

EVOLUÇÃO HISTÓRICA DAS SOLUÇÕES IRRIGADORAS E MÉTODOS DE ATIVAÇÃO NA ENDODONTIA

HISTORICAL EVOLUTION OF IRRIGATING SOLUTIONS AND ACTIVATION METHODS IN ENDODONTICS

EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LAS SOLUCIONES IRRIGANTES Y LOS MÉTODOS DE ACTIVACIÓN EN ENDODONCIA

Daniel Ortega Oliveira da Silva¹
Daniele Pereira e Silva²
Daylane Bezerra Garcia Câmara³
Geissy Kelly Salles de Sousa dos Santos⁴

RESUMO: Este estudo teve como objetivo revisar a evolução histórica das soluções irrigadoras e dos métodos de ativação empregados na endodontia, destacando os principais avanços que contribuíram para o aprimoramento da limpeza e desinfecção do sistema de canais radiculares. Trata-se de uma revisão narrativa da literatura, de caráter descritivo e abordagem qualitativa, realizada por meio de buscas nas bases PubMed/MEDLINE, SciELO, LILACS e Google Scholar, utilizando descritores relacionados à irrigação endodôntica, soluções irrigadoras e ativação de irrigantes. Os resultados demonstraram uma evolução progressiva dos protocolos de irrigação, desde o uso de soluções inertes até a consolidação do hipoclorito de sódio, dos agentes quelantes e de formulações multifuncionais. Além disso, verificou-se que o desenvolvimento de métodos de ativação, como a ativação manual dinâmica, os sistemas sônicos, ultrassônicos e a irrigação por pressão negativa, ampliou significativamente a efetividade dos irrigantes ao favorecer sua distribuição no sistema de canais radiculares. Conclui-se que a evolução conjunta das soluções irrigadoras e dos métodos de ativação desempenhou papel fundamental no aperfeiçoamento da terapia endodôntica, contribuindo para protocolos mais seguros, previsíveis e eficazes.

Palavras-chave: Endodontia. Irrigação endodôntica. Ativação de irrigantes.

¹ Cirurgião-dentista. Graduado em Odontologia pela Faculdade Anhanguera de São Luís.

² Cirurgiã-dentista. Graduada em Odontologia pela Faculdade Anhanguera de São Luís.

³ Cirurgiã-dentista. Graduada em Odontologia pela Faculdade Anhanguera de São Luís.

⁴ Cirurgiã-dentista. Graduada em Odontologia pela Faculdade Anhanguera de São Luís.

ABSTRACT: This study aimed to review the historical evolution of irrigating solutions and activation methods used in Endodontics, highlighting the major advances that have contributed to improving the cleaning and disinfection of the root canal system. This narrative literature review adopted a descriptive and qualitative approach and was conducted through searches in the PubMed/MEDLINE, SciELO, LILACS, and Google Scholar databases using descriptors related to endodontic irrigation, irrigating solutions, and irrigant activation. The findings revealed a progressive evolution of irrigation protocols, ranging from the use of inert solutions to the consolidation of sodium hypochlorite, chelating agents, and multifunctional formulations. Furthermore, the development of activation methods, including manual dynamic activation, sonic and ultrasonic systems, and negative-pressure irrigation, significantly enhanced the effectiveness of irrigants by improving their distribution throughout the root canal system. It can be concluded that the combined evolution of irrigating solutions and activation methods has played a fundamental role in advancing endodontic therapy, contributing to safer, more predictable, and more effective treatment protocols.

Keywords: Endodontics. Endodontic irrigation. Irrigant activation.

