Revista Eletrônica
Acervo Saúde
Electronic Journal Collection Health ISSN 2178-2091

Soluções irrigadoras em endodontia

Irrigation solutions in endodontics

Soluciones de irrigación en endodoncia

Sergio Manoel Passos Cardoso[1], Kilvia Magalhães Araújo[1], Marcos Pedro Lira Viana[1], Ruahn Rodrigues Calácio[1], Joelson Sabino de Sousa[1], Pedro Henrique Freitas de Sá[1], Lucas Fernandes Falcão[2] Ana de Lourdes Sá de Lira[1], Maria Ângela Arêa Leão Ferraz, Carlos Alberto Monteiro Falcão[1].

RESUMO

Objetivos: Analisar sobre as principais soluções irrigadoras utilizadas na endodontia, considerando sua eficácia antimicrobiana, biocompatibilidade e os efeitos sobre a estrutura dentinária, a fim de subsidiar a tomada de decisão clínica baseada em evidências. **Métodos:** Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, conduzida conforme as diretrizes PRISMA, com buscas nas bases PubMed, Medline e Science Direct. Foram incluídos estudos publicados entre 2014 e 2024, nos idiomas português e inglês, abrangendo metanálises, ensaios clínicos randomizados e revisões sistemáticas. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, 31 estudos foram selecionados para análise qualitativa. **Resultados:** O hipoclorito de sódio apresentou elevada eficácia antimicrobiana, porém associado à redução da microdureza dentinária. O Ácido Etilenodiaminotetracético e o ácido cítrico demonstraram eficiência na remoção da smear layer. Irrigantes alternativos, como nanopartículas de prata e extratos naturais, incluindo quitosana e moringa, mostraram resultados promissores quanto à ação antimicrobiana e biocompatibilidade, embora ainda necessitem de maior respaldo científico. **Considerações finais:** Não existe uma solução irrigadora ideal. A combinação racional de agentes, especialmente Hipoclorito de Sódio e Ácido Etilenodiaminotetracético, associada a substâncias biocompatíveis, representa uma estratégia adequada para otimizar a desinfecção, preservar a dentina e favorecer melhores desfechos endodônticos.

Palavras-chave: Endodontia, Irrigantes do canal radicular, Hipoclorito de sódio.

ABSTRACT

Objectives: To analyze the main irrigating solutions used in endodontics, considering their antimicrobial efficacy, biocompatibility, and effects on dentin structure, in order to support evidence-based clinical decision-making. **Methods:** This is an integrative literature review conducted according to PRISMA guidelines, with searches performed in the PubMed, Medline, and ScienceDirect databases. Studies published between 2014 and 2024 in Portuguese and English were included, encompassing meta-analyses, randomized clinical trials, and systematic reviews. After applying the inclusion and exclusion criteria, 31 studies were selected for qualitative analysis. **Results:** Sodium hypochlorite showed high antimicrobial efficacy; however, it was associated with a reduction in dentin microhardness. Ethylenediaminetetraacetic

[1] Universidade Estadual do Piauí (UESPI), Parnaíba – PI.
[2] Centro Universitário Tecnológico de Teresina (UNI-CET) Teresina – PI.

SUBMETIDO EM: 2/2026 | **ACEITO EM: 3/2026** | **PUBLICADO EM: 4/2026**

acid and citric acid demonstrated effectiveness in smear layer removal. Alternative irrigants, such as silver nanoparticles and natural extracts, including chitosan and moringa, showed promising results regarding antimicrobial activity and biocompatibility, although further scientific evidence is still required. **Final considerations**: There is no ideal irrigating solution. The rational combination of agents, especially sodium hypochlorite and ethylenediaminetetraacetic acid, associated with biocompatible substances, represents an appropriate strategy to optimize disinfection, preserve dentin structure, and promote better endodontic outcomes.

Keywords: Endodontics, Root canal irrigants, Sodium hypochlorite.

RESUMEN

Objetivos: Analizar las principales soluciones irrigantes utilizadas en endodoncia, considerando su eficacia antimicrobiana, biocompatibilidad y efectos sobre la estructura de la dentina, con el fin de apoyar la toma de decisiones clínicas basadas en evidencia. **Métodos:** Se trata de una revisión integradora de la literatura, realizada conforme a las directrices PRISMA, con búsquedas en las bases de datos PubMed, Medline y ScienceDirect. Se incluyeron estudios publicados entre 2014 y 2024, en los idiomas portugués e inglés, que abarcaban metaanálisis, ensayos clínicos aleatorizados y revisiones sistemáticas. Tras la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron 31 estudios para el análisis cualitativo. **Resultados:** El hipoclorito de sodio presentó elevada eficacia antimicrobiana, aunque se asoció con una reducción de la microdureza dentinaria. El ácido etilendiaminotetraacético y el ácido cítrico demostraron eficacia en la remoción de la smearlayer. Los irrigantes alternativos, como las nanopartículas de plata y los extractos naturales, incluyendo la quitosana y la moringa, mostraron resultados prometedores en cuanto a la acción antimicrobiana y la biocompatibilidad, aunque aún requieren mayor respaldo científico. **Consideraciones finales:** No existe una solución irrigadora ideal. La combinación racional de agentes, especialmente el hipoclorito de sodio y el ácido etilendiaminotetraacético, asociada a sustancias biocompatibles, representa una estrategia adecuada para optimizar la desinfección, preservar la dentina y favorecer mejores resultados endodónticos.

Palabras clave: Endodoncia, Irrigantes del conducto radicular, Hipoclorito de sodio.

INTRODUÇÃO

A endodontia desempenha um papel vital na preservação e recuperação da saúde dentária, sendo um campo dinâmico onde a constante busca por aprimoramentos técnicos é essencial (ALJIFA M, et al., 2022). A limpeza e sanificação do sistema de canais radiculares são processos cruciais na terapia endodôntica, visando a remoção de detritos, microrganismos e substâncias irritantes presentes nos canais radiculares, permitindo a desinfecção efetiva e, consequentemente, o sucesso do tratamento endodôntico. Esses procedimentos são fundamentais para preservar a saúde periapical e promover a cicatrização dos tecidos periapicais (SCHALLENBERGER M, et al., 2024).

Na primeira etapa da limpeza dos canais radiculares, a irrigação desempenha um papel fundamental, sendo responsável por ação física e química, fisicamente, ajudando a remover detritos, tecido necrosado e biofilme bacteriano dos canais radiculares, e quimicamente, desinfetando o sistema de canais radiculares, eliminando microrganismos patogênicos e reduzindo a carga bacteriana. Em seguida, vem a instrumentação mecânica, utilizando limas endodônticas para remover o tecido pulpar necrosado, detritos e biofilme bacteriano. Essa etapa é essencial para proporcionar uma forma tridimensional aos canais, facilitando a irrigação subsequente e maximizando a eficácia dos agentes químicos. (DIOGUARDI M, et al., 2018).

