores, o que poderia ajudar aumentar o índice de sucesso do tratamento endodôntico.

2.REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Desinfecção dos canais radiculares

Preparos com maiores diâmetros podem incorporar maior quantidade de irregularidades anatômicas e permitir remoção substancial de microrganismos do canal radicular ⁽¹⁰⁾. Uma grande quantidade de área do canal pode ser incorporada durante a preparação, porém regiões como istmos e ramificações que, possivelmente, não são evidenciadas por radiografia, podem abrigar biofilme ⁽¹⁰⁾. Estas áreas comumente não são afetadas pelos instrumentos e pela irrigação durante o PQM ⁽¹¹⁾.

Estudos anteriores, que utilizaram irrigantes sem ação antimicrobiana, observaram que a ação mecânica dos instrumentos e da irrigação com solução salina era eficaz na redução do número de células bacterianas do canal radicular ^(12, 13). No entanto, a eliminação total de bactérias não foi encontrada na maioria dos casos. Ingle and Zeldow ⁽¹⁴⁾ observaram que, imediatamente após a instrumentação, utilizando solução salina estéril como irrigante, 80% dos canais radiculares inicialmente infetados ainda produziram culturas positivas. Na segunda consulta, 48 horas mais tarde, este número aumentava para 95,4%. Byström and Sundqvist ⁽¹²⁾ utilizando soro fisiológico durante a instrumentação concluíram que bactérias persistiram em cerca de metade dos casos, apesar do tratamento em cinco consultas sucessivas. Os dentes onde a infecção persistiu, possuíam os maiores números de bactérias na amostra inicial. Siqueira, Lima ⁽¹⁰⁾, compararam a redução bacteriana intracanal fornecida por preparos com instrumentos de NiTi tipo Kerr (Kerr Manufacturing Company, Romulus, MI), manuais e rotatórias, GT (Tulsa Dental Products, Tulsa, Ok) e Profile (Dentsply Maillefer) conicidade 0.06. Os resultados do estudo mostraram que instrumentação e irrigação podem remover mecanicamente mais de 90% das células bacterianas do canal radicular. No entanto, o preparo do canal com Nitiflex #30 com conicidade 0,02 foi significativamente mais eficaz do que GT com conicidade 0,12 diâmetro da ponta equivalente a um instrumento #20 na redução das bactérias intracanal. Assim, fica evidente que a quantidade de bactérias no canal radicular foi significativamente reduzida após cada aumento sequencial do diâmetro

do instrumento. Deste modo, quanto maior o preparo do canal, maior a eficácia da desinfecção.

Nenhuma técnica pode previsivelmente eliminar todas as bactérias do canal radicular principal, a melhor escolha deve ser pela técnica que promova significativamente maior redução dos níveis bacterianos ⁽¹⁵⁾.

2.2 Complexidades anatómicas

Estudos têm demonstrado a complexidade da anatomia do SCR, incluindo grandes variações no número, comprimento, curvatura e diâmetro; complexidades como canais acessórios e ramificações, comunicações entre o espaço do canal e o periodonto lateral e área de bifurcação ⁽¹⁶⁻¹⁸⁾. Além disso, em dentes multirradiculares existe uma área delgada de dentina chamada zona de risco ou perigo, devido ao risco aumentado de perfuração da dentina nesta região durante a instrumentação ⁽¹⁹⁻²¹⁾. Os autores observaram que a espessura mínima da dentina ao longo da bifurcação da raiz mesial de primeiros molares inferiores é 1,28 mm o que sugere que toda a raiz mesial pode ser considerada "zona de perigo" quando realizado o PQM.

Irregularidades nas seções transversais dos canais, canais acessórios e deltas apicais são, na maior parte das vezes, inacessíveis durante o PQM ⁽¹¹⁾. A curvatura do canal pode também ser considerada uma complexidade anatómica, resultando muitas vezes em uma instrumentação assimétrica das paredes durante o preparo, levando ao transporte do canal em vários níveis. Embora a maioria dos canais radiculares sejam curvos, os instrumentos endodônticos são fabricados, na maioria das vezes, a partir de peças de metal em linha reta, isto resulta em uma distribuição desigual das forças em certas áreas de contato ⁽²²⁾ e uma tendência do instrumento a retificar-se no interior do canal ⁽²³⁾. Em geral, quanto mais severa a curvatura e o seu raio, mais difícil a instrumentação ⁽²⁴⁾.

A quantidade de superfícies não preparadas tem sido foco de diversos estudos em canais mesiais de molares inferiores e foi encontrado grande variação, de 16% a 48% ⁽²⁵⁻

28). Peters *et al.* (28) observaram que instrumentar até uma lima #20 não é suficiente para atingir uma elevada área de superfície, no entanto, com instrumento #30, 85% ou mais das superfícies do canal mesial de molares inferiores foram instrumentadas em seu estudo. Os canais possuem diferentes secções transversais, incluindo formas ovais. Dificuldades têm sido observadas na limpeza destes canais ovais (29, 30).

O desenho dos instrumentos endodônticos tradicionais e o movimento rotatório ou de forças balanceadas tende a preparar o espaço do canal radicular de uma forma circular, deixando extensões vestibulares e linguais/palatinas não preparadas, o que favorece a retenção de tecidos e remanescentes bacterianos, especialmente em canais ovais (31, 32). É no canal principal que as maiores quantidades de tecido pulpar e, nos casos infetados, bactérias e seus produtos e subprodutos estão localizados (33, 34).

No entanto, o SCR também compreende outras estruturas que representam áreas potenciais para disseminação da infecção bacteriana, incluindo a área de istmo, ramificações laterais e apicais, recessos e túbulos dentinários (4). As bactérias que colonizam os canais infetados associados à lesão perirradicular primária ou pós-tratamento estão geralmente organizadas em forma de biofilme aderidas à parede interna do canal radicular (33, 35, 36), bem como em áreas de complexidades anatômicas (4, 5, 37, 38). Além disso, as bactérias localizadas na porção mais profunda do biofilme podem invadir e colonizar a região de túbulos dentinários subjacentes (35, 39, 40).

A invasão bacteriana dos túbulos dentinários pode ocorrer em cerca de 70-80% dos canais de dentes com lesão perirradicular (39, 41). Embora uma penetração superficial seja mais comum *in vivo* as células bacterianas podem ser observadas alcançando aproximadamente 300 µm em alguns dentes (35). É improvável que, durante o PQM, as células bacterianas localizadas nas regiões mais profundas dos túbulos dentinários sejam eliminadas.

A região de istmo é muito comum em alguns grupos de dentes, especialmente nos molares inferiores. Por exemplo, a ocorrência de istmo conectando os canais vestibular e lingual de um molar inferior deve ser considerada uma regra e não uma exceção. Estudos relatam uma incidência de istmo em cerca de 70-88% dos molares inferiores (5,

6). Quando avaliado apenas o terço apical, autores relatam sua presença em até 80% dos casos (42, 43).

Ramificações incluindo canais laterais, colaterais e ramificações apicais, podem ocorrer em qualquer grupo de dentes e em qualquer região ao longo do comprimento da raiz, porém são mais frequentes na porção apical e em dentes posteriores (38, 44). Em geral, ramificações são observadas em cerca de 75% dos dentes (38). Avaliando especificamente cada segmento do canal radicular, a ocorrência de ramificações é encontrada em 73,5% no terço apical, 11% no terço médio e 15% no terço coronário (45). Entretanto, devido a alta frequência de ramificações, é intrigante porque as lesões perirradiculares laterais não são tão comumente observadas. Isso pode estar relacionado ao tamanho e patência da ramificação, bem como sua condição microbiológica. Assim quanto mais ampla a ramificação, maior o espaço para colonização bacteriana e acúmulo de fatores de virulência (38).

O diâmetro dos forames laterais em molares varia de 10 a 200 μm (46). O maior diâmetro do forame lateral é quase duas a três vezes menor do que os diâmetros médios relatados para o forame apical principal (47-49). Isso ajuda a explicar por que as lesões de origem endodôntica são muito mais comuns de aparecer na região apical do que lateralmente à raiz.

Estudos morfológicos têm relacionado o fracasso do tratamento endodôntico, caracterizado pela persistência da lesão perirradicular, à presença de infecção na área de istmos (33, 36, 50) canais laterais e ramificações apicais (33, 51, 52), recessos (36) e túbulos dentinários (33, 36, 40). Deste modo fica evidente a necessidade de controle adequado da infecção não apenas na região do canal principal, mas em todo o SCR.

2.3 Influência da persistência de bactérias em áreas não preparadas no resultado final do tratamento endodôntico

A influência da persistência bacteriana nos canais radiculares sobre o resultado final do tratamento é uma questão importante na Endodontia, pois as bactérias demonstraram ter um papel fundamental na manutenção ou emergência de lesões perirradiculares pós tratamento endodôntico (53-55). Para que as bactérias sobrevivam aos

procedimentos de desinfecção realizados durante o tratamento e sejam detetadas em amostras coletadas, as mesmas devem adaptar-se ao microambiente drasticamente alterado ⁽⁵⁴⁾.

Existem diversas estratégias que as bactérias utilizam para sobreviver no interior do canal radicular tratado. As bactérias podem aderir às paredes do canal radicular e formar comunidades organizadas em biofilmes, o que pode ser importante para aumentar a resistência bacteriana e sua persistência após procedimentos antimicrobianos intracanais ⁽⁵⁶⁾. Bactérias localizadas em ramificações, istmo e outras irregularidades provavelmente escapam aos efeitos dos instrumentos (devido a limitações físicas) e dos irrigantes (devido a restrições de tempo) utilizados durante o PQM ⁽⁴⁾. A capacidade de algumas bactérias penetrarem nos túbulos dentinários, às vezes em extensões profundas, pode também permitir que elas escapem da ação de instrumentos e substâncias ^(57, 58). Além disso, as soluções químicas utilizadas em Endodontia podem ser inativadas pela dentina, fluidos teciduais e matéria orgânica de forma rápida ⁽⁵⁹⁾, perdendo sua efetividade de longo prazo.