RESUMEN: Este estudio tuvo como objetivo revisar la evolución histórica de las soluciones irrigadoras y de los métodos de activación empleados en Endodoncia, destacando los principales avances que han contribuido al perfeccionamiento de la limpieza y desinfección del sistema de conductos radiculares. Se trata de una revisión narrativa de la literatura, de carácter descriptivo y enfoque cualitativo, realizada mediante búsquedas en las bases de datos PubMed/MEDLINE, SciELO, LILACS y Google Scholar, utilizando descriptores relacionados con la irrigación endodóntica, las soluciones irrigadoras y la activación de irrigantes. Los resultados demostraron una evolución progresiva de los protocolos de irrigación, desde el uso de soluciones inertes hasta la consolidación del hipoclorito de sodio, los agentes quelantes y las formulaciones multifuncionales. Además, se observó que el desarrollo de métodos de activación, como la activación manual dinámica, los sistemas sónicos y ultrasónicos, y la irrigación por presión negativa, incrementó significativamente la eficacia de los irrigantes al favorecer su distribución dentro del sistema de conductos radiculares. Se concluye que la evolución conjunta de las soluciones irrigadoras y de los métodos de activación ha desempeñado un papel fundamental en el perfeccionamiento de la terapia endodóntica, contribuyendo al desarrollo de protocolos más seguros, predecibles y eficaces.

Palabras clave: Endodoncia. Irrigación endodóntica. Activación de irrigantes.

INTRODUÇÃO

A desinfecção do sistema de canais radiculares constitui um dos principais desafios da terapia endodôntica. Embora a instrumentação mecânica desempenhe papel fundamental na modelagem dos canais, evidências demonstram que sua ação é insuficiente para alcançar todas as superfícies internas da raiz, especialmente em regiões como istmos, canais laterais, deltas apicais e túbulos dentinários. Dessa forma, a irrigação passou a ocupar posição central no preparo químico-mecânico, atuando na remoção de debris, restos teciduais e microrganismos presentes em áreas inacessíveis aos instrumentos endodônticos (BOUTSIOUKIS C e ARIAS-MOLIZ MT, 2022).

A compreensão desse papel, entretanto, não ocorreu de maneira imediata. Ao longo da história da endodontia, diferentes soluções irrigadoras foram introduzidas com o objetivo de aprimorar a limpeza e a desinfecção dos canais radiculares. A incorporação de substâncias como o hipoclorito de sódio, os agentes quelantes e a clorexidina representou importantes avanços, impulsionados pela necessidade de superar limitações observadas nos protocolos anteriormente utilizados. Paralelamente, o crescente conhecimento sobre a microbiologia endodôntica e a complexidade anatômica do sistema de canais evidenciou que a eficácia dos irrigantes não dependia apenas de suas propriedades químicas, mas também de sua capacidade de alcançar e penetrar regiões de difícil acesso.

Nesse contexto, o desenvolvimento de métodos destinados a otimizar a dinâmica dos fluidos tornou-se um novo foco de investigação. Estratégias de ativação manual, sônica, ultrassônica e por pressão negativa passaram a ser incorporadas aos protocolos clínicos com o objetivo de potencializar a distribuição dos irrigantes e ampliar sua efetividade. Como resultado, a evolução da irrigação endodôntica passou a envolver não apenas a busca por novas substâncias, mas também o aperfeiçoamento dos mecanismos responsáveis por sua circulação no interior do sistema de canais radiculares.

Diante da relevância desses avanços para a prática endodôntica contemporânea, o presente estudo teve como objetivo revisar a evolução histórica das soluções irrigadoras e dos métodos de ativação empregados na endodontia, destacando os principais marcos que contribuíram para o desenvolvimento dos protocolos atualmente utilizados.

MÉTODOS

O presente estudo consiste em uma revisão narrativa da literatura, de caráter descritivo e abordagem qualitativa, desenvolvida com o objetivo de analisar a evolução histórica das soluções irrigadoras e dos métodos de ativação empregados na endodontia, destacando os principais avanços científicos e tecnológicos que contribuíram para o aprimoramento da limpeza e desinfecção do sistema de canais radiculares.

A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados PubMed/MEDLINE, Scientific Electronic Library Online (SciELO), Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS) e Google Scholar. Para a identificação dos estudos, foram utilizados descritores consultados nos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e no Medical Subject Headings (MeSH), nos idiomas português e inglês. Entre os termos empregados destacam-se: Endodontia, Soluções Irrigadoras, Hipoclorito de Sódio, EDTA, Clorexidina, Ativação de Irrigantes, Endodontics, Irrigating Solutions, Sodium Hypochlorite, EDTA, Chlorhexidine, Irrigant Activation.

