

Efeito Antibacteriano do Hipoclorito de Cálcio como um Irrigante Endodôntico: Uma Revisão de Escopo

Antibacterial Effect of Calcium Hypochlorite as an Endodontic Irrigant: A Scoping Review

Natália Franco Brum¹, Guilherme Pauletto², Israel Bangel Carlotto³, Carlos Alexandre Souza Bier⁴.

RESUMO

Devido às limitações do hipoclorito de sódio (NaOCl), como sua grande instabilidade química e danos aos componentes da dentina, novas soluções irrigadoras estão constantemente sendo investigadas. Nesse sentido, destaca-se como promissora o hipoclorito de cálcio [Ca(OCl)₂]. Portanto, este estudo teve como objetivo comparar o efeito antibacteriano do Ca(OCl)₂ com o NaOCl. O protocolo deste estudo está disponível online (<https://osf.io/zbexy/>). Foram selecionados estudos sem restrições de tempo e idioma que compararam o Ca(OCl)₂ com o NaOCl como um irrigante endodôntico. A pesquisa e a triagem dos estudos foram realizadas nas bases de dados Embase, PubMed, Scopus e Web of Science por 2 pesquisadores independentes. A busca inicial rendeu 725 citações, das quais 11 foram incluídas. O uso das soluções de NaOCl e Ca(OCl)₂ ocorreu nas concentrações de 0,5%, 1%, 2,5%, 5%, 5,25% e 6%, utilizando diferentes técnicas de instrumentação (instrumentos manuais, rotatórios ou reciprocantes), técnicas de irrigação (convencional ou ultrassônica) e métodos auxiliares para a descontaminação (Terapia Fotodinâmica – PDT). Os estudos corroboram que o Ca(OCl)₂ tem um efeito antibacteriano eficaz contra o *E. faecalis*, independentemente de sua concentração, técnicas de instrumentação e irrigação, e uso de métodos auxiliares para a descontaminação, com resultados comparáveis ao NaOCl.

Palavras-chave: *Enterococcus faecalis*. Agentes antibacterianos. Hipoclorito de cálcio. Hipoclorito de sódio. Endodontia.

ABSTRACT

Due to the limitations of sodium hypochlorite (NaOCl), such as its high chemical instability and damage to dentin components, new irrigating solutions are constantly being investigated. In this sense, calcium hypochlorite [Ca(OCl)₂] stands out as promising. Therefore, this study aimed to compare the antibacterial effect of Ca(OCl)₂ with NaOCl. The protocol for this study is available online (<https://osf.io/zbexy/>). Studies without time and language restrictions that compared Ca(OCl)₂ with NaOCl as an endodontic irrigant were selected. The search and study screening were performed in Embase, PubMed, Scopus, and Web of Science databases by 2 independent researchers. The initial search yielded 689 citations, of which 11 were included. The use of NaOCl and Ca(OCl)₂ solutions occurred at concentrations of 0.5%, 1%, 2.5%, 5%, 5.25%, and 6%, using different instrumentation techniques (manual, rotary or reciprocating instruments), irrigation techniques (conventional or ultrasonic) and auxiliary methods for decontamination (Photodynamic Therapy – PDT). The studies corroborate that Ca(OCl)₂ has an effective antibacterial effect against *E. faecalis*, regardless of its concentration, instrumentation and irrigation techniques, and use of auxiliary methods for decontamination, with comparable results to NaOCl.

Keywords: *Enterococcus faecalis*. Anti-bacterial agents. Calcium hypochlorite. Sodium hypochlorite. Endodontics.

¹ Graduada em Odontologia na Universidade Federal de Santa Maria – UFSM.

ORCID: 0000-0001-6510-8889

E-mail:

natyfbrum@hotmail.com

² Doutorando em Ciências Odontológicas na Universidade Federal de Santa Maria – UFSM.

ORCID: 0000-0002-7524-0370

E-mail:

guilhermepauletto@hotmail.com

³ Doutorando em Ciências Odontológicas na Universidade Federal de Santa Maria – UFSM.