Além da capacidade de muitas vezes escapar dos procedimentos realizados durante o tratamento, a adaptação ao novo microambiente é crucial para que bactérias residuais causem persistência da doença ⁽⁶⁰⁾. Uma mudança importante induzida pelo tratamento está relacionada a uma redução drástica na disponibilidade de nutrientes ⁽⁶⁰⁾. O fato da grande maioria dos dentes tratados endodônticamente associados a lesão perirradicular pós-tratamento possuírem infecção intraradicular ⁽⁶¹⁻⁶³⁾ indica que bactérias podem de alguma forma adquirir nutrientes dentro dos canais radiculares obturados. Como virtualmente todos os estudos de microinfiltração demonstram que nenhuma técnica ou material obturador promove completa vedação ⁽⁶⁴⁾, bactérias residuais podem obter nutrientes da saliva (infiltração coronária), de fluidos teciduais perirradiculares ou exsudato inflamatório (infiltração apical ou lateral) ⁽⁶⁵⁾.

Apesar da maior parte do tecido pulpar necrosado seja removido durante o PQM, bactérias resistentes podem também usar esses remanescentes como fonte de nutrientes. O tecido pulpar não removido pode estar localizado em paredes do canal que não foram instrumentadas, istmos, irregularidades, túbulos dentinários e canais laterais ^(11, 66, 67). Embora constitua apenas uma fonte temporária de nutrientes, o tecido pulpar

remanescente pode manter a sobrevivência bacteriana até que uma fonte sustentável de nutrientes esteja estabelecida por infiltração apical ou coronal por exemplo ⁽⁶⁰⁾. Na maioria dos dentes associado a doença pós-tratamento, as bactérias estão localizadas no terço apical do SCR, geralmente no interior do canal principal, interpostas entre o material obturador e os tecidos perirradiculares, em áreas não preparadas e em ramificações apicais ^(33, 36, 37). Nessas regiões, as bactérias residuais têm fácil acesso aos nutrientes.

Bactérias residuais podem influenciar o resultado final do tratamento endodôntico quando: ⁽¹⁾ elas conseguem resistir a períodos de escassez nutricional, assumindo um estado de dormência ou um estado de baixa atividade metabólica, e quando a fonte de nutrientes é restabelecida, podem voltar a sua atividade normal; ⁽²⁾ resistem às mudanças na ecologia das comunidades bacterianas induzidas pelo tratamento, incluindo perturbações no sistema *quorum-sensing*, cadeias alimentares e trocas genéticas, e a desorganização de estruturas protetoras do biofilme; ⁽³⁾ se organizam e atingem densidade populacional necessária para causar dano ao hospedeiro; ⁽⁴⁾ possuem acesso irrestrito aos tecidos perirradiculares através de forames apicais/laterais ou perfurações; e ⁽⁵⁾ produzem fatores de virulência que são expressos no ambiente modificado do canal e atingem concentrações suficientes para induzir dano direta, ou indiretamente aos tecidos perirradiculares ⁽⁶⁰⁾.

2.4 Métodos de agitação e ativação para otimizar a desinfecção dos canais radiculares

Estudos de dentes com lesão pós-tratamento (falha do tratamento endodôntico) relataram persistência bacteriana em istmos, canais laterais e ramificações apicais. Sistemas de instrumentação atuais falham para instrumentar previsivelmente todas as paredes do canal. Portanto, há uma necessidade urgente de desenvolver estratégias para melhorar o controle da infecção não só na luz do canal principal, mas também em todo o SCR. Aparentemente, uma estratégia lógica para reduzir a quantidade de áreas não instrumentadas é aumentar o tamanho de preparação apical. Os procedimentos químico-mecânicos devem ser considerados completo quando o canal é ampliado para

tamanhos de instrumentos compatíveis com a anatomia e tamanho da raiz, e suficientemente grande para obter uma desinfecção eficaz do canal radicular⁽¹⁾.

Outra estratégia que tem sido amplamente recomendada é suplementar os efeitos dos procedimentos químico-mecânicos para melhorar a desinfecção. Aplicação de medicação intracanal tem mostrado consistentemente que aumenta a eliminação bacteriana após a instrumentação⁽⁴⁾. Esforços tem sido realizado no desenvolvimento de abordagens antimicrobianos suplementares que poderiam obviar a necessidade de um medicamento entre sessões⁽⁶⁸⁾. A Desinfecção de uma única visita otimizada (UVO) para suplementar os efeitos de procedimentos químico-mecânicos incluem irrigação final com clorexidina (CLX), ativação mecânica, sônica ou ultrassônica do irrigante (PUI), terapia fotodinâmica (PDT), e transmissão fotoacústica induzida por fótons (PIPS) usando energia laser Er: YAG em níveis de potência sublativa.

Ativação mecânica de NaOCl associado a um novo instrumento suplementar a XP-endo Finisher (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Switzerland) mostrou bons resultados em termos de melhoria na desinfecção⁽⁶⁹⁾, mas não conseguiu desinfetar previsivelmente a área de istmo dos molares⁽⁶⁹⁾. Ativação sônica não mostrou nenhum efeito antimicrobiano adicional ao PQM⁽⁷⁰⁾. O PUI é provavelmente uma das abordagens suplementares mais utilizada para otimizar a desinfecção. Dados de estudos *in vitro* sobre PUI são bastante inconclusivos^(69, 71). Ensaio clínico relatam nenhum efeito antibacteriano adicional quando é realizado PUI^(8, 9). Além disso, um estudo clínico de sucesso e fracasso, não encontrou resultados superiores para o tratamento utilizando PUI como método suplementar⁽⁷²⁾. Estudos sobre os benefícios antibacterianos de uma Irrigação final com CLX também mostraram resultados inconclusivos⁽⁹⁾. Até o momento, não há informações consistentes sobre a eficácia antibacteriana do PDT e PIPS. Existem também estratégias de UVO que servem como uma alternativa aos procedimentos químico-mecânicos e incluem: sistema EndoVac (Discus Dental, Culver City, CA) para irrigação por pressão negativa, e o sistema de ondas multissônicas GentleWave (Sonendo, Laguna Hills, CA, EUA). O sistema EndoVac foi demonstrado por um estudo que não melhora significativamente a desinfecção em comparação com a irrigação convencional por agulha⁽⁷³⁾. Quanto ao sistema GentleWave, não há estudo clínico avaliando sua eficácia antibacteriana.

2.5 Características de cada método avaliado

2.5.1 Irrigação por pressão positiva: é a irrigação realizada com seringa e agulha, sendo o método mais utilizado entre os dentistas gerais e endodontistas; a agulha é inserida próximo ao comprimento de trabalho mantendo uma distância de segurança, para que o irrigante atinja o comprimento total do canal. A sucção do irrigante é feita por uma cânula na câmara pulpar Este tipo de irrigação é apresenta esse nome devido ao desenvolvimento de uma pressão positiva no terço apical do canal radicular ⁽⁷⁴⁾. Apesar de sua ampla utilização, é incapaz de limpar e desinfetar algumas áreas além do canal principal ⁽⁷⁵⁾. Além disso, tem sido associado a alguns acidentes onde há extrusão da solução irrigadora, causando hematomas na face ⁽⁷⁶⁾.

2.5.2 Laser: funciona através da utilização de um fotossensibilizador não tóxico no interior do canal radicular, que quando ativado por uma luz de baixa energia, na presença de oxigênio, resulta em uma série de reações que produzem tipos diversos de radicais livres e oxigênio singlete, que são citotóxicos a determinadas células bacterianas ⁽⁷⁷⁾. Os fotossensibilizadores utilizados na PDTa são escolhidos com base na sua especificidade para células bacterianas. A grande maioria são ativados por luz vermelha entre um comprimento de onda de 630 e 700 nm. Alguns dos fotossensibilizadores comumente utilizados para realização da PDTa incluem corantes fenotiazínicos (azul de metileno e azul de toluidina) e a rosa bengala ⁽⁷⁸⁾.

2.5.3 PUI: uma vez que o canal radicular tenha sido instrumentado, a solução irrigadora fluirá melhor dentro do canal radicular e um inserto de ultrassom pode vibrar e produzir uma ação acústica ⁽⁷⁹⁾. O fluxo produzido ajudará a liberar das paredes do canal, detritos e biofilme. Em geral a PUI consiste em utilizar uma ponta de ultrassom ou uma lima tipo 15 ou 20 conectada a uma peça de mão ultrassônica ⁽⁷⁹⁾.

- 2.5.4 Irrigação por pressão negativa:** trata-se de um método alternativo de irrigação que foi proposto para minimizar o risco de extrusão dos irrigantes através do forame apical. A solução irrigadora é colocada na câmara pulpar e uma ponta fina de sucção é introduzida no canal até o comprimento de trabalho, criando uma pressão negativa que leva o irrigante ao terço apical do canal ⁽⁸⁰⁾. Foi relatado que este método pode de fato impedir a extrusão dos irrigantes através do forame apical quando comparado com seringa ⁽⁸¹⁾. Entretanto, resultados conflitantes foram relatados sobre seu potencial de limpeza e desinfecção.
- 2.5.5 Ativação manual dinâmica:** é um método de ativação do irrigante mais fácil, onde são utilizados instrumentos de pequeno diâmetro, como K files ou cones de gutapercha. Ambos são passivamente inseridos no canal até o comprimento de trabalho e são realizados movidos para cima e para baixo com 2– 3 mm de amplitude ⁽⁸²⁾.
- 2.5.6 Irrigação sônica:** os dispositivos sônicos geralmente oscilam a uma frequência de 20 a 20.000 Hz. Por definição, a frequência sonora é qualquer coisa na faixa auditiva audível de um ser humano. Trata-se de um método similar ao PUI, porem com uma frequência bem menor ⁽⁸³⁾.
- 2.5.7 Métodos de agitação e ativação:** o instrumento XP-Endo Finisher foi recentemente introduzido com a promessa de melhorar a limpeza e desinfecção do canal radicular. Trata-se de um instrumento não cônico de diâmetro 25, feito de liga de níquel-titânio (NiTi) MaxWire (Martensite-Austenite Electropolish FleX). À temperatura ambiente, o instrumento é reto em sua fase de martensita, mas à temperatura do corpo muda para para fase de austenita e desenvolve uma forma de colher; quando em movimento rotatório e para cima e para baixo no canal, essa forma faz com que o instrumento se expanda e se contraia para tocar as paredes do canal e agitar a solução ⁽⁶⁹⁾.