Os descritores foram combinados por meio do operador booleano AND, sendo as estratégias de busca adaptadas às particularidades de cada base de dados. Também foram realizadas buscas complementares a partir das referências dos artigos selecionados, com a finalidade de identificar publicações clássicas e estudos considerados relevantes para a compreensão da evolução histórica da irrigação endodôntica.

Foram priorizados artigos científicos, revisões de literatura, estudos laboratoriais e publicações de referência relacionados ao desenvolvimento das soluções irrigadoras e dos métodos de ativação utilizados na endodontia. Foram excluídos estudos que não apresentavam relação direta com a temática proposta, publicações duplicadas e trabalhos cuja abordagem não contribuía para os objetivos desta revisão.

A seleção do material bibliográfico ocorreu por meio da leitura dos títulos, resumos e textos completos das publicações consideradas pertinentes ao tema. As informações obtidas foram analisadas de forma descritiva e organizadas segundo uma perspectiva cronológica e temática, permitindo discutir a evolução dos irrigantes endodônticos, o surgimento de novos protocolos de irrigação e o desenvolvimento dos métodos de ativação fundamentados nos princípios da dinâmica dos fluidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A irrigação dos canais radiculares constitui atualmente uma etapa indispensável do tratamento endodôntico. Entretanto, essa importância nem sempre foi reconhecida. Durante décadas, a instrumentação mecânica foi considerada o principal recurso para limpeza e desinfecção do sistema de canais radiculares, enquanto os irrigantes exerciam papel complementar. Com a evolução do conhecimento sobre a microbiologia endodôntica e a complexidade anatômica dos canais radiculares, tornou-se evidente que os instrumentos são incapazes de alcançar todas as superfícies internas, incluindo istmos, canais laterais, deltas apicais e túbulos dentinários, reforçando a necessidade da irrigação química como componente essencial do preparo químico-mecânico (BOUTSIUKIS C e ARIAS-MOLIZ MT, 2022).

As primeiras abordagens de irrigação eram baseadas principalmente na utilização de soluções inertes, como água destilada e solução salina, cujo objetivo consistia na remoção física de detritos produzidos durante a instrumentação. Embora apresentassem elevada biocompatibilidade, essas substâncias não possuíam atividade antimicrobiana significativa nem capacidade de dissolução tecidual. Ainda assim, estudos demonstraram que o simples fluxo e refluxo da solução irrigadora contribuíam para a redução da carga microbiana intracanal, evidenciando a importância do componente mecânico da irrigação (GOMES BPFA, et al., 2023).

A busca por soluções mais eficazes levou à consolidação do hipoclorito de sódio como principal irrigante endodôntico. Sua utilização teve origem em aplicações médicas voltadas para o tratamento de feridas infectadas, sendo posteriormente incorporada à endodontia devido à sua ação antimicrobiana de amplo espectro e à capacidade de dissolver tecidos orgânicos. Atualmente, o hipoclorito de sódio permanece como a solução irrigadora mais empregada durante o tratamento endodôntico, principalmente por sua capacidade de atuar sobre biofilmes microbianos e restos teciduais, características não encontradas simultaneamente em outros irrigantes disponíveis (GOMES BPFA, et al., 2023; BOUTSIUKIS C e ARIAS-MOLIZ MT, 2022).

Com o aperfeiçoamento das técnicas de preparo biomecânico, observou-se que a instrumentação dos canais radiculares produzia uma camada residual aderida às paredes dentinárias, posteriormente denominada *smear layer*. Essa estrutura é composta por partículas de dentina, remanescentes pulpares, prolongamentos odontoblásticos e, em casos de infecção,

microrganismos e seus subprodutos, podendo obliterar os túbulos dentinários e dificultar a ação dos irrigantes e medicamentos intracanáis (MAFRA SC, et al., 2017).

A identificação da *smear layer* modificou significativamente os conceitos de limpeza endodôntica. Embora o hipoclorito de sódio apresentasse excelente capacidade de dissolução dos componentes orgânicos, foi verificado que sua ação era limitada sobre a fração inorgânica dessa camada residual, tornando insuficiente sua utilização isolada quando o objetivo era promover a limpeza completa das paredes do canal radicular (MAFRA SC, et al., 2017). Essa constatação impulsionou a busca por substâncias capazes de atuar especificamente sobre os componentes minerais da lama dentinária.