A literatura evidencia uma variedade de soluções irrigadoras, destacando-se o hipoclorito de sódio (NaOCl) e o Ácido Etilenodiaminotetracético (EDTA), que têm sido amplamente empregados (HAAPASALO M, et al., 2014; DIOGUARDI M et al., 2018). A eficácia antimicrobiana do hipoclorito de sódio é bem documentada, sendo reconhecido por sua capacidade de eliminar micro-organismos nos complexos canais

radiculares. Por outro lado, o EDTA, um agente quelante, contribui para a remoção do smear layer, facilitando o preparo adequado dos canais (KANDIL HE, et al., 2014). Apesar dos avanços, a escolha da solução irrigadora ideal permanece desafiadora uma vez que diversos estudos clínicos e experimentais têm abordado essa questão, avaliando não apenas a eficácia antimicrobiana, mas também a segurança biocompatível dessas soluções (DEMENECH LS, et al., 2021). A busca por uma solução irrigadora ideal é constante, tendo as pesquisas explorado formulações inovadoras e o potencial de agentes bioativos, com objetivo de promover não apenas a desinfecção, mas também a regeneração tecidual periapical (GOMES B, et al., 2023).

No cerne deste aprimoramento encontra-se a escolha da solução irrigadora, um elemento crucial para o sucesso do tratamento endodôntico. Neste contexto, a presente revisão integrativa visa aprofundar nosso entendimento sobre as soluções irrigadoras em endodontia, explorando suas propriedades, eficácia e segurança associada à biocompatibilidade.

A análise crítica dessas evidências permitirá identificar lacunas no conhecimento atual e oferecer subsídios para aprimorar as práticas clínicas. Através desta revisão, busca-se consolidar o estado atual do conhecimento, fornecendo diretrizes claras para a escolha da solução irrigadora mais adequada, alinhando eficácia, segurança e inovação. Ao fazer isso, espera-se contribuir para o avanço contínuo da endodontia, promovendo tratamentos mais eficazes e preservando a saúde bucal dos pacientes.

MÉTODOS

Para a realização dessa pesquisa que visa identificar a solução irrigadora ideal em Endodontia, propomos uma metodologia estruturada em seis fases. Esta revisão integrativa foi conduzida utilizando PRISMA (Preferred Reported Items for Systematic Review and Meta-analysis). Nossa pergunta norteadora desenvolvida foi “Qual a solução irrigadora ideal em endodontia?” A questão foi construída de acordo com Participants Intervention Comparison Outcome (PICO) (SANTOS, et al., 2007; HUTTON, et al., 2015).

P (Paciente): Refere-se à população de interesse do estudo, como pacientes atendidos para um tratamento endodôntico.

I (Intervenção): Descreve a ação ou tratamento específico que está sendo investigado, no cerne desta pesquisa será o tratamento endodôntico.

C (Comparação): Indica o grupo de comparação, que será os diferentes tipos de soluções irrigadoras.

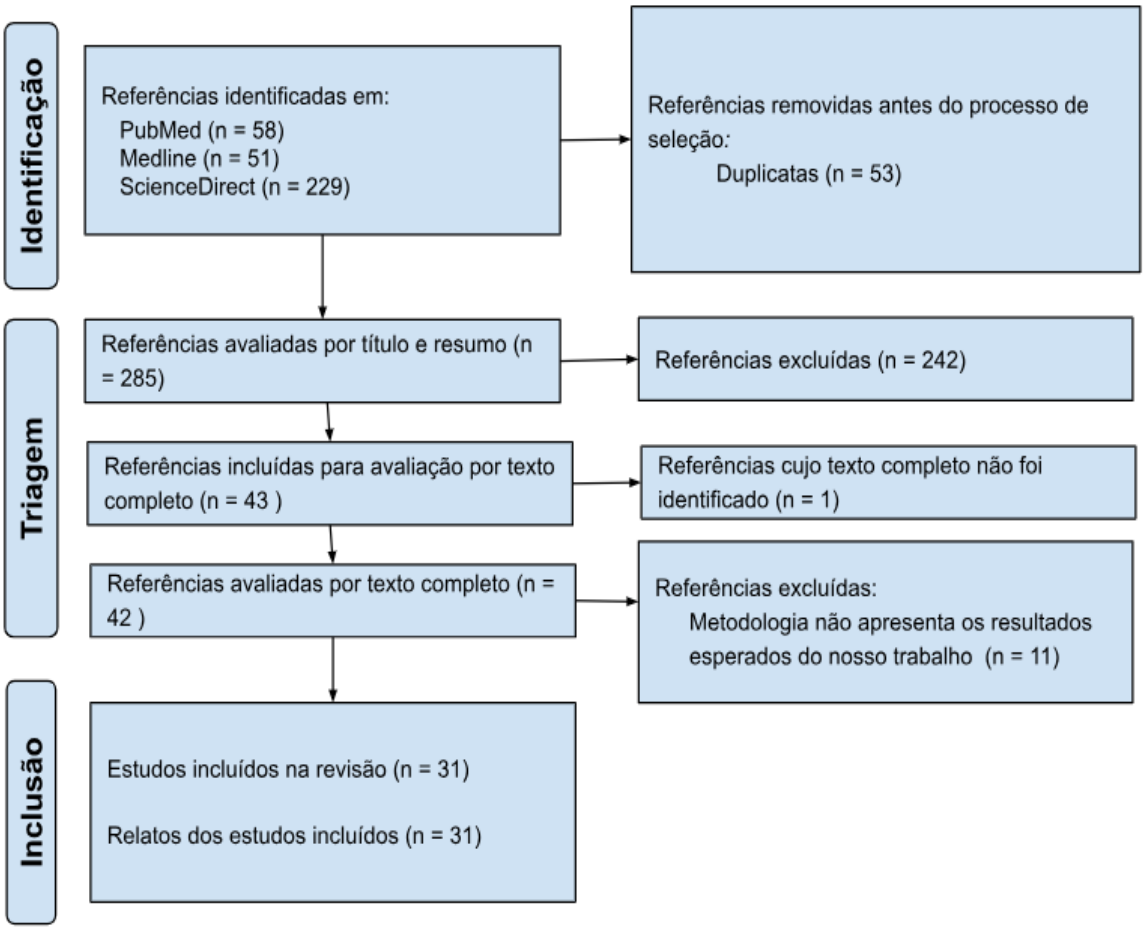
O ("Outcomes" ou desfecho): Analisar variações nas concentrações e formulações das soluções irrigadoras e seu impacto na eficácia do tratamento endodôntico, além de fornecer recomendações práticas para profissionais da área.

Foram utilizados descritores relacionados ao tema, tanto em português quanto em inglês, com as palavras-chave: Irrigantes de canal radicular e endodontia. A pesquisa foi conduzida exclusivamente nas plataformas PubMed, Medline e ScienceDirect, onde foram aplicados filtros de Metanálise, ensaio clínico randomizado e revisão sistemática na plataforma PubMed, além da utilização do Operador Booleano "AND" para filtrar as palavras-chave nas plataformas subsequentes. Os critérios de elegibilidade consideraram fatores como relevância e data de publicação (2014-2024). Os idiomas considerados foram português e inglês. Foram excluídos os artigos duplicados e de acesso restrito, e, após a avaliação do título e resumo, foram incluídas as referências avaliadas por texto completo, com uma observação mais detalhada da metodologia dos artigos recuperados. Com a seleção dos estudos, procedeu-se à análise detalhada, identificando e extraindo informações relevantes ao tema, que respondessem à pergunta norteadora. A interpretação dos resultados e a apresentação da síntese do conhecimento foram realizadas de forma organizada, relacionando os dados aos objetivos específicos da revisão integrativa (LOCKWOOD, et al., 2019). Essa metodologia seguiu as diretrizes propostas por Whittemore e Knafl (2005), garantindo rigor metodológico.