ORCID: 0000-0003-2024-3993

E-mail:

carlottoisrael@gmail.com

⁴ Professor do Departamento de Estomatologia na Universidade Federal de Santa Maria – UFSM.

ORCID: 0000-0002-1126-666X

E-mail:

alexandrebie@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Agentes microbiológicos são capazes de infectar o sistema de canais radiculares, atingindo a polpa e progredindo para os tecidos periapicais, instalando a periodontite apical¹. Desta forma, o tratamento endodôntico visa a erradicação dos microrganismos, por meio de instrumentação mecânica e uso de soluções irrigadoras antibacterianas^{2,3}. No entanto, devido à complexidade anatômica do sistema de canais radiculares, bactérias, como o *Enterococcus faecalis*, são persistentes aos irrigantes convencionais, fazendo com que permaneçam em formato de biofilme e reinfectem o canal radicular^{4,5}. O *E. faecalis* é uma bactéria anaeróbia facultativa, produtora de fatores de virulência que a torna capaz de penetrar até 250µm nos túbulos dentinários. Por isso, parece ser o microrganismo mais prevalente em canais radiculares infectados e em casos de falhas endodônticas submetidas a retratamento⁶. Nesse sentido, a escolha da solução irrigadora torna-se fator determinante para o sucesso do tratamento, devendo a mesma possuir um amplo espectro antibacteriano^{3,7,8}.

O hipoclorito de sódio (NaOCl), em concentrações entre 0,5% e 5,25%, é a solução irrigadora mais utilizada mundialmente⁴. Durante sua dissociação iônica, o NaOCl libera ácido hipocloroso, responsável direto pelo efeito antibacteriano da solução⁹. No entanto, seu contato com a temperatura e a luz lhe confere instabilidade química, diminuindo sua eficácia^{4,9}. Assim, soluções irrigadoras quimicamente estáveis, para uso durante o preparo químico-mecânico, estão constantemente sendo investigadas, com destaque recente para o hipoclorito de cálcio [Ca(OCl)₂]¹⁰⁻¹². O Ca(OCl)₂ apresenta-se na forma de um pó branco granulado a ser diluído, utilizado principalmente como produto químico de esterilização, e recentemente tem sido investigado na Endodontia^{13,14}. Por estar na forma de pó, é mais estável quando comparado ao NaOCl, pois produz mais cloro disponível quando diluído¹⁵⁻¹⁷, o que possivelmente confere maior atividade antibacteriana à solução.

Apesar dos pressupostos acima, falta uma revisão da literatura que compila os achados e compara a ação antibacteriana de ambas as soluções. Portanto, o objetivo deste estudo é comparar, por meio de uma revisão de escopo, o efeito antibacteriano do Ca(OCl)₂ com o NaOCl como um irrigante endodôntico

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Protocolo e registro

O protocolo deste estudo foi baseado na estrutura proposta por Peters et al.¹⁸, e está disponível na plataforma Open Science Framework, no seguinte link: [<https://osf.io/zbexy/>].

Além disso, o relatório desta revisão foi baseado na PRISMA Extension for Scoping Reviews¹⁹.

2.2 Critérios de inclusão e exclusão

Foram incluídos estudos *in vitro*, sem restrição de tempo e idioma, que compararam as duas soluções, independentemente de sua concentração e método de uso, no combate a microrganismos envolvidos em patologias endodônticas. Relatos de casos, artigos de opinião e revisões narrativas foram excluídas.

2.3 Buscas na literatura

As buscas foram realizadas nas bases de dados Embase, PubMed, Scopus e Web of Science (filtro para todas as bases de dados indexadas) e a última busca foi realizada em julho de 2023. A estratégia de busca foi elaborada com base nos termos MeSH do PubMed e adaptada para cada base de dados. Além disso, os descritores foram inter-relacionados com os operadores booleanos 'OR' e 'AND'. A Tabela 1 apresenta a estratégia de busca utilizada.