Nesse contexto, os agentes quelantes passaram a ser incorporados aos protocolos de irrigação. O ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) foi introduzido na endodontia por Nygaard-Østby em 1957, inicialmente na concentração de 15%, com a finalidade de remover íons cálcio da dentina por meio do processo de quelação (FORTEA L, et al., 2024). Posteriormente, o EDTA se tornou o quelante mais empregado na especialidade devido à sua capacidade de remover a *smear layer* e expor os túbulos dentinários, complementando a ação do hipoclorito de sódio (MAFRA SC, et al., 2017).

Paralelamente, outras limitações do hipoclorito também estimularam o desenvolvimento de irrigantes alternativos. Apesar de sua reconhecida eficácia antimicrobiana, o NaOCl apresenta citotoxicidade quando extravasado para os tecidos periapicais, além de odor desagradável e potencial irritativo (AGUIAR YL, et al., 2021). Essas características motivaram pesquisas voltadas para substâncias que pudessem oferecer elevada atividade antimicrobiana associada a menor potencial tóxico.

Assim, a clorexidina passou a despertar interesse na endodontia. Desenvolvida no final da década de 1940 e introduzida na odontologia em 1959 para o controle químico do biofilme dental, a substância foi posteriormente incorporada aos protocolos endodônticos em virtude de seu amplo espectro de ação contra microrganismos orais e de sua elevada biocompatibilidade (AGUIAR YL, et al., 2021).

Além da ação antimicrobiana, a clorexidina apresenta uma característica singular entre os irrigantes endodônticos: a substantividade. Essa propriedade permite que suas moléculas se adsorvam às superfícies dentárias e sejam liberadas gradualmente ao longo do tempo, prolongando sua atividade antimicrobiana mesmo após o término da irrigação. Somada à sua

menor toxicidade quando comparada ao hipoclorito de sódio, essa característica contribuiu para consolidar a clorexidina como uma importante alternativa em situações clínicas específicas (RUKSAKIET K, et al., 2020).

Apesar de suas vantagens biológicas, a clorexidina não possui capacidade de dissolução tecidual, uma propriedade considerada fundamental para a remoção de restos pulpares e matéria orgânica do sistema de canais radiculares. Por esse motivo, sua introdução não substituiu o hipoclorito de sódio, mas ampliou as possibilidades terapêuticas disponíveis ao endodontista. Estudos clínicos posteriores demonstraram que ambas as substâncias apresentam eficácia semelhante na redução da carga bacteriana intracanal, reforçando a ideia de que a escolha do irrigante deve considerar não apenas sua atividade antimicrobiana, mas também suas propriedades físico-químicas e biológicas (RUKSAKIET K, et al., 2020).

Na tentativa de reunir as principais vantagens dos dois irrigantes, passou-se a recomendar a utilização sequencial do hipoclorito de sódio e da clorexidina durante o preparo químico-mecânico. A proposta era baseada na combinação da capacidade de dissolução tecidual e remoção de matéria orgânica proporcionada pelo hipoclorito de sódio com a elevada atividade antimicrobiana e a substantividade característica da clorexidina. Contudo, estudos posteriores demonstraram que o contato entre essas soluções promove uma reação química capaz de gerar um precipitado de coloração alaranjada a castanho-escuro, aderido às paredes do canal radicular. Além de dificultar a permeabilidade dentinária por meio da obliteração dos túbulos dentinários, esse subproduto foi associado a alterações cromáticas da estrutura dental e a possíveis efeitos biológicos indesejáveis, tornando inadequada a utilização consecutiva desses irrigantes sem medidas intermediárias destinadas a evitar sua interação química (DREWS D-J, et al., 2023).