Com a pesquisa nos portais de busca, utilizando os descritores, filtros de texto completo, últimos 10 anos e os idiomas português e inglês, obteve-se um total de 338 artigos, PubMed (n= 58), Medline (n= 51) e ScienceDirect (n= 229), após a leitura de títulos e resumo n=42, com a análise do texto completo e aplicação dos critérios inclusivos e de exclusão, 31 artigos foram eleitos para o desenvolvimento deste trabalho (**Figura 1**).

Um pesquisador conduziu a busca e a seleção dos estudos, seguindo os critérios de elegibilidade estabelecidos. Após essa etapa, ele se reuniu com o orientador, que também seguiu o mesmo procedimento. Juntos, compararam os resultados, identificando possíveis divergências e discutindo as informações extraídas dos artigos selecionados. A partir dessa análise criteriosa, sintetizaram os principais achados, que incluíram as soluções irrigadoras mais utilizadas em endodontia, seus benefícios, malefícios e alternativas investigadas atualmente.

Figura 1 - Fluxograma CONSORT de identificação de estudos.



Fonte: Cardoso SMP, et al., 2026.

RESULTADOS

O levantamento bibliográfico deste trabalho abordou o período de pesquisa de 2014 a 2024, foi encontrado um total de 338 publicações, que após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, foram escolhidos 31 artigos para compor esta revisão, trabalhos estes encontrados nas bases de dados PubMed, Medline e Science Direct. O **Quadro 1** apresenta as 31 publicações selecionadas, evidenciando os autores, ano de publicação, objetivo e principais achados.

Quadro 1 - Resumo dos estudos selecionados.

Autor, ano	Objetivo do estudo	Principais achados
ELFARRAJ H, et al. (2024)	Pesquisar os efeitos das soluções de irrigação endodôntica comumente usadas na composição química da dentina radicular, conforme detectado por espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR).	Os métodos FTIR revelam alterações químicas e nanoestruturais induzidas por soluções de irrigação durante o tratamento do canal radicular, com NaOCl afetando principalmente o componente orgânico, EDTA tendo efeitos menores sobre o componente orgânico e efeitos dependentes do tempo/concentração sobre o componente mineral, GA reduzindo significativamente as relações apatita / colágeno e menores concentrações de soluções de irrigação recomendadas para reduzir a erosão e remoção de domínios estruturalmente importantes na dentina radicular
TAVARES S, et al. (2021)	Avaliar os relatórios comparando a liberação de fatores de crescimento dentinário usando diferentes soluções irrigantes de canal radicular; Avaliar o nível de evidência disponível na literatura científica atualizada para responder à pergunta focada no PICO: "A escolha da solução irrigante de canal radicular influencia a liberação de fatores de crescimento de dentina em dentes humanos?";	Embora a avaliação geral tenha identificado um aumento da liberação de TGF-β1 na dentina tratada com EDTA, a alta heterogeneidade e a certeza baixa a muito baixa das evidências disponíveis exigem mais estudos antes de recomendar o EDTA como a melhor solução irrigante para atingir a liberação de fatores de crescimento de dentina em endodontia regenerativa.
AGARWAL S, et al. (2024)	Avaliar o efeito de diferentes soluções de irrigação na microdureza da dentina do canal radicular; Avaliar o efeito de combinações de soluções de irrigação na microdureza da dentina do canal radicular; Avaliar o efeito dos modos de ativação das soluções de irrigação na microdureza da dentina do canal radicular; Determinar qual tipo de solução de irrigação usada no tratamento endodôntico causa a maior alteração na microdureza da dentina.	As soluções irrigadoras podem alterar a microdureza da dentina do canal radicular, o que impacta o resultado dos tratamentos endodônticos, e que mais pesquisas são necessárias para entender as complexas interações entre diferentes soluções irrigadoras e as propriedades físicas e mecânicas da dentina usando metodologias padronizadas.
ÖZLEK E, et al. (2023)	Avaliar histologicamente a eficiência da remoção de detritos usando soluções de NaOCl a 2,5% e 5,25%; Avaliar a eficácia da ativação das soluções de NaOCl usando métodos de aquecimento a laser, ultrassônico e intracanal.	A solução de NaOCl a 5,25% proporcionou uma limpeza significativamente mais eficaz do canal radicular em comparação com a solução de NaOCl a 2,5%, e a ativação da solução de NaOCl usando métodos de aquecimento a laser, ultrassônico ou intracanal melhorou a eficácia da solução em ambas as concentrações, sendo a ativação do laser a mais eficaz.
TULSANI S, et al. (2014)	Comparar a eficácia antimicrobiana do hipoclorito de sódio a 2,5% e do Biopure MTAD contra Enterococcus faecalis em dentes anteriores superiores decíduos necróticos; Usar a análise de PCR em tempo real para detectar e quantificar a presença de E. faecalis nos canais radiculares.	NaOCl 2,5% e Biopure MTAD mostraram-se igualmente eficazes na redução dos níveis de Enterococcus faecalis em dentes anteriores decíduos necróticos, mas são necessários mais estudos in vivo com amostras maiores.
FARHIN H, et al. (2015)	Avaliar a redução da carga bacteriana utilizando o MTAD como solução irrigadora em dentes decíduos pulpectomizados.	O MTAD pode ser sugerido como um irrigante alternativo para pulpectomia de dentes decíduos necróticos devido à sua capacidade superior de reduzir a carga bacteriana em comparação com NaOCl a 1%.
BHANDI S, et al. (2021)	O objetivo do estudo foi fornecer uma análise qualitativa da literatura publicada avaliando nanopartículas de prata como irrigantes de canais radiculares.	As nanopartículas de prata têm efeitos antimicrobianos quando usadas como irrigantes do canal radicular, mas sua eficácia depende de fatores como tamanho de partícula e duração do contato, que requerem uma investigação mais aprofundada.