O Sistema GentleWave é um novo tipo de dispositivo endodôntico desenvolvido para limpeza e desinfecção dos canais radiculares. Ele usa dinâmica de fluidos de alta velocidade, sem exigir que a ponta do instrumento penetre nos canais radiculares. A instrumentação pode, portanto, ser minimizada, o que contribui para diminuir a eliminação de dentina e aumentar a resistência à fratura do dente ⁽⁸⁴⁾.

3.MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Desenho de estudo

Foi realizada uma revisão sistemática de todos os estudos que compararam diferentes métodos de agitação ativação na desinfecção de dentes com anatomia complexa. A irrigação por pressão positiva foi usada como referência para comparação. Esta revisão sistemática foi desenvolvida seguindo as recomendações do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) ⁽⁸⁵⁾ e registrada na base de dados PROSPERO.

3.2 Estratégia de buscas

Foi realizada uma pesquisa independente por dois revisores nas bases de dados MEDLINE (PudMed) e Web of Science tendo por base diferentes unitermos MeSH pesquisados individualmente e em combinação no agosto 2019. Adicionalmente, uma busca das referências foi realizada nas bibliografias dos artigos selecionados para encontrar outro possível trabalho de interesse.

3.3 Palavras chave e combinações

1) Passive ultrasonic activation

(Ultrasonic OR Ultrasonic irrigation OR ultrasound OR passive ultrasonic irrigation OR ultrasonic activation OR ultrasonic agitation OR passive ultrasonic activation OR passive ultrasonic agitation OR ultrasonically activated irrigation AND (hard tissue debris OR smear layer OR biofilm OR bacterial reduction) AND (necrotic debris OR smear layer OR biofilm OR bacterial reduction); (infection AND bactéria AND endodontic treatment); AND (bactéria AND biofilm); AND (irrigation AND disinfection) AND (irrigant AND disinfection) AND (irrigated AND disinfection); AND (histologic and endodontic treatment) OR (histologic and root canal) AND (histobacteriologic) AND (vital tissue AND root canal) AND (necrotic tissue AND root canal).

2) Negative pressure irrigation

(Apical negative pressure OR negative pressure OR Endovac AND necrotic debris OR debris OR smear layer AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Apical negative pressure OR negative pressure OR Endovac AND biofilm AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Apical negative pressure OR negative pressure OR Endovac AND bacterial reduction AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Apical negative pressure OR negative pressure OR Endovac AND infection AND bacteria AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Apical negative pressure OR negative pressure OR Endovac AND endodontic treatment AND biofilm AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Apical negative pressure OR negative pressure OR Endovac AND endodontic treatment AND bacteria AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Root canal irrigation OR Apical negative pressure OR negative pressure OR Endovac AND biofilm AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Apical negative pressure OR negative pressure OR Endovac AND irrigation OR irrigant OR irrigated AND disinfection AND root canal OR endodontic AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Apical negative pressure OR negative pressure OR Endovac AND histology OR histologic OR histobacteriology OR histobacteriologic OR vital tissue OR necrotic tissue).

(Apical negative pressure OR negative pressure OR Endovac AND necrotic debris OR debris OR smear layer AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Apical negative pressure OR negative pressure OR Endovac AND biofilm

AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Apical negative pressure OR negative pressure OR Endovac AND bacterial reduction AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Apical negative pressure OR negative pressure OR Endovac AND infection AND bacteria AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (apical negative pressure AND endodontic treatment AND biofilm); (apical negative pressure AND endodontic treatment AND bacteria AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Root canal irrigation OR apical negative pressure AND biofilm AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Apical negative pressure OR negative pressure OR Endovac AND irrigation OR irrigant OR irrigated AND disinfection AND root canal OR endodontic AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Apical negative pressure OR negative pressure OR Endovac AND histology OR histologic OR histobacteriology OR histobacteriologic OR vital tissue OR necrotic tissue AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar).

3) Dynamic manual activation

(Manual dynamic activation OR manual dynamic agitation AND necrotic debris OR debris OR smear layer AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Manual dynamic activation OR manual dynamic agitation AND biofilm AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Manual dynamic

activation OR manual dynamic agitation AND bacterial reduction AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Manual dynamic activation OR manual dynamic agitation AND infection AND bacteria AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Manual dynamic activation OR manual dynamic agitation AND endodontic treatment AND biofilm AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Manual dynamic activation OR manual dynamic agitation AND endodontic treatment AND bacteria AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Root canal irrigation OR Manual dynamic activation OR manual dynamic agitation AND biofilm AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Manual dynamic activation OR manual dynamic agitation AND irrigation OR irrigant OR irrigated AND disinfection AND root canal OR endodontic AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Manual dynamic activation OR manual dynamic agitation AND histology OR histologic OR histobacteriology OR histobacteriologic OR vital tissue OR necrotic tissue AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar).

4) Laser activation

(Laser-activated OR laser-activation OR Photon-induced photoacoustic streaming OR PIPS AND necrotic debris OR debris OR smear layer AND mandibular

molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Laser-activated OR laser-activation OR Photon-induced photoacoustic streaming OR PIPS AND biofilm AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Laser-activated OR laser-activation OR Photon-induced photoacoustic streaming OR PIPS AND bacterial reduction AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Laser-activated OR laser-activation OR Photon-induced photoacoustic streaming OR PIPS AND infection AND bacteria AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Laser-activated OR laser-activation OR Photon-induced photoacoustic streaming OR PIPS AND endodontic treatment AND biofilm AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Laser-activated OR laser-activation OR Photon-induced photoacoustic streaming OR PIPS AND endodontic treatment AND bacteria AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Root canal irrigation OR Laser-activated OR laser-activation OR Photon-induced photoacoustic streaming OR PIPS AND biofilm AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Laser-activated OR laser-activation OR Photon-induced photoacoustic streaming OR PIPS AND irrigation OR irrigant OR irrigated AND disinfection AND root canal OR endodontic AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Laser-activated OR laser-activation OR Photon-induced photoacoustic streaming OR PIPS AND histology OR histologic OR histobacteriology OR histobacteriologic OR vital tissue OR necrotic tissue AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar).

5) Sonic activation

(Sonic activation OR sonic agitation OR endoactivator OR vibringe OR sonic air AND necrotic debris OR debris OR smear layer AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Sonic activation OR sonic agitation OR endoactivator OR vibringe OR sonic air AND biofilm AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Sonic activation OR sonic agitation OR endoactivator OR vibringe OR sonic air AND bacterial reduction AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Sonic activation OR sonic agitation OR endoactivator OR vibringe OR sonic air AND infection AND bactéria AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Sonic activation OR sonic agitation OR endoactivator OR vibringe OR sonic air AND endodontic treatment AND biofilm AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Sonic activation OR sonic agitation OR endoactivator OR vibringe OR sonic air AND endodontic treatment AND bactéria AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Root canal irrigation OR Sonic activation OR sonic agitation OR endoactivator OR vibringe OR sonic air AND biofilm AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Sonic activation OR sonic agitation OR endoactivator OR vibringe OR sonic air AND irrigation OR irrigant OR irrigated AND disinfection AND root canal OR endodontic AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Sonic activation OR sonic agitation OR endoactivator OR vibringe OR sonic air AND histology OR histologic OR histobacteriology OR histobacteriologic OR vital tissue OR necrotic tissue AND mandibular molars OR

mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar).

6) Agitation with different instruments

(Xp-endo finisher OR easyclean OR mechanical agitation OR mechanical activation OR multisonic OR Gentlewave AND necrotic debris OR debris OR smear layer AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Xp-endo finisher OR easyclean OR mechanical agitation OR mechanical activation OR multisonic OR Gentlewave AND biofilm AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Xp-endo finisher OR easyclean OR mechanical agitation OR mechanical activation OR multisonic OR Gentlewave AND bacterial reduction AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Xp-endo finisher OR easyclean OR mechanical agitation OR mechanical activation OR multisonic OR Gentlewave AND infection AND bacteria AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Xp-endo finisher OR easyclean OR mechanical agitation OR mechanical activation OR multisonic OR Gentlewave AND endodontic treatment AND biofilm AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Xp-endo finisher OR easyclean OR mechanical agitation OR mechanical activation OR multisonic OR Gentlewave AND endodontic treatment AND bacteria AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Root canal irrigation OR Xp-endo finisher OR easyclean OR mechanical agitation OR mechanical activation OR multisonic OR Gentlewave AND biofilm AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars

OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Xp-endo finisher OR easyclean OR mechanical agitation OR mechanical activation OR multisonic OR Gentlewave AND irrigation OR irrigant OR irrigated AND disinfection AND root canal OR endodontic AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar); (Xp-endo finisher OR easyclean OR mechanical agitation OR mechanical activation OR multisonic OR Gentlewave AND histology OR histologic OR histobacteriology OR histobacteriologic OR vital tissue OR necrotic tissue AND mandibular molars OR mandibular molar OR lower molars OR lower molar OR maxillary molars OR maxillary molar OR upper molars OR upper molar).

3.4 Critérios de seleção

Foram incluídos estudos cujo objetivo principal foi avaliar a influência dos métodos de agitação e ativação na desinfecção de molares inferiores quando comparado com irrigação por pressão positiva com seringa. Os seguintes critérios de elegibilidade foram aplicados baseados na estratégia PICOS (População): molares inferiores extraídos infetados com os ápices completamente formados; (Intervenção) métodos de ativação e agitação; (Comparação) estudos que usaram como controle irrigação por pressão positiva; (Resultado) percentagem de desinfecção do canal radicular; e (Desenho) estudo transversal *ex-vivo*. Embora a estratégia PICO seja usada para ensaios clínicos, todos os estudos (*ex vivo*) incluídos apresentaram uma intervenção. Assim, a estratégia PICO foi adaptada para este propósito. Além disso, para inclusão nesta revisão os estudos deveriam estar escritos em inglês e terem sido publicados entre 1960 e março de 2019.

3.5 Processo de seleção dos estudos

Dois revisores independentes examinaram pela primeira vez os títulos identificados nas buscas. Se o título indicava possível inclusão, o resumo era então avaliado. Após a avaliação criteriosa dos resumos, foram identificados artigos considerados elegíveis para a revisão; se houvesse alguma dúvida, o texto completo do artigo foi lido. Desacordos

sobre os critérios de elegibilidade de um estudo foram discutidos entre os revisores até que uma decisão fosse obtida por consenso. Quando não havia consenso, um terceiro revisor resolveu quaisquer discrepâncias. Após as análises de texto completo dos estudos potencialmente relevantes, os estudos selecionados foram incluídos nesta revisão sistemática. Os artigos que apareceram em mais de um banco de dados foram considerados apenas uma vez.