Mesmo com os avanços obtidos com a associação de hipoclorito de sódio, EDTA e clorexidina, permanecia o desafio de encontrar soluções capazes de combinar múltiplas propriedades desejáveis. Nesse contexto, novas substâncias passaram a ser investigadas como alternativas aos irrigantes tradicionais. O ácido cítrico se destacou como agente quelante capaz de remover a *smear layer* por meio da desmineralização da dentina, apresentando eficácia semelhante à do EDTA em diversos estudos e sendo apontado por alguns autores como uma alternativa mais biocompatível para a remoção dos componentes inorgânicos do canal radicular (SILVA LG e KERVAHAL PA, 2022).

Posteriormente, foram desenvolvidas formulações multifuncionais com o objetivo de simplificar os protocolos de irrigação e potencializar seus efeitos. O MTAD, introduzido em 2003, foi formulado a partir da associação de doxiciclina, ácido cítrico e detergente, sendo proposto como uma solução capaz de promover ação antimicrobiana e remoção da *smear layer* de forma simultânea. De maneira semelhante, o QMix foi desenvolvido pela combinação de EDTA, clorexidina e agentes tensoativos, buscando reunir capacidade antimicrobiana, remoção da *smear layer* e melhor penetração da solução irrigadora no sistema de canais radiculares. O surgimento dessas formulações refletiu uma nova tendência na endodontia, marcada pela busca de irrigantes multifuncionais capazes de reduzir a necessidade de múltiplas etapas de irrigação e superar limitações observadas nos protocolos convencionais (SILVA LG e KERVAHAL PA, 2022; TONINI R, et al., 2022).

Mais recentemente, a introdução do ácido etidrônico (HEBP ou HEDP) deu origem ao conceito de quelação contínua, uma abordagem que buscou superar algumas limitações dos protocolos convencionais baseados na irrigação sequencial. Diferentemente do EDTA, o HEBP apresenta compatibilidade química com o hipoclorito de sódio, podendo ser utilizado simultaneamente durante o preparo biomecânico sem comprometer significativamente sua atividade antimicrobiana ou capacidade de dissolução tecidual. Essa característica permitiu associar a ação quelante e a desinfecção em uma única etapa operatória, contribuindo para a prevenção da formação da *smear layer* e para a simplificação dos protocolos de irrigação. Embora o HEBP seja considerado um quelante mais brando que o EDTA, o conceito de quelação contínua representa um dos avanços mais relevantes da irrigação endodôntica contemporânea, por integrar limpeza química e desmineralização controlada ao longo de todo o preparo do canal radicular (LA ROSA GRM, et al., 2024).

Embora o desenvolvimento de novos irrigantes e protocolos tenha ampliado significativamente a capacidade de limpeza e desinfecção dos canais radiculares, evidências acumuladas puderam constatar que a eficácia dessas soluções depende diretamente de sua capacidade de alcançar os microrganismos presentes no interior do sistema de canais. A organização bacteriana em biofilmes aderidos às superfícies dentinárias, associada à presença de istmos, canais laterais, ramificações apicais e túbulos dentinários, passou a ser reconhecida como um dos principais desafios da terapia endodôntica, uma vez que mesmo irrigantes com

elevada atividade antimicrobiana apresentam eficácia limitada quando não conseguem atingir adequadamente essas regiões (BOUTSIUKIS C e ARIAS-MOLIZ MT, 2022).

Dessa forma, a atenção dos pesquisadores passou gradualmente a se deslocar do desenvolvimento de novas soluções irrigadoras para o aperfeiçoamento dos métodos de irrigação, consolidando o entendimento de que a efetividade do preparo químico-mecânico depende não apenas das propriedades químicas dos irrigantes, mas também da dinâmica dos fluidos no interior do canal radicular. Entre os métodos desenvolvidos, a irrigação convencional por seringa tornou-se a técnica mais amplamente utilizada devido à sua simplicidade, baixo custo e facilidade de aplicação clínica, constituindo por muitos anos o padrão para a administração das soluções irrigadoras durante o tratamento endodôntico (BOUTSIUKIS C e ARIAS-MOLIZ MT, 2022).