Tabela 1: Estratégia de busca utilizada em cada base de dados.

| | |
|-----------------------|---|
| PubMed | ((((((((Calcium hypochlorite[MeSH Terms]) OR (Chlorinated Lime)) OR (Calcium Oxychloride)) AND (Sodium Hypochlorite[MeSH Terms])) OR (Hypochlorite, Sodium)) OR (Sodium Hypochlorite (Solution))) OR (Clorox)) OR (Antiformin)) AND (Anti-Bacterial Agents[MeSH Terms]) |
| EMBASE | ('calcium hypochlorite'/exp OR 'chlorinated lime or' OR 'or calcium oxychloride') AND ('hypochlorite sodium'/exp OR 'dakin solution' OR 'antiformin' OR 'chloros' OR 'chlorox' OR 'clorox' OR 'dakin' OR 'deosan' OR 'eau de javel' OR 'household bleach' OR 'hypochlorite sodium' OR 'hypochlorite sodium solution' OR 'hypochlorite sodium solution, diluted' OR 'hyosan' OR 'javel water' OR 'milton' OR 'p3 n148' OR 'sodium hypochlorite' OR 'sodium hypochlorite solution' OR 'voxsan') AND ('antiinfective agent'/exp OR 'anti bacterial agent' OR 'anti bacterial agents' OR 'anti infective agents' OR 'anti infectives, otic' OR 'anti-bacterial agents' OR 'anti-infective agents' OR 'anti-infectives, otic' OR 'antibacterial' OR 'antibacterial agent' OR 'antibacterial drug' OR 'antibacterial soap' OR 'antibacterial spectrum' OR 'antiinfective agent' OR 'antiinfectives, otic' OR 'antimicrobial' OR 'antimicrobial agent' OR 'antimicrobial compound' OR 'antimicrobial drug' OR 'antimicrobial factor' OR 'antiseptic' OR 'antiseptic agent' OR 'antiseptic cream' OR 'antiseptic foam' OR 'antiseptic soap' OR 'chemotherapeutic agent' OR 'chemotherapeutic drug' OR 'chemotherapeutica' OR 'microbiological agent') |
| SCOPUS | TITLE-ABS-KEY (calcium AND hypochlorite) OR (chlorinated AND lime) OR (calcium AND oxychloride) AND TITLE-ABS-KEY (sodium AND hypochlorite) OR (hypochlorite, AND sodium) OR (clorox) OR (antiformin) AND TITLE-ABS-KEY (anti-bacterial AND agents) |
| Web of Science | TS=(Calcium hypochlorite OR Chlorinated Lime OR Calcium Oxychloride) AND TS= (Sodium Hypochlorite OR Hypochlorite, Sodium OR Sodium Hypochlorite (Solution) OR Clorox OR Antiformin) AND TS=(Anti-Bacterial Agents) |

Fonte: O autor.

2.4 Triagem

Inicialmente, a análise dos resultados foi realizada por meio do programa Mendeley Desktop (Elsevier, Amsterdã, Holanda). Depois de remover as duplicatas, dois pesquisadores (N.F.B., G.P.) avaliaram independentemente títulos e resumos quanto à relevância e critérios de elegibilidade em 'Excluir', 'Incluir' e 'Incerto'. Posteriormente, os artigos classificados como incluídos e incertos foram selecionados para leitura na íntegra pelos mesmos pesquisadores, de forma independente. Discrepâncias na seleção de títulos e resumos e artigos de texto completo foram resolvidos por meio de discussão. Em caso de discordância, foi obtida a opinião de um terceiro revisor (I.B.C.).