Autor, ano	Objetivo do estudo	Principais achados
GONÇALVES LS, et al. (2016)	Comparar a eficácia do hipoclorito de sódio (NaOCl) e da clorexidina (CHX) como soluções irrigantes para desinfecção do canal radicular durante a terapia do canal radicular.	As evidências disponíveis sobre a eficácia do hipoclorito de sódio (NaOCl) e da clorexidina (CHX) como irrigantes do canal radicular são escassas e inconsistentes, e ensaios clínicos randomizados adicionais bem desenhados são necessários para comparar sua eficácia usando resultados clínicos e analisando dentes unirradiculares e multirradiculares.
RUKSAKIET K, et al. (2020)	Comparar a eficácia antimicrobiana da clorexidina (CHX) e do hipoclorito de sódio (NaOCl) como irrigantes de canais radiculares; Realizar uma revisão sistemática e meta-análise de ensaios clínicos randomizados (ECR) que investigam a eficácia antimicrobiana de CHX e NaOCl na desinfecção de canais radiculares; Melhorar o resultado do tratamento endodôntico.	Tanto a clorexidina (CHX) quanto o hipoclorito de sódio (NaOCl) foram considerados igualmente eficazes na redução de infecções endodônticas durante o tratamento de canal radicular, mas sua aplicação consecutiva com lavagens intermediárias é recomendada devido ao potencial de formação de precipitado quando misturados, e estudos adicionais bem projetados são necessários.
TANVIR Z, et al. (2023)	Este estudo teve como objetivo avaliar e comparar a eficácia antimicrobiana da solução de nano prata (NS), Azadirachta indica, hipoclorito de sódio e solução salina normal quando usadas como irrigantes em canais radiculares infectados de dentes decíduos.	A solução de nanosilver (NS) foi considerada o irrigador antimicrobiano mais eficaz para canais radiculares de dentes decíduos em comparação com hipoclorito de sódio e Azadirachta indica (neem).
SHABBIR J, et al. (2022)	Analisar sistematicamente e criticamente a literatura sobre o uso de SDF como medicamento intracanal ou irrigante, em comparação com outros agentes antibacterianos; Determinar se o efeito antibacteriano do SDF contra E. faecalis é melhor do que outros medicamentos intracanais e irrigantes.	O SDF pode ser eficaz contra E. faecalis e pode ser usado como medicamento intracanal ou irrigante, mas ainda são necessários mais estudos em animais e clínicos para determinar definitivamente sua eficácia no tratamento endodôntico.
MARU VP, et al. (2020)	Aavaliar a redução da carga bacteriana usando Papacarie e Carisolv como soluções de irrigação em molares primários pulpectomizados.	Papacarie e Carisolv podem ser sugeridos como irrigantes alternativos para pulpectomia de dentes decíduos necróticos devido à sua capacidade de reduzir significativamente a carga bacteriana.
ELKHASHAB RAM, et al. (2018)	Comparar a eficácia antimicrobiana de Salvadora Persica (Miswak-Siwak), quitosana e hipoclorito de sódio (NaOCl); Comparar a capacidade desses irrigantes de remover a camada de esfregaço.	O uso de alternativas à base de plantas como Salvadora Persica (Miswak) e quitosana como soluções de irrigação de canal radicular pode ser vantajoso em comparação com o hipoclorito de sódio comumente usado, devido às propriedades desfavoráveis do hipoclorito de sódio.
HERRERA SAUCEDO A, et al. (2017)	Comparar a eficácia do OxOral® e do hipoclorito de sódio na eliminação de Enterococcus faecalis em 15 e 60 segundos.	O hipoclorito de sódio (NaOCl) a 5,25% foi mais eficaz do que a solução eletrolisada de superoxidação OxOral® na eliminação de Enterococcus faecalis, especialmente quando usado por 60 segundos.
ARAUJO HC, et al. (2020)	Avaliar os efeitos antimicrobianos de um nanocarreador de CHX em C. glabrata e E. faecalis; Avaliar os efeitos antibiofilme do nanocarreador CHX em C. glabrata e E. faecalis; Testar o efeito citotóxico do nanocarreador de CHX em fibroblastos murinos.	O nanocarreador IONPs-CS-CHX mostrou efeitos antimicrobianos semelhantes ao CHX sozinho em células planctônicas, mas efeitos antibiofilme superiores e citotoxicidade reduzida em baixas concentrações em comparação com o CHX.
GÜÇLÜER Ö, et al. (2020)	Avaliar se várias soluções de extrato de Sapindus mukorossi têm efeitos de dissolução nos tecidos pulpares humanos; Testar a hipótese nula de que as diferentes soluções de extrato obtidas de S. mukorossi não tiveram efeito de dissolução nos tecidos pulpares humanos.	Os diferentes extratos de Sapindus mukorossi tinham capacidade de dissolver o tecido pulpar humano, mas essa capacidade era menor que a do hipoclorito de sódio, e mais estudos são necessários para aumentar a eficácia dos extratos de S. mukorossi para uso potencial como irrigante endodôntico natural.

Autor, ano	Objetivo do estudo	Principais achados
(KANDIL HE, et al. (2014)	Comparar o efeito de diferentes soluções irrigantes (NaOCl, ácido málico, EDTA, MTAD) na microdureza da dentina do canal radicular; Avaliar a capacidade dessas soluções irrigantes em remover a camada de esfregaço das paredes do canal radicular	O ácido málico foi a solução irrigante mais eficaz para reduzir a microdureza dentinária e remover a camada de esfregaço, especialmente no terço apical do canal radicular, em comparação com outros irrigantes como EDTA, MTAD e NaOCl.
ZIA A, et al. (2014)	Comparar a capacidade de condicionamento radicular de MTAD e EDTA.	O MTAD pode ser usado como um agente condicionador radicular eficaz com capacidade eficiente de remoção da camada de esfregaço, atividade antimicrobiana e penetração aprimorada em comparação com o EDTA.
DARRAG AM (2014)	Comparar a eficácia das soluções de EDTA a 17%, ácido cítrico a 10%, Biopure MTAD e quitosana a 0,2% na remoção da camada de esfregaço do canal radicular nos níveis coronal, médio e apical.	Os agentes quelantes testados, incluindo 17% de EDTA, 10% de ácido cítrico, MTAD e 0,2% de quitosana, conseguiram remover efetivamente, mas não completamente, a camada de esfregaço e foram mais eficazes nos terços coronal e médio do canal radicular em comparação com o terço apical.
DAOOD U, et al. (2021)	Os objetivos do estudo foram avaliar a eficácia antimicrobiana do recém-desenvolvido irrigante k21/E contra o biofilme de E. faecalis.	O novo irrigante 0,5% k21/E tem a capacidade de reduzir e interromper o biofilme de E. faecalis, o que pode posteriormente melhorar os resultados do tratamento do canal radicular.
TRAUTMANN E, et al. (2021)	Investigar se a alcalinização de uma solução de peróxido de hidrogênio (H2O2) pode aumentar sua capacidade de dissolução de tecidos moles; Investigar se a alcalinização de uma solução de H2O2 pode aumentar seu poder de clareamento na dentina manchada de sangue ; Comparar os efeitos de uma solução alcalinizada de H2O2 com uma solução de hipoclorito de sódio (NaOCl).	A discussão conclui que as soluções alcalinizantes de peróxido de hidrogênio não fornecem os mesmos efeitos proteolíticos e clareadores na dentina manchada de sangue que as soluções de hipoclorito de sódio, destacando as propriedades únicas do hipoclorito de sódio no tratamento endodôntico.
GOKTURK H, et al. (2021)	Avaliar o efeito de diferentes agentes quelantes (EDTA-líquido, EDTA-gel, ácido maleico, ácido peracético, ácido cítrico) na quantidade de detritos apicalmente extrudados durante o preparo do canal radicular com um sistema alternativo de lima única; Investigar o efeito da tensão superficial das soluções de irrigação na quantidade de detritos extrudados apicalmente.	A presença de gel de EDTA, ácido peracético e ácido cítrico no canal radicular durante o preparo com sistema alternativo de lima única reduziu a quantidade de detritos extrudados apicalmente em comparação com outras soluções, mas não houve correlação significativa entre a tensão superficial dos irrigantes e a quantidade de extrusão apical.
NAVARRETE N, et al. (2023)	Avaliar a capacidade de dissolução do tecido pulpar do hipoclorito de sódio (NaOCl) quando misturado com etidronato tetrassódico (Na 4 HEBP) e etilenodiaminotetraacetato dissódico (Na 2 EDTA) sob condições de fluxo controlado.	A entrega controlada de EDTA e HEBP não alterou a capacidade de dissolução tecidual de soluções de NaOCl atualizadas.
PHOTHICHAILERT S, et al. (2023)	Investigar os efeitos do EDTA em células-tronco da papila apical (SCAPs) in vitro; Examinar os efeitos diretos de diferentes concentrações de EDTA na proliferação, apoptose, migração e diferenciação de SCAP	O EDTA exibe efeitos negativos diretos nas células-tronco da papila apical (SCAPs) in vitro, incluindo atenuação da proliferação celular, migração e diferenciação osteogênica e promoção da apoptose precoce, portanto, seu uso clínico em procedimentos endodônticos regenerativos deve ser realizado com cautela.
NATSIR N, et al. (2023)	Avaliar a eficácia da decocção de folhas de moringa para remover a camada de esfregaço, em comparação com NaOCl e EDTA; Avaliar as atividades antimicrobianas da decocção de folhas de moringa contra E. faecalis e S. mutans.	A decocção de folhas de moringa mostrou capacidade significativamente melhor de remover a camada de esfregaço dos túbulos dentinários em comparação com NaOCl 2,5% e EDTA 17,0% e, portanto, pode ser considerada como uma potencial solução irrigante alternativa para o tratamento endodôntico.