3.6 Coleta dos dados

Dois revisores realizaram a extração de dados em todos os estudos incluídos independentemente. Qualquer conflito potencial foi resolvido por discussão com um terceiro revisor. As seguintes informações foram extraídas de cada estudo e registradas: características do estudo (autores, ano e revista), características da amostra (tipo de dente, tamanho da amostra e classificação de Vertucci), procedimentos endodônticos (instrumentação, irrigantes, volume, concentração), quantidade de diminuição microbiana de cada protocolo e outros achados (bactérias usadas para contaminar os dentes, tempo de contaminação, forma de coleta da amostra, método para processar a amostra).

3.7 Avaliação da qualidade do estudo

O risco de viés foi avaliado de acordo com a descrição dos artigos dos seguintes parâmetros para avaliação da qualidade do estudo: cálculo de amostra, pareamento das amostras, randomização, padronização de instrumentação, mesmo volume e concentração, presença de um grupo de controle, análise estatística correta.

Os parâmetros relatados nos estudos foram designados como “sim” e a informação que faltou foi atribuída como “não”. Os artigos foram classificados como tendo baixo risco de viés se seis ou sete itens foram relatados, um risco moderado de viés se quatro ou cinco itens foram relatados, e um alto risco de viés se um a três parâmetros foram relatados.

O poder dos estudos foi calculado com base nas médias de desinfecção do canal, desvios-padrão e tamanho da amostra para cada grupo de dentes. A análise de potência é capaz de medir o tamanho do efeito que pode ser detectado usando um determinado tamanho de amostra. Para este propósito, um intervalo de confiança de 95% usando o programa Review Manager version 5.1 (The Nordic Cochrane Centre, The Cochrane Collaboration, Copenhagen, Denmark).

4.RESULTADOS

4.1 Seleção dos estudos

A identificação dos estudos com base nas palavras-chaves e os critérios de elegibilidade podem ser observadas na figura 1. Um total de 8362 estudos potencialmente relevantes foram obtidos em todas as bases de dados: 5014 no Pubmed, 3348 na Web of Science. Passive ultrasonic activation 3332 em Pubmed e 2098 em Web

of science, Apical negative pressure 1016 em Pubmed e 734 em Web of science. Manual dynamic activation 49 em Pubmed. 28 em Web of science. Laser-activated 201 em Pubmed. 270 em Web of Science. Sonic activation 207 em Pubmed. 218 em Web of Science. Xp-endo finishe OR Gentlewave 209 em Pubmed. Após a remoção de artigos duplicados e aplicados os critérios de inclusão e exclusão, 242 artigos foram selecionados para análise completa. Após a leitura de todos os artigos selecionados, foram excluídos 232 estudos; as razões para a exclusão estão demonstradas na figura 1. Um total de dez artigos preencheram os critérios de elegibilidade e foram incluídos nesta revisão.

4.2 Características dos estudos incluídos

Foram incluídos ao final dessa revisão sistemática sete (69, 84, 86-90) trabalhos microbiológicos que avaliaram a redução microbiana, além de três (91-93) histológicos que observaram a quantidade de tecido remanescente pulpar, após a utilização de diferentes métodos de agitação e ativação do irrigante.

Todos os estudos utilizaram dentes com anatomia complexa (raízes mesiais de molares inferiores e vestibulares de molares superiores) como amostra. Apenas um estudo ⁽⁶⁹⁾ utilizou molares classe II de Vertucci, e os outros nove (84, 86-93), não indicaram qual classificação foi utilizada. Em geral, os estudos utilizaram diâmetros de preparos apicais iguais entre os grupos, variando de 15/04 a 45/02, porém três trabalhos (84,87,92) não padronizaram o diâmetro apical entre os grupos avaliados.

Os irrigantes utilizados foram NaOCl e EDTA em diferentes concentrações, água destilada e solução salina. Um estudo (87) não indicou o volume de irrigação utilizado durante o PQM, enquanto dois (84,89) usaram diferentes volumes durante o preparo entre os grupos. Com relação as soluções irrigadoras usadas durante os passos adicionais para otimizar a desinfecção e limpeza do canal, foi possível observar que três trabalhos (84,87,92) não relataram os volumes utilizados nessa etapa, apenas a concentração e o tempo de irrigação.

Nos trabalhos microbiológicos, a redução microbiana foi avaliada pelo método de cultura (86-88,90), método molecular (69,84) e microcopia confocal de laser (89), enquanto que nos estudos de remanescentes de tecido foi apenas utilizado o método de coloração de hematoxilina e eosina (91-93).

Em todos os trabalhos, a irrigação por pressão positiva foi utilizada como controle e, posteriormente, foram aplicadas as diferentes técnicas de ativação e agitação. Quatro estudos (69,84,86,90) avaliaram a capacidade de desinfecção da PUI em comparação com diversos métodos (XP-endo Finisher, Gentlewave e PDT) e os outros três (87-89) avaliaram os sistemas Endovac, PDT e XP-endo Finisher. Dois (91,93) trabalhos histológicos compararam a limpeza promovida pela PUI com outros métodos como agitação manual dinâmica, Canalbrush e irrigação por pressão negativa com irrigação contínua aquecida, enquanto que um (92) comparou o sistema GentleWave e irrigação convencional.

Quatro (69,84,87,88) dos estudos incluídos avaliaram a desinfecção do canal principal com diferentes técnicas de agitação e ativação, enquanto que dois estudos (86,90) avaliaram todo o sistema de canais radicular e um (89) somente o terço médio. Uma descrição detalhada de cada estudo pode ser observada na tabela 1 e 2.

Devido a falta de informação sobre o tamanho do efeito e falta de distribuição normal dos dados na maioria dos estudos, não foi possível realizar uma meta-análise; assim, uma síntese narrativa das evidências disponíveis foi conduzida.

4.3 Desinfecção com diferentes métodos de agitação e ativação

Cinco artigos (84,86-89) encontraram uma diminuição significativa da carga bacteriana quando compararam diferentes métodos para otimizar a desinfecção. Da mesma forma, um trabalho (69) observou que a XP-endo Finisher diminuiu significativamente o número de microrganismos quando comparado com a irrigação por pressão positiva, no entanto quando a PUI foi avaliada, essa diferença não foi observada. Apesar disso, não foram encontradas diferenças quando comparados os dois sistemas

adicionais de ativação e agitação (análise intergrupo). Um trabalho (90) observou que o PDT e a PUI não otimizaram a desinfecção dos canais radiculares quando comparados a irrigação convencional. A capacidade de desinfecção dos diferentes métodos avaliados, variou de ⁽⁶⁹⁾ 11.81% a 100% quanto a redução microbiana.

4.4 Limpeza com diferentes métodos de agitação e ativação

Os três artigos (91-93) observaram uma limpeza significativa quando algum método de agitação e ativação do irrigante era utilizado. Um trabalho (91) observou que PUI e irrigação com H₂O₂ promoveram maior remoção de tecido pulpar do que agitação manual. Além disso, não foram observadas diferenças significantes quando comparados Canalbrush, PUI e H₂O₂. Molina *et al.*, 2015 observaram maior quantidade de tecido no grupo PUI do que GentleWave, mesmo quando o diâmetro apical de instrumentação era menor. Neelakantan *et al.*, 2016 observaram maior limpeza dos canais radiculares no grupo submetido a irrigação por pressão negativa com sistema de irrigação contínua aquecida do que nos grupos irrigação convencional, agitação manual dinâmica e PUI.

4.5 Avaliação da qualidade dos estudos incluídos

Dos trabalhos incluídos nesse estudo, quatro (84,87,90,92) apresentaram um alto risco de viés, cinco (86,88,89,91,93) risco médio de viés e apenas um ⁽⁶⁹⁾ possuía baixo risco. Os resultados estão descritos na tabela 3, de acordo com os parâmetros considerados na análise. O pior resultado foi observado quanto ao cálculo amostral, já que apenas um dos trabalhos (89) realizou. Outro dado importante foi quanto ao pareamento da amostra, onde foi observado que apenas um estudo realizou (69).