3. RESULTADOS

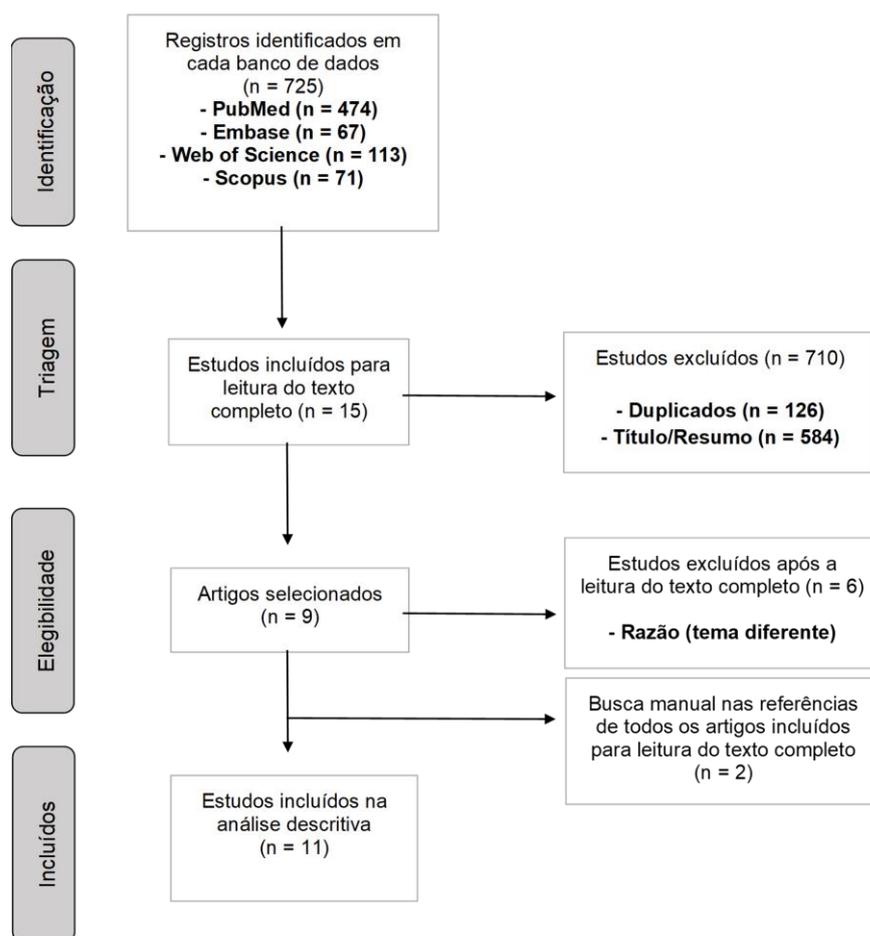
Descobertas da pesquisa

A Figura 1 apresenta o fluxograma para a seleção dos estudos. Após as etapas de seleção, um total de 11 estudos foram incluídos, por se enquadrarem nos critérios pré-definidos.

Efeito Antibacteriano

Os artigos incluídos tiveram seus principais achados extraídos, e sua descrição encontra-se na Tabela 2.

Figura 1: Fluxograma da busca e triagem dos estudos.



Fonte: Os autores.

Tabela 2: Dados descritivos dos estudos incluídos.

| Autor (Ano) | Amostra | Espécies Microbianas | Soluções Irrigadoras | Preparação das amostras, contaminação e descontaminação | Método de Análise | Resultados |
|--|---|----------------------|---|---|-----------------------------------|---|
| de Almeida et al. ²⁰ (2014) | 66 incisivos bovinos extraídos | <i>E. faecalis</i> | Sem tratamento; Água destilada; NaOCl 2,5%; Ca(OCl) ₂ 2,5% | <u>Preparo químico-mecânico:</u> limas manuais e água destilada como principal irrigante. Irrigação convencional ou PUI; <u>Contaminação:</u> 100 µL de <i>E. faecalis</i> . Incubação por 30 dias; <u>Descontaminação:</u> irrigação com as soluções de teste (2mL a cada troca de lima) e irrigação final com 5mL de água destilada e 3mL de EDTA 17% | Contagens de CFU | Nenhuma diferença no efeito antibacteriano entre o NaOCl e o Ca(OCl) ₂ contra o <i>E. faecalis</i> |
| Dumani et al. ²¹ (2016) | 84 pré-molares humanos extraídos com um único canal radicular | <i>E. faecalis</i> | Água destilada; NaOCl 2,5%; Ca(OCl) ₂ 2,5% | <u>Preparo químico-mecânico:</u> limas manuais e NaOCl 2,5% como principal irrigante. Irrigação convencional ou PUI; <u>Contaminação:</u> 20 µL de <i>E. faecalis</i> . Incubação por 21 dias; <u>Descontaminação:</u> irrigação com as soluções de teste (5mL). Em seguida, nos grupos de NaOCl e Ca(OCl) ₂ , utilizou-se 2mL de Tiosulfato de Sódio 5%, e no grupo controle, 3mL de água destilada | Contagens de CFU | Nenhuma diferença no efeito antibacteriano entre o NaOCl e o Ca(OCl) ₂ contra o <i>E. faecalis</i> |
| Sedigh-Shams et al. ²² (2016) | 50 pré-molares inferiores humanos extraídos | <i>E. faecalis</i> | Água destilada; NaOCl 0,5%; Ca(OCl) ₂ 5% | <u>Preparo químico-mecânico:</u> Limas rotatórias Protaper (S1, S2, F1, F2, F3) e solução salina como irrigante principal. Irrigação convencional. | Avaliação antimicrobiana com qPCR | O Ca(OCl) ₂ foi mais eficaz que o NaOCl contra o <i>E. faecalis</i> |