Autor, ano	Objetivo do estudo	Principais achados
ZAND V, et al. (2023)	Avaliar o efeito de NaOCl, curcumina e EDTA na proliferação de células-tronco da polpa dentária (DPSCs); Avaliar o impacto desses irrigantes na fixação/adesão de DPSCs a amostras de dentina; Investigar a influência desses irrigantes na diferenciação de DPSCs em células semelhantes a odontoblastos.	Todos os três irrigantes testados (NaOCl, EDTA e curcumina) podem ser recomendados para uso em tratamento endodôntico regenerativo, mas a curcumina como material natural e biocompatível exibiu menos efeitos adversos em comparação com NaOCl e EDTA.
TSAI CF, et al. (2024)	Avaliar a atividade antibacteriana de diferentes concentrações de HOCl contra bactérias orais Gram-positivas e Gram-negativas; Comparar a atividade antibacteriana de HOCl com agentes comumente usados como NaOCl e CHX; Avaliar a citotoxicidade de diferentes concentrações de HOCl em fibroblastos L929 e macrófagos RAW 264.7	O HOCl na concentração de 400 ppm pode ser considerado um potencial agente antimicrobiano para uso em enxaguatórios bucais, irrigação endodôntica e tratamento de periodontite devido à sua alta atividade antibacteriana e baixa citotoxicidade em comparação com os agentes comumente usados.
MUKUNDAN D, et al. (2024)	Avaliar e comparar a eficácia da irrigação com hipoclorito de sódio (NaOCl) a 1% e 3% na redução da carga bacteriana nos canais radiculares dos dentes decíduos.	NaOCl a 1% é igualmente eficaz quanto NaOCl a 3% na redução da contagem bacteriana em canais radiculares, e usar a concentração mais baixa de NaOCl a 1% é uma alternativa viável que pode minimizar o dano tecidual e, ao mesmo tempo, garantir a eliminação bacteriana eficaz.
KHANGWAL M, et al. (2024)	Comparar a eficácia de nanopartículas de quitosana a 0,2% e novos irrigantes químicos com surfactante (ChX-Ultra, NaOCl-Extra, Pro-EDTA, Biopure MTAD) na remoção da camada de esfregaço no terço apical da raiz. Correlacionar a remoção da smear layer com a redução da microdureza dentinária causada por esses irrigantes.	A eliminação da smear layer é sempre acompanhada por uma redução na microdureza, e os irrigantes com surfactante e quelantes melhoraram a remoção da smear layer, com os melhores resultados observados com o Biopure MTAD, que teve menor redução na microdureza do que o pró-EDTA. Além disso, as nanopartículas de quitosana a 0,2% tiveram um efeito quelante com alteração mínima na microdureza em comparação com o pró-EDTA e o Biopure MTAD.
MARU VP, et al. (2024)	Avaliar o impacto citotóxico das soluções de irrigação com 5,25% de NaOCl, 3,8% de SDF e BioAKT na viabilidade das células-tronco da polpa dentária (DPSCs); Comparar os efeitos dessas três soluções de irrigação na viabilidade do DPSC; Testar a hipótese nula de que a viabilidade do DPSC seria consistente entre as diferentes soluções de irrigação.	O estudo descobriu que 3,8% das soluções SDF e BioAKT tiveram melhores resultados em termos de viabilidade do DPSC, proliferação e potencial de funcionamento da ALP a longo prazo em comparação com 5,25% de NaOCl, e que mais pesquisas clínicas são necessárias para determinar a concentração ideal dessas soluções para uso em terapias endodônticas regenerativas.
PARCHAMI K, et al. (2024)	Investigar os efeitos de várias soluções endodônticas irrigantes na viabilidade de células-tronco da papila apical (SCAPs) em um ambiente in vitro.	Os efeitos das soluções endodônticas irrigantes na viabilidade das células-tronco da papila apical (SCAPs) são dependentes da concentração, com concentrações mais altas reduzindo significativamente a viabilidade celular, mas concentrações mais baixas tendo menos efeitos adversos.

Fonte: Cardoso SMP, et al., 2026.

DISCUSSÃO

A escolha da solução irrigadora exerce influência direta no sucesso do tratamento endodôntico, uma vez que esses agentes atuam não apenas na desinfecção do sistema de canais radiculares, mas também na modificação da estrutura dentinária, na remoção da camada de esfregaço, na viabilidade celular e, mais recentemente, na liberação de fatores de crescimento relevantes para a endodontia regenerativa. Dessa forma, a presente discussão aborda de maneira integrada os principais efeitos das soluções irrigadoras descritos na literatura, destacando seus benefícios clínicos, limitações e implicações biológicas, com base nos estudos incluídos nesta revisão.

Efeitos na estrutura dentinária: A literatura tem demonstrado que diferentes soluções irrigadoras podem impactar a estrutura dentinária, incluindo alterações na microdureza e na composição mineral. De acordo com Elfarr aj, et al. (2024), o hipoclorito de sódio (NaOCl) atua principalmente sobre o componente orgânico da dentina, com concentrações mais elevadas promovendo maior perda e depleção desses componentes ao longo de centenas de mícrons da parede dentinária. Por outro lado, o EDTA exerce efeito mais limitado sobre o componente orgânico, enquanto suas ações sobre o componente mineral são dependentes do tempo e da concentração.

Embora ambos causem alterações estruturais, a avaliação da relação dano/benefício deve considerar o objetivo clínico: enquanto essas soluções podem enfraquecer a dentina em certo grau, seu uso controlado favorece a limpeza eficiente dos túbulos dentinários e a remoção da camada de esfregaço, fatores essenciais para o sucesso da desinfecção e da vedação do sistema de canais radiculares. Assim, o impacto na estrutura dentinária, quando balanceado com a eficácia antimicrobiana e a capacidade de limpeza, pode contribuir positivamente para o resultado clínico. O aumento do tempo de contato com hipoclorito de sódio (NaOCl) foi associado a uma maior redução na microdureza da dentina em comparação a outros irrigantes (AGARWAL S, et al., 2024; KANDIL HE, et al., 2014).