Figura 1. Flow Diagram of the screening and selection process

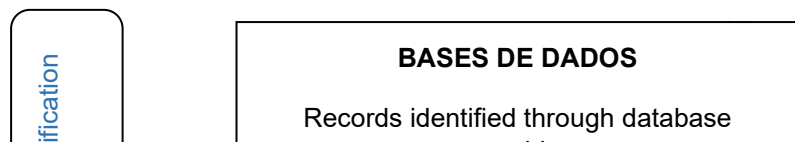


Tabela 1. Estudos microbiológicos selecionados

Study	N	Vertucci type	Size and Taper	Vol and solutions during preparation	Groups	Vol and solutions during adjunctive steps	Analyses	Third	Bacterial Reduction (%)	Results	Istmus
Spoleti <i>et al.</i> , 2003	20 distobuccal root of first upper molars	Not indicated	#35	Group 1: 0,5 ml sterile saline after two files	Group 1) Sterile saline Group 2) Sterile saline + PUI	Group 2: 0,5 ml sterile saline after two files 10s PUI	Bacteriologic: Culturing	All the root canal system	Surviving colonies (mean): Group 1: 39.16 Group 2: 29.4	The surviving proportions were significantly higher for the group 1	Not indicated
Hockett <i>et al.</i> , 2008	48 mandibular molars (mesial canals)	Not indicated	Group 1 and 2: 45/02 Group 3 and 4: 30/09	Not indicated	Group 1) Non-tapered preparation + EndoVac Group 2) Non-tapered preparation + Conventional irrigation Group 3) Tapered preparation + Conventional irrigation Group 4) Tapered preparation + EndoVac	Group 2 and 3: 6% NaOCl (2 min) 17% EDTA (1 min) 6% NaOCl (2 min) Group 1 and 4: 6% NaOCl (30 sec) 6% NaOCl (1 min) 17% EDTA (1 min) 6% NaOCl (1 min)	Bacteriologic: Culturing	Main canal	Group 1 and 4: 100% Group 2 and 3: 66,7%	All the specimens irrigated with EndoVac rendered negative cultures No statistical differences between groups 1 and 4 (EndoVac) and between groups 2 and 3 (Conventional irrigation) comparing tapered versus nontapered canals	Not indicated
Pinheiro <i>et al.</i> , 2016	18 mandibular molars (mesial canals)	Not indicated	25/08	Group 1 and 2: 3 ml saline Group 3: 3 ml 2.5% NaOCl	Group 1) PDT before preparation + Conventional irrigation with saline Group 2) PDT after preparation + Conventional irrigation with saline Group 3) Preparation + Conventional irrigation with NaOCl	Not indicated	Bacteriologic: Culturing	Main canal	Group 1: From S1 (initial) to S2 (after PDT): 41% From S2 to S3 (after preparation): 75% From S1 to S3: 85.65% Group 2: From S1 (initial) to S2 (after preparation): 45% From S2 to S3 (after PDT): 47% From S1 to S3: 70.81% Group 3: From S1 (initial) to S2 (after preparation): 52.34%	Significant reductions were observed when PDT was performed before and after preparation Preparation significantly reduced contamination when saline solution and NaOCl were used No statistical differences between groups 1 and 2 after the last step	Not indicated
Alves <i>et al.</i> , 2016	20 mandibular molars	II	35/04	10 ml 2.5% NaOCl	Group 1) PUI Group 2) XP-Endo Finisher	4 ml 2.5% NaOCl 2 ml 17% EDTA	Bacteriologic: Paper point sampling and qPCR	Main canal	Phase 1- PUI: After preparation: 98.8% After PUI: 64.5% Phase 1- XP-Endo: After preparation: 99.9% After XP-Endo: 70,5%	Phase 1 Intragrup: XP-Endo Finisher promoted an additional significant bacterial reduction while PUI did not. Intergrup: XP-Endo = PUI	No
Bedier <i>et al.</i> , 2018	40 mandibular molars (mesial canals)	Not indicated	30/04	Group 1 e 2 5 ml 2.6% NaOCl Group 3 e 4 6 ml 2.6% NaOCl Group 1, 2, 3 e 4 3 ml 17% EDTA 10 ml distilled water	Group 1) XPS/C - XP-Endo Shaper + conventional irrigation Group 2) XPS/XPF - XP-Endo Shaper + XP-Endo Finisher Group 3) iRace/C - iRace + conventional irrigation Group 4) iRace/XPF - iRace + XP-Endo Finisher	Not indicated	Bacteriologic: Confocal laser scanning microscopy	Middle-third	Group 1) 33,28% Group 2) 45,17% Group 3) 11,81% Group 4) 62,91%	XPS/C = XPS/XPF iRace/C < iRace/XPF XPS/C > iRace/C XPS/C < iRace/XPF XPS/XPF > iRace/C XPS/XPF < iRace/XPF	Not indicated
Zhang <i>et al.</i> , 2019	20 maxillary and mandibular molars	Not indicated	Group 1) 15/04 Group 2) 35/04	Group 1: 2 ml sterile water Group 2: 7 ml sterile water	Group 1) GentleWave System Group 2) PUI	Group 1: 3% NaOCl (3 min) Sterile water (30 s) 8% EDTA (2 min) Sterile water (15 s) Group 2: 3% NaOCl (1 min) Sterile water (10 s) 8% EDTA (1 min) Sterile water (10 s)	Bacteriologic: qPCR and culturing	Main canal	From S1 (initial) to S2 (after preparation): Group 1) 83.32% Group 2) 84.89% From S1 to S3 (after activation): Group 1) 99.91% Group 2) 98.01% From S2 to S3: Group 1) 16.59% Group 2) 13.12%	The reduction by GentleWave System was significantly greater than by PUI Canals instrumented to larger size (group 2 after preparation) showed statistically significant bacterial reduction than group 1	Not indicated
Race <i>et al.</i> , 2019	20 mandibular molars	Not indicated	35/06	3 ml 4.0% NaOCl	Group 1) Control (only chemomechanical preparation) Group 2) PUI Group 3) Laser activated irrigation (0.5W) Group 4) Laser activated irrigation (0.75W)	1 ml 15% EDTAC 2 ml 4% NaOCl	Bacteriologic: Culturing	All the root canal system	Group 2) 99,6% less than group 1 Group 3) 99,8% less than group 1 Group 4) 99,3 % less than group 1	No statistically significant differences were found between the treatment groups	Not indicated

Tabela 2. Estudos histológicos selecionados

Study	N	Vertucci type	Size and Taper	Vol and solutions during preparation	Groups	Vol and solutions during agitation	Analyses	Third	Tissue remnants (%)	Results	Isthmus
Al-Ali M <i>et al.</i> , 2012	24 maxillary and mandibular molars	Not indicated	40/04	7 ml 1% NaOCl	Group 1 Manual Agitation Group 2 Canalbrush Group 3 H ₂ O ₂ Group 4 PUI	Groups 1, 2 and 4 10 ml 1% NaOCl and 3 ml 15% EDTA Group 3 15 ml 1% NaOCl, 3 ml 15% EDTA and 5 ml H ₂ O ₂	Histology-Haematoxylin and Eosin	Apical, middle and coronal	Group 1 17.49% Group 2 12.84% Group 3 7.24% Group 4 8.70%	PUI = H ₂ O ₂ > Manual Agitation Canalbrush = PUI = H ₂ O ₂	Yes
Molina <i>et al.</i> , 2015	45 freshly extracted maxillary (mesiobuccal) and mandibular molars (mesial root)	Not indicated	Group 2: Not indicated Group 3: 15/04	Group 2: 5 ml 3.0% NaOCl 10 ml 17% EDTA 1 ml saline solution Group 3: 3 ml saline solution	Group 1 No treatment (control) Group 2 Rotary instrumentation + conventional irrigation Group 3 Minimal instrumentation + GentleWave System treatment	Group 3: 3.0% NaOCl (5 min) 8% EDTA (2 min) Distilled water (15 sec) 45 ml/min	Histology-Haematoxylin and Eosin	Apical and middle	Apical Group 1: 60% Group 2: 20% Group 3: < 1% Middle Group 1: 60% Group 2: < 50% Group 3: < 1%	Apical and middle (cleaning) Groups 2 and 3 > Group 1 Group 3 > Group 2 Group 2: More tissue debris in apical than in the middle region Group 3: Tissue debris in apical = in middle	Yes
Neelakantan <i>et al.</i> , 2016	40 mandibular molars + 5 controls (untreated teeth)	Not indicated	25/08	5 ml 3.0% NaOCl 3 ml distilled water	Group 1 Conventional irrigation Group 2 Apical negative pressure delivery with continuous warm activated irrigation and evacuation system Group 3 Manual dynamic agitation Group 4 PUI	10 ml 3.0% NaOCl 3 ml 17% EDTA 2 ml distilled water	Histology-Haematoxylin and Eosin	Isthmus regions (1, 3, and 5 mm from the apex)	1 mm Group 1: 64.4% Group 2: 1.1% Group 3: 23.1% Group 4: 41.2% Control: 72.8% 3 mm Group 1: 63.4% Group 2: 1.64% Group 3: 27.8% Group 4: 46.5% Control: 76.9% 5 mm Group 1: 65.7% Group 2: 1.73% Group 3: 32.6% Group 4: 44.6% Control: 79.4%	Groups 2, 3 e 4 showed significantly less tissue remaining than the control at all 3 levels Tissue remaining in Group 1 was not significantly different from the control Groups 2 showed the less percentage of remnant tissue Group 1 = Control (Remaining pulp tissue)	Yes

Tabela 3. Risco de viés utilizando diferentes critérios

Study	Sample Calculation	Matching the samples	Randomization	Standardization of instrumentation	Same volume and concentration	Presence of a control group	Correct statistical analysis	Bias
Spoleti <i>et al.</i>, 2003	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Medium Risk
Hockett <i>et al.</i>, 2008	No	No	Yes	No	No	Yes	No	High Risk
Al-Ali M <i>et al.</i>, 2012	No	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Medium Risk
Molina <i>et al.</i>, 2015	No	No	Yes	No	No	Yes	Yes	High Risk
Neelakantan <i>et al.</i>, 2016	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Medium Risk
Pinheiro <i>et al.</i>, 2016	No	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Medium Risk
Alves <i>et al.</i>, 2016	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Low Risk
Bedier <i>et al.</i>, 2018	Yes	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Medium Risk
Zhang <i>et al.</i>, 2018	No	No	Yes	No	No	Yes	Yes	High Risk
Race <i>et al.</i>, 2019	No	No	No	Yes	Yes	Yes	No	High Risk

5.DISSCUSSÃO

O objetivo desta revisão sistemática foi avaliar os métodos atuais de agitação e ativação quanto a redução da carga bacteriana e remoção de tecido pulpar em canais com anatomia complexa (raízes mesiais de molares inferiores e vestibulares de molares superiores). Esse grupo de dentes foi escolhido por apresentar uma anatomia interna bastante complexa ⁽⁹⁴⁾, além de apresentar, em grande parte dos dentes, istmos comunicando os canais mesiais ⁽⁶⁾. Essas áreas, se contaminadas por microrganismos, podem comprometer o sucesso final do tratamento endodôntico ⁽⁴⁾. Apesar disso, apenas dois trabalhos microbiológicos (86,90) avaliaram a capacidade de desinfecção dos métodos de agitação e ativação na área de istmo, embora tenha sido determinado que um dos principais desafios da desinfecção efetiva seja nessa região ⁽⁴⁾. Isso pode ser explicado pelo método de avaliação das bactérias presentes nessas regiões ser destrutivo, necessitando de processamento do dente por método histológico ou por criopulverização ⁽⁹⁵⁾. Além disso, esse tipo de metodologia de avaliação não permite determinar a condição bacteriológica inicial do istmo, sendo impossível caracterizar a infecção ou quantificar o número de microrganismos dessa região antes da utilização dos métodos para otimizar a desinfecção. Mesmo assim, foi possível observar nos estudos histológicos (91-93) que nenhum método foi eficaz na limpeza dos istmos, sendo possível observar sempre após o PQM e métodos a presença de tecido pulpar nessas regiões.