A irrigação convencional por seringa baseia-se na introdução da solução irrigadora por meio de uma cânula acoplada a uma seringa, permitindo controlar a profundidade de inserção da agulha e o volume de irrigante utilizado. Apesar de sua praticidade, esse método apresenta limitações relacionadas à renovação e distribuição da solução, uma vez que a troca efetiva do irrigante ocorre apenas a uma curta distância além da extremidade da agulha. Outro fator limitante é o fenômeno denominado *vapor lock*, caracterizado pelo aprisionamento de bolhas de ar na região apical do canal, dificultando o contato do irrigante com as paredes dentinárias nessa área. O reconhecimento dessas limitações estimulou o desenvolvimento de métodos de ativação capazes de melhorar a circulação, a renovação e a penetração das soluções irrigadoras durante o preparo químico-mecânico (GOMES BPF A, et al., 2023).

Entre os primeiros métodos desenvolvidos para superar as limitações da irrigação convencional destaca-se a ativação manual dinâmica (*Manual Dynamic Activation - MDA*). Essa técnica consiste na movimentação repetida de um cone de guta-percha ajustado ao preparo do canal radicular, promovendo o deslocamento e a renovação da solução irrigadora por meio de um efeito hidrodinâmico. Por dispensar equipamentos adicionais e apresentar baixo custo, a MDA tornou-se uma alternativa simples para potencializar a ação dos irrigantes. Estudos demonstraram que essa técnica favorece a remoção do efeito *vapor lock*, melhora a limpeza do canal radicular e aumenta o contato da solução irrigadora com as paredes dentinárias, representando um dos primeiros avanços voltados à otimização da dinâmica dos fluidos durante o preparo químico-mecânico (GOMES BPF A, et al., 2023).

Com o avanço das tecnologias de irrigação, foram desenvolvidos sistemas mecanizados de ativação baseados em energia sônica e ultrassônica, com o objetivo de intensificar a movimentação das soluções irrigadoras no interior dos canais radiculares. Os sistemas sônicos utilizam pontas de polímero que oscilam em baixas frequências, promovendo a agitação do irrigante e melhorando sua circulação no canal principal. Entretanto, sua capacidade de gerar fenômenos hidrodinâmicos mais intensos é limitada, e estudos demonstram que sua eficácia pode variar conforme o dispositivo empregado, sendo alguns sistemas pouco superiores à irrigação convencional. Por outro lado, a ativação ultrassônica consolidou-se como um dos métodos mais utilizados na endodontia contemporânea. Nesse sistema, a oscilação de instrumentos metálicos em frequências próximas de 30 kHz promove a formação de correntes acústicas (*acoustic streaming*) e, em determinadas condições, cavitação transitória, aumentando a tensão de cisalhamento sobre as paredes dentinárias e favorecendo a penetração do irrigante em istmos, canais laterais e outras áreas inacessíveis à instrumentação. Embora não existam evidências conclusivas de superioridade clínica a longo prazo, a ativação ultrassônica apresenta desempenho superior à irrigação convencional na remoção de *debris* e na limpeza de regiões não instrumentadas, representando um importante marco na evolução da dinâmica dos fluidos aplicada à irrigação endodôntica (BOUTSIOUKIS C e ARIAS-MOLIZ MT, 2022).

Além do desenvolvimento dos sistemas sônicos e ultrassônicos, surgiram ainda métodos de irrigação baseados em pressão negativa, dos quais o EndoVac é o exemplo mais difundido. Diferentemente da irrigação convencional, em que a solução é impulsionada em direção ao ápice por pressão positiva, nesses sistemas o irrigante é aspirado por microcânulas posicionadas próximas ao comprimento de trabalho, promovendo sua renovação contínua até a região apical. Essa dinâmica reduz o risco de extrusão apical das soluções irrigadoras e minimiza a formação do efeito *vapor lock*, favorecendo o contato do irrigante com áreas de difícil acesso. Estudos demonstraram que a irrigação sob pressão negativa apresenta desempenho superior à irrigação convencional na remoção de *smear layer* e *debris*, especialmente no terço apical, além de proporcionar resultados comparáveis ou superiores a alguns sistemas de ativação em determinados parâmetros de limpeza e desinfecção. Por essas características, a irrigação por pressão negativa se tornou uma alternativa relevante para otimizar a distribuição dos irrigantes e aumentar a segurança do preparo químico-mecânico (VIANNA TC, et al., 2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A evolução histórica das soluções irrigadoras e dos métodos de ativação na endodontia evidencia a busca contínua por estratégias capazes de promover uma limpeza e desinfecção do sistema de canais radiculares cada vez mais eficazes. Ao longo do tempo, o conhecimento científico permitiu a transição de protocolos baseados exclusivamente na instrumentação mecânica e em soluções de ação limitada para abordagens que combinam irrigantes com propriedades específicas e métodos capazes de otimizar sua distribuição no interior dos canais. Nesse processo, o hipoclorito de sódio se consolidou como o principal irrigante endodôntico, enquanto agentes quelantes, como o EDTA e o HEBP, e substâncias como a clorexidina ampliaram as possibilidades terapêuticas disponíveis ao clínico.