Outros irrigantes, incluindo EDTA, ácido cítrico e soluções herbais, também diminuíram significativamente a microdureza da dentina. A redução máxima na microdureza da dentina foi observada com 2,5% de NaOCl após 15 minutos de tempo de contato (AGARWAL S, et al., 2024). Já o ácido málico causou a maior redução na microdureza da dentina radicular em comparação aos outros irrigantes testados. O ácido málico, o EDTA e o MTAD foram eficazes na remoção da camada de esfregaço nos terços coronal e médio do canal radicular, mas o ácido málico foi o mais eficaz no terço apical. O ácido málico foi a solução irrigadora final mais eficiente após o uso de NaOCl durante todo o processo de instrumentação (KANDIL HE, et al., 2014).

Capacidade de remoção da camada de esfregaço: A remoção da camada de esfregaço é um passo fundamental nos tratamentos endodônticos, pois esse depósito orgânico e inorgânico, formado durante o preparo biomecânico dos canais radiculares, pode atuar como uma barreira física, dificultando a penetração dos irrigantes, seladores e materiais restauradores nas paredes dentinárias. Além disso, sua presença favorece a retenção de microrganismos e toxinas, comprometendo a limpeza e o sucesso do tratamento(VIOLICH DR e CHANDLER NP, 2010).

Para alcançar a remoção efetiva dessa camada, diversos irrigantes químicos e biológicos têm sido estudados, cada um com características distintas de ação, abrangendo desde soluções tradicionais, como EDTA e ácido cítrico, até alternativas inovadoras, como quitosana e extratos herbais. Essas substâncias variam em eficácia dependendo da região do canal radicular e da composição da camada de esfregaço (DARRAG AM, 2014; KANDIL HE, et al., 2014).

De acordo com Kandil HE, et al. (2014), o ácido málico causou a maior redução na microdureza da dentina radicular em comparação aos outros irrigantes testados. O ácido málico, o EDTA e o MTAD foram eficazes na remoção da camada de esfregaço nos terços coronal e médio do canal radicular, mas o ácido málico foi o mais eficaz no terço apical. Já no estudo de Darrag AM (2014) a solução de quitosana a 0,2% foi a mais eficaz na remoção da camada de esfregaço em comparação às outras soluções testadas (17% EDTA, 10% ácido cítrico e MTAD) em todas as regiões do canal radicular. O MTAD foi mais eficaz do que o

EDTA e o ácido cítrico na remoção da camada de esfregaço na região apical do canal radicular. Nenhuma das soluções testadas foi capaz de remover completamente a camada de esfregaço, especialmente na região apical do canal radicular.

Ademais, concluiu-se no estudo de Zia A, et al. (2014), que O MTAD foi considerado um agente condicionador de raiz eficaz que removeu com sucesso a camada de esfregaço das superfícies da raiz. Ele foi mais eficaz que o EDTA na remoção da camada de esfregaço das superfícies da raiz. A eficácia melhorada do MTAD em comparação ao EDTA foi atribuída ao seu baixo pH e à presença de um detergente (Tween-80), que melhorou sua penetração e remoção da camada de esfregaço. Essa solução irrigadora é composta por um antibiótico (doxiciclina), um ácido cítrico e o detergente mencionado, cuja combinação potencializa sua ação quelante e antimicrobiana.

De acordo com os achados de Natsir N, et al. (2023), o uso de extratos herbais, como moringa e quitosana (fibra natural derivada da quitina, encontrada em crustáceos), também tem se mostrado promissor. A decocção, método de extração, que consiste na fervura da planta em água para obtenção de compostos ativos de folhas de moringa a 2,5% e 5,0%, foi tão eficaz quanto EDTA a 17% na remoção da camada de esfregaço e mais eficaz que NaOCl a 2,5%. A decocção de folhas de moringa a 5,0% teve maior atividade antimicrobiana contra Enterococcus faecalis e Streptococcus mutans em comparação à decocção a 2,5%. A análise fitoquímica revelou a presença de flavonoides, saponinas e taninos na decocção de folhas de moringa, o que provavelmente contribui para suas propriedades antimicrobianas e de remoção da camada de esfregaço.

Eficácia antimicrobiana: A eficácia antimicrobiana é um dos aspectos mais relevantes na escolha de irrigantes utilizados durante o tratamento endodôntico, sendo crucial para a eliminação de microrganismos patogênicos e para o sucesso clínico a longo prazo. Diversos agentes irrigantes têm sido investigados por sua capacidade de desinfecção do sistema de canais radiculares, especialmente em casos de infecção persistente por bactérias resistentes como *Enterococcus faecalis* (DUBEY S, et al., 2017). No entanto, os estudos tiveram várias limitações metodológicas, incluindo falta de relato claro dos procedimentos de randomização, falta de cegamento e falta de correlação entre os resultados microbiológicos e clínicos, tornando desafiador estabelecer um consenso sobre o irrigante mais eficaz. Os estudos usaram métodos laboratoriais heterogêneos para avaliar a eficácia dos irrigantes, o que pode ter contribuído para os achados inconsistentes (GONÇALVES LS, et al., 2016).

Além dos agentes tradicionais, como hipoclorito de sódio (NaOCl) e clorexidina (CHX), alternativas como nanopartículas de prata (AgNPs) e o Biopure MTAD vêm ganhando destaque devido ao seu potencial promissor (BHANDI S, et al., 2021; TULSANI S, et al., 2014).

Os autores Ruksakiet K, et al. (2020) propõem a aplicação consecutiva de CHX e NaOCl com lavagens intermediárias entre cada irrigante, pois sua mistura pode causar a formação de precipitado. Alternativas como o Biopure MTAD e nanopartículas de prata (AgNPs) têm mostrado potencial promissor. Tanto o hipoclorito de sódio 2,5% (NaOCl) quanto o Biopure MTAD foram eficazes na redução da quantificação relativa (RQ) de Enterococcus faecalis em dentes anteriores primários maxilares necróticos. O grupo Biopure MTAD apresentou a menor presença de E. faecalis nas amostras pós-instrumentação, embora a diferença entre os grupos NaOCl e MTAD não tenha sido estatisticamente significativa. O estudo de Tulsani S, et al. (2014) concluiu que tanto o NaOCl 2,5% quanto o Biopure MTAD foram igualmente eficazes contra E. faecalis em dentes anteriores primários necróticos, mas são necessários mais estudos in vivo com tamanhos de amostra maiores.

De acordo com os estudo de Bhandi S, et al. (2021), todos mostraram uma redução na contagem bacteriana com AgNPs, mas nenhum estudo mostrou eliminação completa de microrganismos quando AgNPs foram usados sozinhos. A eficácia antimicrobiana de AgNPs parece depender de fatores como tamanho de partícula e duração do contato, com tamanhos de partícula menores (<10 nm) e tempos de contato mais longos mostrando melhores resultados. O uso de AgNPs em combinação com outros procedimentos adjuvantes, como lasers, pode aumentar sua eficácia antimicrobiana em comparação ao uso de AgNPs sozinho.

Liberação de fatores de crescimento: Os fatores de crescimento têm despertado grande interesse na endodontia regenerativa devido ao seu papel crucial na modulação de processos biológicos essenciais, como proliferação celular, diferenciação e reparação tecidual. Esses biomoléculas, como o fator de crescimento transformador beta (TGF-β) e o fator de crescimento derivado de plaquetas (PDGF), são conhecidos por promoverem a regeneração de tecidos conjuntivos, ósseos e vasculares, desempenhando um papel vital na reparação dos danos causados por infecções pulpares e lesões periapicais(GLYNIS A, et al., 2021).