Idealmente, quando diferentes procedimentos são comparados, um pareamento inicial da amostra deve ser realizado para que nenhum grupo seja beneficiado. No entanto, dos dez artigos (69,84,86-93) incluídos nessa revisão apenas um (69) fornece dados quanto ao pareamento da amostra. Uma amostra heterogênea pode influenciar nos resultados do trabalho, auxiliando um grupo a ter um comportamento melhor do que o outro.

Todos os trabalhos selecionados utilizaram NaOCl e EDTA como irrigantes, que são as substâncias mais utilizadas em diferentes protocolos mundiais ⁽⁷⁴⁾. Nos trabalhos avaliados, a concentração dos irrigantes variou. Já foi demonstrada que a concentração

da substância não influencia no sucesso final do tratamento endodôntico ^(96, 97), porém o volume total de irrigação é um fator importante para se obter uma maior redução bacteriana intracanal ⁽⁹⁸⁾. Curiosamente dos trabalhos microbiológicos que utilizaram o mesmo volume do irrigante (69,86,89,90), apenas dois (86,89) foi observada diferença significativa, quanto a proporção de bactérias, quando utilizado o método suplementar de agitação e ativação. Spoleti *et al.* 2003 não fez uma quantificação do número de bactérias no interior do canal antes do PQM ou da PUI, sendo essa comparação direta entre os grupos apenas sobre o número de microrganismos ao final do tratamento. Assim, com esses resultados, não é possível uma comparação direta sobre a eficácia do método de agitação avaliado. Enquanto isso, Bedier *et al.* 2018 observaram que quando a XP-endo Shaper foi utilizada com irrigação convencional ou ativada com a XP-Endo Finisher, ambos com o mesmo volume de NaOCl, não foram observadas diferenças quanto redução microbiana. Já, quando foi comparada irrigação por seringa e agulha e XP-Endo Finisher e instrumentação com BioRace, foi observada maior desinfecção quando o irrigante foi ativado. Os instrumentos de nova geração temperatura-dependentes possuem capacidade de modificar seu formato inicial, expandindo-se e contraindo-se de acordo com a anatomia do canal, objetivando instrumentar ou tocar maior quantidade de paredes (99) e auxiliar na desinfecção (100), porém não existem muitos estudos avaliando suas capacidades de desinfecção. Assim, são necessários novos trabalhos que avaliem se esses novos sistemas são capazes de promover e otimizar a limpeza, modelagem e desinfecção dos canais radiculares.

Nos trabalhos que não descreveram o volume total ou não padronizaram o volume final do irrigante ^(84,87,88), foram observadas diferenças significativas entre os grupos. Hockett *et al.* 2008 encontraram diferença estatisticamente significativa ao comparar o EndoVac e irrigação convencional, mesmo o grupo de irrigação com seringa apresentando maior volume de irrigação. Pinheiro *et al.* 2016 observaram que o PDT reduziu significativamente o número de microrganismos antes e após o preparo, porém, por não padronizaram o volume de irrigação e o irrigante utilizado entre os grupos, uma comparação direta não foi possível. Zhang *et al.* 2019 encontraram que o grupo GentleWave promoveu redução significativamente maior do número de microrganismos que PUI, porém não é indicado o volume de solução irrigadora utilizada. Segundo o

fabricante o fluxo do irrigante do sistema GentleWave é de 45 mL/min, o que pode ser parte da explicação para sua eficácia perante o PUI, embora a quantidade de irrigante que circula nos canais e a quantidade que irriga apenas a região da câmara pulpar ainda não foi determinada (101).

Durante o preparo, o canal é ampliado por instrumentos para permitir modelagem, limpeza e desinfecção do canal radicular. O aumento do diâmetro apical permite maior remoção de dentina e detritos infetados, penetração mais profunda da agulha de irrigação, maior volume de irrigante na porção apical e diminuição significativa do número de bactérias, aumentando as chances de reparo dos tecidos perirradiculares e cura da doença (102-105). Nessa revisão sistemática, três trabalhos (84,87,92) selecionados utilizaram diferentes diâmetros apicais. Um deles (84) encontrou maior desinfecção do canal quando utilizou Gentlewave do que PUI, porém, o melhor desempenho foi encontrado no grupo onde a instrumentação apical foi menor. Um outro estudo (92), onde não é comentado o diâmetro apical estabelecido, encontrou que o sistema GentleWave associado a uma instrumentação mínima foi capaz de promover melhor limpeza do que somente o PQM com irrigação convencional. Como já mencionado, o volume de irrigação nos grupos que utilizam o sistema GentleWave provavelmente pode ter sido maior, devido ao grande de fluxo de irrigação atingido pelo sistema, que pode ter ajudado a promover uma desinfecção e limpeza significativamente melhor nesses trabalhos. Trabalhos futuros, em que haja uma padronização melhor das variáveis, devem ser realizados buscando avaliar esse novo sistema é capaz de otimizar a limpeza e desinfecção dos canais radiculares com anatomia complexa, compensando o diâmetro apical de instrumentação.

Foi possível observar nessa revisão que quatro trabalhos (69,84,87,88) utilizaram cones de papel absorventes ou limas para coletar os microrganismos presentes no interior dos canais radiculares. Uma limitação deste método é que apenas as condições bacteriológicas do canal principal podem ser avaliadas, além de não ser possível determinar qual a localização da maior concentração de bactérias, se estão no terço apical, médio ou coronário. O método de criopulverização tem sido proposto para uma análise mais abrangente da microbiota endodôntica (95), porém por ser um método

destrutivo, não pode ser utilizado para análises longitudinais de amostras coletadas antes e após o tratamento.

Quatro trabalhos (86-88,90) utilizaram o método de cultura para avaliar a diminuição da carga microbiana, outros dois (69,84) métodos moleculares e apenas um (89) utilizou microscopia confocal de laser. Os métodos moleculares são muito mais sensíveis do que o método de cultura e, portanto, espera-se que seja mais preciso na avaliação dos efeitos antibacterianos dos protocolos realizados durante o tratamento endodôntico ⁽¹⁰⁶⁾. Existem algumas preocupações em relação à confiabilidade dos métodos moleculares baseados na identificação do DNA, porque o DNA de células mortas podem ser detectados. Um estudo ⁽¹⁰⁷⁾ realizado na detecção de rRNA, que tem maior probabilidade de identificar células viáveis, demonstrou 60% de casos positivos para bactérias após o PQM; esse valor é semelhante aos encontrados em estudos baseados em DNA. A alta incidência de resultados negativos encontrados através de uma técnica muito sensível como a PCR em tempo real sugere que o DNA de células mortas pode não ser uma fonte significativa nos resultados ⁽⁸⁾. Os fragmentos de DNA de células mortas podem ter sido degradados pelo NaOCl ⁽¹⁰⁸⁾ ou lavados durante a irrigação. Um estudo *in vitro* demonstrou que, embora o PCR em tempo real tenha revelado contagens bacterianas significativamente maiores em S1 (amostra antes do PQM) do que por cultura, as contagens em S2 (após o PQM) não diferiram significativamente entre PCR em tempo real e cultura, quando se utilizou o NaOCl como irrigante.

Em relação à redução microbiana, observou-se nos trabalhos avaliados um decréscimo de 83.32% a 99% após o PQM, quando não foi utilizado um passo adicional. Esses achados estão de acordo com vários estudos prévios *in vivo* e *ex vivo* que utilizaram métodos moleculares e/ou de cultura ^(7, 9, 109) e reforçam o conceito de que o PQM é uma etapa do tratamento altamente eficaz em reduzir significativamente a contagem bacteriana na maioria dos casos. Apesar disso, independente do sistema de instrumentação, da concentração do NaOCl, do tempo de retenção e do volume, essa etapa não pode, de forma previsível, eliminar por completo os microrganismos do interior dos canais radiculares ⁽⁹⁸⁾. Bactérias residuais podem estar localizadas em áreas não

alcançadas pelos instrumentos e pelo irrigante, durante o PQM. Essas áreas não afetadas incluem paredes não preparadas, recessos do canal principal, túbulos dentinários, canais laterais, istmos e ramificações apicais ⁽⁴⁾.

Técnicas de ativação e agitação têm sido recomendadas com o objetivo de otimizar a desinfecção nos casos em que não foi possível eliminar completamente a carga bacteriana intracanal. Nesta revisão, três estudos (84,87,89) demonstraram maior desinfecção do canal radicular quando métodos de agitação e ativação foram utilizados, quando comparados com irrigação convencional. No entanto, esses resultados devem ser analisados com cuidado, uma vez que os trabalhos apresentaram um alto risco de viés e não necessariamente seguiram todos os padrões necessários para determinar se essa diferença realmente existiu. Apenas um trabalho ⁽⁶⁹⁾ apresentou baixo risco de viés e observaram que o PUI não apresentou diferença estatisticamente significativa em termos de redução microbiana quando comparado com a irrigação convencional, já a XP-endo Finisher apresentou diferenças significativas, concluindo que esse instrumento poderia ser utilizado como uma opção para otimizar a desinfecção após o PQM. Futuros trabalhos clínicos devem ser feitos para determinar se a XP-endo Finisher realmente auxilia na redução significativamente da carga bacteriana intracanal.

PUI é provavelmente uma das abordagens suplementares mais utilizadas para otimizar a desinfecção. Ensaio clínicos não relataram efeitos antibacterianos suplementares significativos a favor da utilização do PUI ^(9, 110). Além disso, um estudo que avaliou o sucesso do tratamento não encontrou resultados superiores quanto ao reparo das lesões perirradiculares para dentes submetidos ao PUI ⁽⁷²⁾. A utilização do sistema EndoVac (irrigação por pressão negativa), em um estudo clínico, não melhorou significativamente a desinfecção em comparação com a irrigação convencional com agulha ⁽⁷³⁾. Quanto ao sistema GentleWave, não existe nenhum estudo clínico que avalie sua eficácia antibacteriana. Já, quando o Laser é avaliado, na atualidade não existem informações consistentes de estudos clínicos sobre sua eficácia antibacteriana.

6.CONCLUSÃO

Os dados obtidos nos diferentes estudos demonstraram que os métodos suplementares de agitação e ativação otimizam a desinfecção e limpeza do canal principal quando comparados com irrigação convencional. No entanto, a maioria dos trabalhos apresenta médio e alto risco de viés, tornando a informação inconclusiva.