A compreensão das limitações da irrigação convencional impulsionou o desenvolvimento de métodos de ativação destinados a melhorar a dinâmica dos fluidos e potencializar a ação dos irrigantes. Técnicas como a ativação manual dinâmica, os sistemas sônicos, ultrassônicos e a irrigação por pressão negativa representam marcos importantes dessa evolução, contribuindo para uma maior efetividade na limpeza de regiões inacessíveis à instrumentação e reforçando a importância da associação entre recursos químicos e mecânicos durante o preparo.

Embora avanços significativos tenham sido alcançados, a complexidade anatômica do sistema de canais radiculares continua representando um desafio para a completa desinfecção endodôntica. Nesse contexto, as perspectivas futuras apontam para o contínuo aperfeiçoamento dos protocolos de irrigação e ativação, buscando maior previsibilidade clínica, segurança e eficiência. Dessa forma, a compreensão da trajetória histórica desses recursos não apenas permite entender a evolução da prática endodôntica, mas também fornece subsídios para o desenvolvimento de estratégias cada vez mais alinhadas às demandas da endodontia contemporânea.

REFERÊNCIAS

AGUIAR YL, et al. Soluções irrigadoras utilizadas no preparo químico-mecânico do sistema de canais radiculares: uma revisão da literatura. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 13, p. e399101321453, 2021.

BOUTSIUKIS C, ARIAS-MOLIZ MT. Present status and future directions - irrigants and irrigation methods. *International Endodontic Journal*, v. 55, supl. 3, p. 588-612, 2022.

DREWS D-J, et al. The interaction of two widely used endodontic irrigants, chlorhexidine and sodium hypochlorite, and its impact on the disinfection protocol during root canal treatment. *Antibiotics*, v. 12, n. 3, p. 589, 2023.

FORTEA L, et al. Update on chelating agents in endodontic treatment: a systematic review. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, v. 16, n. 4, p. e516-e538, 2024.

GOMES BPF, et al. Irrigants and irrigation activation systems in endodontics. *Brazilian Dental Journal*, v. 34, n. 4, p. 1-33, 2023.

LA ROSA GRM, et al. Effectiveness of continuous chelation irrigation protocol in endodontics: a scoping review of laboratory studies. *Odontology*, v. 112, n. 1, p. 1-18, 2024.

MAFRA SC, et al. A eficácia da solução de EDTA na remoção de smear layer e sua relação com o tempo de uso: uma revisão integrativa. *Revista da Faculdade de Odontologia*, v. 22, n. 1, p. 120-129, 2017.

RUKSAKIET K, et al. Antimicrobial efficacy of chlorhexidine and sodium hypochlorite in root canal disinfection: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Endodontics*, v. 46, n. 8, p. 1032-1041.e7, 2020.

SILVA LG, KERVahal PA. Agentes irrigantes em endodontia: uma revisão narrativa. *Scire Salutis*, v. 12, n. 2, p. 327-334, 2022.

TONINI R, et al. Irrigating solutions and activation methods used in clinical endodontics: a systematic review. *Frontiers in Oral Health*, v. 3, p. 838043, 2022.

VIANNA TC et al. Uso de irrigação sob pressão negativa durante o preparo químico-cirúrgico dos sistemas de canais radiculares - revisão sistemática. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 8, p. e5111824114, 2022.