No contexto das soluções irrigadoras, a incorporação de fatores de crescimento tem se mostrado uma estratégia promissora, pois além de atuar na descontaminação do sistema de canais radiculares, essas soluções podem criar um ambiente favorável para o recrutamento de células-tronco e a regeneração tecidual Assim, a associação entre fatores de crescimento e soluções irrigadoras não apenas potencializa o reparo das estruturas afetadas, mas também amplia as possibilidades terapêuticas, especialmente em casos que envolvem regeneração pulpar e dentinária (TAVARES S, et al., 2021; PARCHAMI K, et al., 2024).

Nesse contexto, os autores Tavares S, et al. (2021), concluíram em seus estudos que o EDTA, particularmente EDTA a 10%, resultou em maior liberação de TGF-β1 da dentina em comparação a outros irrigantes, como o ácido cítrico. No entanto, a evidência é de baixa a muito baixa certeza devido à alta heterogeneidade entre os estudos, portanto, mais pesquisas de alta qualidade são necessárias antes de recomendar definitivamente o EDTA como o melhor irrigante para promover a liberação do fator de crescimento da dentina na endodontia regenerativa.

Viabilidade celular e citotoxicidade: A utilização de células-tronco em tratamentos regenerativos de endodontia tem emergido como uma estratégia inovadora, capaz de transformar os paradigmas tradicionais da prática clínica. Essas células possuem um potencial único de autorrenovação e diferenciação em vários tipos celulares, incluindo odontoblastos, fibroblastos e outras células essenciais para a formação de tecidos dentários e suporte periodontal. Em tratamentos regenerativos, como a revitalização pulpar e a reparação de lesões periapicais, as células-tronco desempenham um papel central na reconstrução funcional de tecidos perdidos ou danificados. Além disso, fontes acessíveis de células-tronco, como a polpa dentária, tecido periapical e células-tronco mesenquimais, têm ampliado as possibilidades de sua aplicação clínica (MARÍ-BEFFA M, et al., 2017).

Ainda, diversos estudos vêm sendo realizados, como o de Phothichailert S, et al. (2023), onde estudou o efeito do EDTA: EDTA a 2,50% e 1,25% não apresentou citotoxicidade significativa ou alterou a morfologia celular das células-tronco da papila apical (SCAPs). Ele atenuou a proliferação celular e reduziu a expressão de mRNA MKI67 em SCAPs. Induziu significativamente apoptose celular precoce em SCAPs em 48 h. A migração celular foi retardada com o tratamento com EDTA em SCAPs. Diminuiu a deposição mineral por SCAPs quando mantidos em um meio de indução osteogênica no dia 14.

Já quando tratamos sobre outras soluções, os autores Maru VP, et al. (2024) discorrem sobre as diferentes doses de 3,8% de SDF e solução BioAKT, no qual não causaram nenhum efeito citotóxico nas células-tronco da polpa dentária (DPSCs) em comparação ao grupo controle do estudo. A solução BioAKT demonstrou a maior viabilidade celular, proliferação e atividade de fosfatase alcalina (ALP) em longo prazo em comparação com 3,8% de SDF e 5,25% de NaOCl. 5,25% de NaOCl apresentou a menor viabilidade celular, proliferação e atividade de ALP em comparação com as outras soluções testadas.

A resposta das células-tronco da papila apical (SCAPs) a diferentes irrigantes endodônticos varia significativamente, com o impacto dependendo da concentração do irrigante. Concentrações maiores que 1,5% de hipoclorito de sódio, 2% de clorexidina, 10% de ácido cítrico e 2,5% de EDTA reduzem significativamente a viabilidade do SCAP. 17% de EDTA, conforme recomendado pelas diretrizes da AAE, continua sendo uma escolha apropriada para procedimentos endodônticos regenerativos devido à sua capacidade de induzir a liberação do fator de crescimento, apesar de seu impacto negativo moderado na viabilidade do SCAP (PARCHAMI K, et al., 2024).

Alternativas à base de plantas e novas tecnologias: Nos últimos anos, tem havido um crescente interesse em alternativas naturais e biocompatíveis para as soluções irrigadoras tradicionais. Soluções contendo nanopartículas, como as nanopartículas de prata (AgNPs), estão sendo estudadas como potenciais substitutos para irrigantes antimicrobianos, dada sua elevada eficácia na redução da carga microbiana e sua capacidade de penetrar em áreas de difícil acesso dentro do canal radicular (KHANGWAL M, et al., 2024).

Essas novas tecnologias, aliadas a um menor impacto tóxico em células e tecidos periapicais, podem representar o futuro da irrigação endodôntica, especialmente em tratamentos que requerem uma abordagem mais biocompatível e menos agressiva. A exploração dessas alternativas é especialmente importante diante da crescente preocupação com a toxicidade e os efeitos colaterais a longo prazo dos irrigantes químicos tradicionais (PARCHAMI K, et al., 2024; MARU VP, et al., 2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na revisão das evidências científicas, não há uma solução irrigadora única que seja ideal para todos os aspectos do tratamento endodôntico. O hipoclorito de sódio (NaOCl) demonstrou elevada capacidade antimicrobiana, mas também um impacto negativo na microdureza da dentina. O EDTA, ácido cítrico e ácido málico foram eficazes na remoção da camada de esfregaço, com variações quanto à região do canal radicular. Alternativas como nanopartículas de prata e extratos herbais têm se mostrado promissoras, com menor toxicidade e boa eficácia antimicrobiana. O EDTA também se destacou na liberação de fatores de crescimento, favorecendo processos regenerativos. No entanto, sua citotoxicidade em concentrações mais elevadas levanta questões sobre seu uso prolongado. Estudos sugerem que a combinação de diferentes irrigantes, como NaOCl e CHX com lavagens intermediárias, pode otimizar os resultados, evitando formação de precipitados indesejados. Diante dessas evidências, a escolha da solução irrigadora deve ser pautada em um equilíbrio entre sua capacidade antimicrobiana, biocompatibilidade e preservação da estrutura dentinária. Assim, é recomendável que o profissional adapte o protocolo de irrigacão conforme a necessidade clínica, combinando diferentes agentes para maximizar a eficácia do tratamento endodôntico.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Estadual do Piauí (UESPI) pelo apoio institucional e pelo suporte financeiro concedido por meio da bolsa de Iniciação Científica, que possibilitou o desenvolvimento desta pesquisa. Agradecem, ainda, aos professores Dr. Carlos Alberto Monteiro Falcão e Dra. Maria Ângela Arêa Leão Ferraz pelas valiosas contribuições na elaboração, orientação e desenvolvimento do presente artigo.