7.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Siqueira JF, Jr., Rôças IN, Marceliano-Alves MF, et al. Unprepared root canal surface areas: causes, clinical implications, and therapeutic strategies. *Braz Oral Res* 2018;32 (suppl 1):e65.
2. Trope M. The vital tooth – its importance in the study and practice of endodontics. *Endod Topics* 2003;5(1):1.
3. Siqueira JF, Jr., Rôças I, Ricucci D. Biofilms in endodontic infection. *Endod Topics* 2012;22:33-49.
4. Vera J, Siqueira JF, Jr., Ricucci D, et al. One- versus two-visit endodontic treatment of teeth with apical periodontitis: a histobacteriologic study. *J Endod* 2012;38(8):1040-1052.
5. Nair PN, Henry S, Cano V, Vera J. Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after "one-visit" endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005;99(2):231-252.
6. Estrela C, Rabelo LE, de Souza JB, et al. Frequency of root canal isthmi in human permanent teeth determined by cone-beam computed tomography. *J Endod* 2015;41(9):1535-1539.
7. Neves MA, Provenzano JC, Rôças IN, Siqueira JF, Jr. Clinical antibacterial effectiveness of root canal preparation with reciprocating single-instrument or continuously rotating multi-instrument systems. *J Endod* 2016;42(1):25-29.
8. Rodrigues RC, Antunes HS, Neves MA, et al. Infection control in retreatment cases: in vivo antibacterial effects of 2 instrumentation systems. *J Endod* 2015;41(10):1600-1605.
9. Paiva SS, Siqueira JF, Jr., Rôças IN, et al. Supplementing the antimicrobial effects of chemomechanical debridement with either passive ultrasonic irrigation or a final rinse with chlorhexidine: a clinical study. *J Endod* 2012;38(9):1202-1206.
10. Siqueira JF, Jr., Lima KC, Magalhães FA, et al. Mechanical reduction of the bacterial population in the root canal by three instrumentation techniques. *J Endod* 1999;25(5):332-335.
11. Siqueira JF, Jr., Araujo MC, Garcia PF, et al. Histological evaluation of the effectiveness of five instrumentation techniques for cleaning the apical third of root canals. *J Endod* 1997;23(8):499-502.
12. Byström A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *Scand J Dent Res* 1981;89(4):321-328.
13. Orstavik D, Kerekes K, Molven O. Effects of extensive apical reaming and calcium hydroxide dressing on bacterial infection during treatment of apical periodontitis: a pilot study. *Int Endod J* 1991;24(1):1-7.
14. Ingle JI, Zeldow BJ. An evaluation of mechanical instrumentation and the negative culture in endodontic therapy. *J Am Dent Assoc* 1958;57(4):471-476.
15. Rôças IN, Lima KC, Siqueira JF, Jr. Reduction in bacterial counts in infected root canals after rotary or hand nickel-titanium instrumentation--a clinical study. *Int Endod J* 2013;46(7):681-687.

16. Green D. Morphology of the pulp cavity of the permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1955;8(7):743-759.
17. Cunningham CJ, Senia ES. A three-dimensional study of canal curvatures in the mesial roots of mandibular molars. *J Endod* 1992;18(6):294-300.
18. Kartal N, Cimilli HK. The degrees and configurations of mesial canal curvatures of mandibular first molars. *J Endod* 1997;23(6):358-362.
19. Abou-Rass M, Frank AL, Glick DH. The anticurvature filing method to prepare the curved root canal. *J Am Dent Assoc* 1980;101(5):792-794.
20. Berutti E, Fedon G. Thickness of cementum/dentin in mesial roots of mandibular first molars. *J Endod* 1992;18(11):545-548.
21. Harris SP, Bowles WR, Fok A, McClanahan SB. An anatomic investigation of the mandibular first molar using micro-computed tomography. *J Endod* 2013;39(11):1374-1378.
22. Roane JB, Sabala CL, Duncanson MG, Jr. The "balanced force" concept for instrumentation of curved canals. *J Endod* 1985;11(5):203-211.
23. Kyomen SM, Caputo AA, White SN. Critical analysis of the balanced force technique in endodontics. *J Endod* 1994;20(7):332-337.
24. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod* 2004;30(8):559-567.
25. Yang G, Yuan G, Yun X, et al. Effects of two nickel-titanium instrument systems, Mtwo versus ProTaper universal, on root canal geometry assessed by micro-computed tomography. *J Endod* 2011;37(10):1412-1416.
26. Markvart M, Darvann TA, Larsen P, et al. Micro-CT analyses of apical enlargement and molar root canal complexity. *Int Endod J* 2012;45(3):273-281.
27. Zhao D, Shen Y, Peng B, Haapasalo M. Root canal preparation of mandibular molars with 3 nickel-titanium rotary instruments: a micro-computed tomographic study. *J Endod* 2014;40(11):1860-1864.
28. Peters OA, Arias A, Paqué F. A micro-computed tomographic assessment of root canal preparation with a novel instrument, TRUShape, in mesial roots of mandibular molars. *J Endod* 2015;41(9):1545-1550.
29. Lumley PJ, Walmsley AD, Walton RE, Rippin JW. Cleaning of oval canals using ultrasonic or sonic instrumentation. *J Endod* 1993;19(9):453-457.
30. Wu MK, Wesselink PR. A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. *Int Endod J* 2001;34(2):137-141.
31. De-Deus G, Souza EM, Barino B, et al. The self-adjusting file optimizes debridement quality in oval-shaped root canals. *J Endod* 2011;37(5):701-705.
32. Fornari VJ, Silva-Sousa YT, Vanni JR, et al. Histological evaluation of the effectiveness of increased apical enlargement for cleaning the apical third of curved canals. *Int Endod J* 2010;43(11):988-994.
33. Ricucci D, Siqueira JF, Jr. Biofilms and apical periodontitis: study of prevalence and association with clinical and histopathologic findings. *J Endod* 2010;36(8):1277-1288.
34. Siqueira JF, Jr., Rôças IN, Rosado AS. Investigation of bacterial communities associated with asymptomatic and symptomatic endodontic infections by denaturing gradient gel electrophoresis fingerprinting approach. *Oral Microbiol Immunol* 2004;19(6):363-370.

35. Siqueira JF, Jr., Rôças IN, Lopes HP. Patterns of microbial colonization in primary root canal infections. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002;93(2):174-178.
36. Ricucci D, Siqueira JF, Jr., Bate AL, Pitt Ford TR. Histologic investigation of root canal-treated teeth with apical periodontitis: a retrospective study from twenty-four patients. *J Endod* 2009;35(4):493-502.
37. Ricucci D, Siqueira JF, Jr. Apical actinomycosis as a continuum of intraradicular and extraradicular infection: case report and critical review on its involvement with treatment failure. *J Endod* 2008;34(9):1124-1129.
38. Ricucci D, Siqueira JF, Jr. Fate of the tissue in lateral canals and apical ramifications in response to pathologic conditions and treatment procedures. *J Endod* 2010;36(1):1-15.
39. Peters LB, Wesselink PR, Buijs JF, van Winkelhoff AJ. Viable bacteria in root dentinal tubules of teeth with apical periodontitis. *J Endod* 2001;27(2):76-81.
40. Vieira AR, Siqueira JF, Jr., Ricucci D, Lopes WS. Dentinal tubule infection as the cause of recurrent disease and late endodontic treatment failure: a case report. *J Endod* 2012;38(2):250-254.
41. Matsuo T, Shirakami T, Ozaki K, et al. An immunohistological study of the localization of bacteria invading root pulpal walls of teeth with periapical lesions. *J Endod* 2003;29(3):194-200.
42. Gu L, Wei X, Ling J, Huang X. A microcomputed tomographic study of canal isthmuses in the mesial root of mandibular first molars in a Chinese population. *J Endod* 2009;35(3):353-356.
43. von Arx T. Frequency and type of canal isthmuses in first molars detected by endoscopic inspection during periradicular surgery. *Int Endod J* 2005;38(3):160-168.
44. De Deus QD. Frequency, location, and direction of the lateral, secondary, and accessory canals. *J Endod* 1975;1(11):361-366.
45. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1984;58(5):589-599.
46. Dammaschke T, Witt M, Ott K, Schäfer E. Scanning electron microscopic investigation of incidence, location, and size of accessory foramina in primary and permanent molars. *Quintessence Int* 2004;35(9):699-705.
47. Kuttler Y. Microscopic investigation of root apices. *J Am Dent Assoc* 1955;50(5):544-552.
48. Ponce EH, Vilar Fernandez JA. The cemento-dentino-canal junction, the apical foramen, and the apical constriction: evaluation by optical microscopy. *J Endod* 2003;29(3):214-219.
49. Green D. A stereomicroscopic study of the root apices of 400 maxillary and mandibular anterior teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1956;9(11):1224-1232.
50. Carr GB, Schwartz RS, Schaudinn C, et al. Ultrastructural examination of failed molar retreatment with secondary apical periodontitis: an examination of endodontic biofilms in an endodontic retreatment failure. *J Endod* 2009;35(9):1303-1309.
51. Ricucci D, Loghin S, Siqueira JF, Jr. Exuberant Biofilm infection in a lateral canal as the cause of short-term endodontic treatment failure: report of a case. *J Endod* 2013;39(5):712-718.