| | | | | | | |
|---------------------------------------|--|--------------------|--|--|------------------|--|
| | com um único canal radicular | | | <u>Contaminação:</u> 20 µL de <i>E. faecalis</i> . Incubação por 21 dias; <u>Descontaminação:</u> irrigação com as soluções de teste (10mL). Em seguida, nos grupos de NaOCl e Ca(OCl) ₂ , utilizou-se 5mL de Tiosulfato de Sódio 5%, e no grupo controle, 5mL de solução salina | | |
| Dal Bello et al. ²³ (2018) | 60 dentes humanos extraídos com um único canal radicular | <i>E. faecalis</i> | Sem tratamento; Água destilada; NaOCl 2,5%; NaOCl 5,25%; Ca(OCl) ₂ 2,5%; Ca(OCl) ₂ 5,25% | <u>Preparo químico-mecânico:</u> Limas reciprocantes Wave One Primary e água destilada como irrigante principal; Irrigação convencional. <u>Contaminação:</u> 100 µL de <i>E. faecalis</i> . Incubação por 14 dias; <u>Descontaminação:</u> irrigação com as soluções de teste (5mL) e irrigação final com 3mL de EDTA 17% e 5mL de água destilada | Contagens de CFU | Nenhuma diferença no efeito antibacteriano entre o NaOCl e o Ca(OCl) ₂ contra o <i>E. faecalis</i> , independente da concentração |
| Soligo et al. ²⁴ (2018) | 96 molares inferiores humanos extraídos | <i>E. faecalis</i> | Solução salina; NaOCl 6%; Ca(OCl) ₂ 6% | <u>Preparo químico-mecânico:</u> limas rotatórias ProTaper Next X1 e X2 ou limas reciprocantes Reciproc R25 e água destilada como irrigante principal. Irrigação convencional; <u>Contaminação:</u> 120 µL de <i>E. faecalis</i> . Incubação por 21 dias; <u>Descontaminação:</u> irrigação com as soluções de teste (5mL) e irrigação final com 1mL de EDTA 17% e 5mL de solução salina | Contagens de CFU | Nenhuma diferença no efeito antibacteriano entre o NaOCl e o Ca(OCl) ₂ contra o <i>E. faecalis</i> |
| Souza et al. ²⁵ (2018) | 132 dentes humanos extraídos com um | <i>E. faecalis</i> | Água destilada; NaOCl 1%; NaOCl 2,5%; Ca(OCl) ₂ 1%; Ca(OCl) ₂ 2,5% | <u>Preparo químico-mecânico:</u> Limas reciprocantes Reciproc R40 e água destilada como irrigante principal. Irrigação convencional. Descontaminação auxiliar com | Contagens de CFU | O Ca(OCl) ₂ foi mais eficaz que o NaOCl contra o <i>E. faecalis</i> , independente da concentração |