REFERÊNCIAS

1. AGARWAL S, et al. Effect of different irrigating solutions on root canal dentin microhardness—A systematic review with meta-analysis. Journal of Functional Biomaterials, 2024; 15(5): eXXXX.
2. SCHALLENBERGER M, et al. A importância das soluções irrigadoras na endodontia: uma revisão de literatura. Revista FT, v. 29, n. 141, dez. 2024.
3. ALJIFA M, et al. Quality of life and satisfaction outcomes of endodontic treatment. Journal of Healthcare Sciences, 2022; 2(5): 79-84.
4. ARAUJO HC, et al. Antimicrobial, antibiofilm and cytotoxic effects of a colloidal nanocarrier composed by chitosan-coated iron oxide nanoparticles loaded with chlorhexidine. Journal of Dentistry, 2020; 101: 103453.
5. BHANDI S, et al. Antimicrobial efficacy of silver nanoparticles as root canal irrigants: A systematic review. Journal of Clinical Medicine, 2021; 10(5): 1-15.
6. DAOOD U, et al. Antibacterial and antibiofilm efficacy of K21-E in root canal disinfection. Dental Materials, 2021; 37(10): 1511-1528.

7. DARRAG AM. Effectiveness of different final irrigation solutions on smear layer removal in intraradicular dentin. Tanta Dental Journal, 2014; 11(2): 93-99.
8. DEMENECH LS, et al. Biocompatibility of the 8.25% sodium hypochlorite irrigant solution in endodontics: An in vivo study. Microscopy Research and Technique, 2021; 84(7): 1506-1512.
9. DIOGUARDI M, et al. Endodontic irrigants: Different methods to improve efficacy and related problems. European Journal of Dentistry, 2018; 12(3): 459-466.
10. DUBEY S, et al. Comparative antimicrobial efficacy of selected root canal irrigants on commonly isolated microorganisms in endodontic infection. European Journal of Dentistry, 2017; 11(1): 12-16.
11. ELFARRAJ H, et al. Effects of endodontic root canal irrigants on tooth dentin revealed by infrared spectroscopy: A systematic literature review. Dental Materials, 2024; 40(8): 1021-1032.
12. ELKHASHAB RAM, et al. Comparison of antibacterial effect and smear layer removal of herbal versus traditional irrigants – An in vitro study. Future Dental Journal, 2018; 4(2): 165-169.
13. FARHIN K, et al. Reduction in bacterial loading using MTAD as an irrigant in pulpectomized primary teeth. Journal of Clinical Pediatric Dentistry, 2015; 39(2): 100-104.
14. GLYNIS A, et al. Regenerative endodontic procedures for the treatment of necrotic mature teeth with apical periodontitis: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Journal of Endodontics, 2021; 47(6): 873-882.
15. GOKTURK H, et al. Effect of different chelating agents and their surface tension on the amount of apically extruded debris. Journal of Dental Sciences, 2021; 16(1): 195-200.
16. GONÇALVES LS, et al. The effect of sodium hypochlorite and chlorhexidine as irrigant solutions for root canal disinfection: A systematic review of clinical trials. Journal of Endodontics, 2016; 42(4): 527-532.
17. GÜÇLÜER Ö, et al. Human pulp tissue dissolution ability of different extracts of Sapindusmukorossi: An in vitro study. Chinese Herbal Medicines, 2020; 12(2): 178-182.
18. HAAPASALO M, et al. Irrigation in endodontics. British Dental Journal, 2014; 216(6): 299-303.
19. HERRERA SAUCEDO A, et al. Comparison of OxOral® and NaOClirrigants efficiency in Enterococcus faecalis elimination. Revista Odontológica Mexicana, 2017; 21(4): e233-e236.
20. HUTTON B, et al. The PRISMA extension statement for reporting of systematic reviews incorporating network meta-analyses of health care interventions. Annals of Internal Medicine, 2015; 162(11): 777-784.
21. KANDIL HE, et al. Effect of different irrigant solutions on microhardness and smear layer removal of root canal dentin. Tanta Dental Journal, 2014; 11(1): 1-11.
22. KHANGWAL M, et al. Effectiveness of chitosan nanoparticles and novel chemical irrigants with surfactant on smear layer removal and microhardness alteration. Journal of Oral Biology and Craniofacial Research, 2024; 14(5): 578-584.
23. LOCKWOOD C, et al. Practical guidance for knowledge synthesis: Scoping review methods. Asian Nursing Research, 2019; 13(5): 287-294.
24. MARÍ-BEFFA M, et al. Regenerative endodontic procedures: A perspective from stem cell niche biology. Journal of Endodontics, 2017; 43(1): 52-62.
25. MARU V, et al. Evaluation of cytotoxicity of 3.8% SDF and BioAKT solutions on the viability of dental pulp stem cells. Journal of Oral Biology and Craniofacial Research, 2024; 14(1): 86-91.
26. MARU VP, et al. Reduction in bacterial loading using papacarie and carisolv as an irrigant in pulpectomized primary molars. Journal of Clinical Pediatric Dentistry, 2020; 44(3): 174-179.
27. GOMES B, et al. Irrigating solutions and activation systems in endodontics: evidence and deficiencies. *Journal of Endodontics*, v. 49, n. 10, p. 1235–1247, 2023.
28. MUKUNDAN D, et al. Comparative evaluation of the efficacy of 1% and 3% sodium hypochlorite in reducing microbial counts in primary teeth root canals. Saudi Dental Journal, 2024; 36(8): 1123-1127.
29. NATSIR N, et al. Antibacterial and smear layer removal efficacy of moringa (Moringa oleifera): An in vitro study. Journal of Taibah University Medical Sciences, 2023; 18(6): 1493-1499.
30. NAVARRETE N, et al. Effect of the controlled delivery of chelating agents on the pulp tissue dissolution ability of fresh sodium hypochlorite solutions. Journal of Endodontics, 2023; 49(3): 307-312.

31. ÖZLEK E, et al. Histological evaluation of the debris removal efficiency of activation of sodium hypochlorite solution at different concentrations. BMC Oral Health, 2023; 23(1): 1-9.
32. PARCHAMI K, et al.Impact of endodontic irrigant solutions on the viability of stem cells from apical papilla: A systematic review. Saudi Dental Journal, 2024; 36(9): 1254-1262.
33. PHOTHICHAILERT S, et al. Effects of ethylenediaminetetraacetic acid on stem cells from the apical papilla. Journal of Dental Sciences, 2023; 18(1): 50-56.
34. RUKSAKIET K, et al. Antimicrobial efficacy of chlorhexidine and sodium hypochlorite in root canal disinfection: A systematic review and meta-analysis. Journal of Endodontics, 2020; 46(8): 1032-1041.
35. SHABBIR J, et al. Antimicrobial efficacy of silver diamine fluoride against Enterococcus faecalis: A systematic review of in vitro studies. BioMed Research International, 2022; 2022: 1-10.
36. TANVIR Z, et al. Comparative evaluation of antimicrobial efficacy of nanosilver solution, Azadirachta indica, sodium hypochlorite, and normal saline as root canal irrigants in primary teeth. Journal of the Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry, 2023; 41(1): 76-82.
37. TAVARES S, et al. Effect of different root canal irrigant solutions on the release of dentin-growth factors: A systematic review and meta-analysis. Materials, 2021; 14(19): 1-15.
38. TRAUTMANN E, et al. Hydrogen peroxide versus sodium hypochlorite: All a matter of pH? Journal of Endodontics, 2021; 47(2): 297-302.
39. TSAI CF, et al. In vitro cytotoxicity and antibacterial activity of hypochlorous acid antimicrobial agent. Journal of Dental Sciences, 2024; 19(1): 345-356.
40. VIOLICH DR, CHANDLER NP. The smear layer in endodontics – A review. International Endodontic Journal, 2010; 43(1): 2-15.