52. Arnold M, Ricucci D, Siqueira JF, Jr. Infection in a complex network of apical ramifications as the cause of persistent apical periodontitis: a case report. *J Endod* 2013;39(9):1179-1184.
53. Rôças IN, Siqueira JF, Jr., Aboim MC, Rosado AS. Denaturing gradient gel electrophoresis analysis of bacterial communities associated with failed endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004;98(6):741-749.
54. Siqueira JF, Jr., Rôças IN. Polymerase chain reaction-based analysis of microorganisms associated with failed endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004;97(1):85-94.
55. Sundqvist G, Figdor D, Persson S, Sjögren U. Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998;85(1):86-93.
56. Distel JW, Hatton JF, Gillespie MJ. Biofilm formation in medicated root canals. *J Endod* 2002;28(10):689-693.
57. Siqueira JF, Jr., de Uzeda M. Disinfection by calcium hydroxide pastes of dentinal tubules infected with two obligate and one facultative anaerobic bacteria. *J Endod* 1996;22(12):674-676.
58. Haapasalo M, Ørstavik D. In vitro infection and disinfection of dentinal tubules. *J Dent Res* 1987;66(8):1375-1379.
59. Haapasalo M, Qian W, Portenier I, Waltimo T. Effects of dentin on the antimicrobial properties of endodontic medicaments. *J Endod* 2007;33(8):917-925.
60. Siqueira JF, Jr., Rôças IN. Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. *J Endod* 2008;34(11):1291-1301
61. Molander A, Reit C, Dahlen G, Kvist T. Microbiological status of root-filled teeth with apical periodontitis. *Int Endod J* 1998;31(1):1-7.
62. Lin LM, Pascon EA, Skribner J, et al. Clinical, radiographic, and histologic study of endodontic treatment failures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1991;71(5):603-611.
63. Rôças IN, Jung IY, Lee CY, Siqueira JF, Jr. Polymerase chain reaction identification of microorganisms in previously root-filled teeth in a South Korean population. *J Endod* 2004;30(7):504-508.
64. Gutmann JL. Clinical, radiographic, and histologic perspectives on success and failure in endodontics. *Dent Clin North Am* 1992;36(2):379-392.
65. Siqueira JF, Jr. Aetiology of root canal treatment failure: why well-treated teeth can fail. *Int Endod J* 2001;34(1):1-10.
66. Walton RE. Histologic evaluation of different methods of enlarging the pulp canal space. *J Endod* 1976;2(10):304-311.
67. Zuolo ML, Walton RE, Imura N. Histologic evaluation of three endodontic instrument/preparation techniques. *Endod Dent Traumatol* 1992;8(3):125-129.
68. Siqueira JF, Jr., Rôças IN. Optimising single-visit disinfection with supplementary approaches: a quest for predictability. *Aust Endod J* 2011;37(3):92-98.
69. Alves FR, Andrade-Junior CV, Marceliano-Alves MF, et al. Adjunctive Steps for Disinfection of the Mandibular Molar Root Canal System: A Correlative Bacteriologic, Micro-Computed Tomography, and Cryopulverization Approach. *J Endod* 2016;42(11):1667-1672.
70. Huffaker SK, Safavi K, Spangberg LS, Kaufman B. Influence of a passive sonic irrigation system on the elimination of bacteria from root canal systems: a clinical study. *J Endod* 2010;36(8):1315-1318.

71. Alves FR, Almeida BM, Neves MA, et al. Disinfecting oval-shaped root canals: effectiveness of different supplementary approaches. *J Endod* 2011;37(4):496-501.
72. Liang YH, Jiang LM, Jiang L, et al. Radiographic healing after a root canal treatment performed in single-rooted teeth with and without ultrasonic activation of the irrigant: a randomized controlled trial. *J Endod* 2013;39(10):1218-1225.
73. Pawar R, Alqaied A, Safavi K, et al. Influence of an apical negative pressure irrigation system on bacterial elimination during endodontic therapy: a prospective randomized clinical study. *J Endod* 2012;38(9):1177-1181.
74. Dutner J, Mines P, Anderson A. Irrigation trends among American Association of Endodontists members: a web-based survey. *J Endod* 2012;38(1):37-40.
75. Paque F, Boessler C, Zehnder M. Accumulated hard tissue debris levels in mesial roots of mandibular molars after sequential irrigation steps. *Int Endod J* 2011;44(2):148-153.
76. Hulsmann M, Hahn W. Complications during root canal irrigation--literature review and case reports. *Int Endod J* 2000;33(3):186-193.
77. Hamblin MR, Hasan T. Photodynamic therapy: a new antimicrobial approach to infectious disease? *Photochem Photobiol Sci* 2004;3(5):436-450.
78. George R, Walsh LJ. Performance assessment of novel side firing flexible optical fibers for dental applications. *Lasers Surg Med* 2009;41(3):214-221.
79. Caputa PE, Retsas A, Kuijk L, et al. Ultrasonic Irrigant Activation during Root Canal Treatment: A Systematic Review. *J Endod* 2019;45(1):31-44.e13.
80. Nielsen BA, Craig Baumgartner J. Comparison of the EndoVac system to needle irrigation of root canals. *J Endod* 2007;33(5):611-615.
81. Boutsoukis C, Psimma Z, van der Sluis LW. Factors affecting irrigant extrusion during root canal irrigation: a systematic review. *Int Endod J* 2013;46(7):599-618.
82. Generali L, Campolongo E, Consolo U, et al. Sodium hypochlorite penetration into dentinal tubules after manual dynamic agitation and ultrasonic activation: a histochemical evaluation. *Odontology* 2018;106(4):454-459.
83. Virdee SS, Seymour DW, Farnell D, et al. Efficacy of irrigant activation techniques in removing intracanal smear layer and debris from mature permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *Int Endod J* 2018;51(6):605-621.
84. Zhang D, Shen Y, de la Fuente-Nunez C, Haapasalo M. In vitro evaluation by quantitative real-time PCR and culturing of the effectiveness of disinfection of multispecies biofilms in root canals by two irrigation systems. *Clin Oral Invest* 2019;23(2):913-920.
85. Moher D, Shamseer L, Clarke M, et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Syst Rev* 2015;4:1.
86. Spoletti P, Siragusa M, Spoletti MJ. Bacteriological evaluation of passive ultrasonic activation. *J Endod* 2003;29(1):12-14.
87. Hockett JL, Dommisch JK, Johnson JD, Cohenca N. Antimicrobial Efficacy of Two Irrigation Techniques in Tapered and Nontapered Canal Preparations: An In Vitro Study. *Journal of Endodontics* 2008;34(11):1374-1377.
88. Pinheiro SL, Azenha GR, Democh YM, et al. Antimicrobial Activity of Photodynamic Therapy Against *Enterococcus faecalis* Before and After Reciprocating Instrumentation in Permanent Molars. *Photomed Laser Surg* 2016;34(12):646-651.
89. Bedier MM, Hashem AAR, Hassan YM. Improved dentin disinfection by combining different-geometry rotary nickel-titanium files in preparing root canals. *Restor Dent Endod* 2018;43(4):e46.

90. Race J, Zilm P, Ratnayake J, et al. Efficacy of laser and ultrasonic-activated irrigation on eradicating a mixed-species biofilm in human mesial roots. *Aust Endod J* 2019.
91. Al-Ali M, Sathorn C, Parashos P. Root canal debridement efficacy of different final irrigation protocols. *Int Endod J* 2012;45(10):898-906.
92. Molina B, Glickman G, Vandrangi P, Khakpour M. Evaluation of Root Canal Debridement of Human Molars Using the GentleWave System. *J Endod* 2015;41(10):1701-1705.
93. Neelakantan P, Devaraj S, Jagannathan N. Histologic assessment of debridement of the root canal isthmus of mandibular molars by irrigant activation techniques ex vivo. *J Endod* 2016;42(8):1268-1272.
94. Estrela C, Bueno MR, Couto GS, et al. Study of Root Canal Anatomy in Human Permanent Teeth in A Subpopulation of Brazil's Center Region Using Cone-Beam Computed Tomography - Part 1. *Braz Dent J* 2015;26(5):530-536.
95. Alves FR, Siqueira JF, Jr., Carmo FL, et al. Bacterial community profiling of cryogenically ground samples from the apical and coronal root segments of teeth with apical periodontitis. *J Endod* 2009;35(4):486-492.
96. Bystrom A, Sundqvist G. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *Int Endod J* 1985;18(1):35-40.
97. Cvek M, Nord C, Hollender L. Antimicrobial effect of root canal debridement in teeth with immature root. *Odontol Revy* 1976;27:1-10.
98. Gazzaneo I, Vieira GCS, Perez AR, et al. Root Canal Disinfection by Single- and Multiple-instrument Systems: Effects of Sodium Hypochlorite Volume, Concentration, and Retention Time. *J Endod* 2019.
99. Guimarães LS, Gomes CC, Marceliano-Alves MF, et al. Preparation of oval-shaped canals with Trushape and Reciproc systems: a micro-computed tomography study using contralateral premolars. *J Endod* 2017;43(6):1018-1022.
100. Ureyen Kaya B, Erik CE, Sesli Cetin E, et al. Mechanical reduction in intracanal *Enterococcus faecalis* when using three different single-file systems: an ex vivo comparative study. *Int Endod J* 2019;52(1):77-85.
101. Ma J, Shen Y, Yang Y, et al. In vitro study of calcium hydroxide removal from mandibular molar root canals. *J Endod* 2015;41(4):553-558.
102. Chow TW. Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *J Endod* 1983;9(11):475-479.
103. Boutsoukis C, Gogos C, Verhaagen B, et al. The effect of apical preparation size on irrigant flow in root canals evaluated using an unsteady Computational Fluid Dynamics model. *Int Endod J* 2010;43(10):874-881.
104. Card SJ, Sigurdsson A, Ørstavik D, Trope M. The effectiveness of increased apical enlargement in reducing intracanal bacteria. *J Endod* 2002;28(11):779-783.
105. Saini HR, Tewari S, Sangwan P, et al. Effect of different apical preparation sizes on outcome of primary endodontic treatment: a randomized controlled trial. *J Endod* 2012;38(10):1309-1315.
106. Siqueira JF, Jr., Rocas IN. Exploiting molecular methods to explore endodontic infections: Part 1--current molecular technologies for microbiological diagnosis. *J Endod* 2005;31(6):411-423.

107. Rocas IN, Siqueira JF, Jr. Identification of bacteria enduring endodontic treatment procedures by a combined reverse transcriptase-polymerase chain reaction and reverse-capture checkerboard approach. *J Endod* 2010;36(1):45-52.
108. Ng YL, Spratt D, Sriskantharajah S, Gulabivala K. Evaluation of protocols for field decontamination before bacterial sampling of root canals for contemporary microbiology techniques. *J Endod* 2003;29(5):317-320.
109. Alves FR, Rôças IN, Almeida BM, et al. Quantitative molecular and culture analyses of bacterial elimination in oval-shaped root canals by a single-file instrumentation technique. *Int Endod J* 2012;45(9):871-877.
110. Paiva SS, Siqueira JF, Jr., Rôças IN, et al. Molecular microbiological evaluation of passive ultrasonic activation as a supplementary disinfecting step: a clinical study. *J Endod* 2013;39(2):190-194.