| | | | | | | |
|--------------------------------------|--|--------------------|--|---|--|--|
| | único canal radicular | | | PDT. <u>Contaminação:</u> 100 µL de <i>E. faecalis</i> . Incubação por 14 dias; <u>Descontaminação:</u> irrigação com as soluções de teste (5mL). Nos grupos envolvendo a PDT, foi previamente adicionado azul de metileno 0,01% por 5min (pré-irradiação), utilizando um laser com 100mW de potência e irradiação por 90 segundos | | |
| de Paula et al. ²⁶ (2019) | Placas de Petri | <i>E. faecalis</i> | Água destilada; NaOCl 0.5%; NaOCl 1%; NaOCl 2.5%; NaOCl 5.25%; Ca(OCl) ₂ 0.5%; Ca(OCl) ₂ 1%; Ca(OCl) ₂ 2.5%; Ca(OCl) ₂ 5.25% | Ensaio de difusão em ágar em poços foram realizados em placas de Petri contendo o meio Müller-Hinton para o <i>E. faecalis</i> a uma profundidade de 4 mm. Uma suspensão isolada foi preparada em soro fisiológico 0,85% estéril e a turbidez foi ajustada para um padrão de McFarland de 0,5. Placas de ágar foram inundadas com a suspensão de teste e discos de papel filtro esterilizados contendo 20 µL de solução de teste foram colocados sobre a placa. As placas foram incubadas a 37°C por 24 horas | O diâmetro da zona de inibição foi mensurado com um paquímetro | Nenhuma diferença no efeito antibacteriano entre o NaOCl e o Ca(OCl) ₂ contra o <i>E. faecalis</i> . Concentrações mais altas mostraram melhores resultados |
| Dumani et al. ²⁷ (2019) | 105 pré-molares humanos extraídos com um único canal radicular | <i>E. faecalis</i> | Água destilada; NaOCl 2,5%; Ca(OCl) ₂ 2,5% | <u>Preparo químico-mecânico:</u> limas manuais e NaOCl 2,5% como irrigante principal. Irrigação convencional. Descontaminação auxiliar com PDT. <u>Contaminação:</u> 100 µL de <i>E. faecalis</i> . Incubação por 21 dias; <u>Descontaminação:</u> irrigação com as soluções de teste (5mL). Nos | Contagens de CFU | Nenhuma diferença no efeito antibacteriano entre o NaOCl e o Ca(OCl) ₂ contra o <i>E. faecalis</i> |

| | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------|---|--|---|--|---|
| | | | | <p>grupos envolvendo a PDT, o laser foi utilizado 4 vezes, em um intervalo de 15s (em cada intervalo, foi irrigado 1,25mL da solução). Por fim, nos grupos com irrigação de NaOCl e Ca(OCl)₂, foi utilizado 2mL de Tiosulfato de Sódio 5%, e no grupo controle, 3mL de água destilada</p> | | |
| Iglesias et al. ²⁸ (2019) | Placas de Petri | <i>E. faecalis</i> | Água destilada; NaOCl 2,5%; Ca(OCl) ₂ 2,5% | <p>Ensaio de difusão em ágar em poços foram realizados em placas de Petri contendo o meio Müller-Hinton para o <i>E. faecalis</i> a uma profundidade de 4 mm. Uma suspensão isolada foi preparada em soro fisiológico 0,85% estéril e a turbidez foi ajustada para um padrão de McFarland de 0,5. Placas de ágar foram inundadas com a suspensão de teste e discos de papel filtro esterilizados contendo 20 µL de solução de teste foram colocados sobre a placa. Além das soluções sem surfactante, também foi investigado o uso associado da cetrimida (0,1% e 0,2%) e do cloreto de benzalcônio (0,008%) com ambos os hipocloritos. As placas foram incubadas a 37°C por 24 horas</p> | O diâmetro da zona de inibição foi mensurado com um paquímetro | Nenhuma diferença no efeito antibacteriano entre o NaOCl e o Ca(OCl) ₂ contra o <i>E. faecalis</i> |
| Gómez et al. ²⁹ (2020) | Placas de Petri | <i>C. albicans</i> e <i>E. faecalis</i> | Água destilada; NaOCl 2,5%; NaOCl 5,25%; Ca(OCl) ₂ 2,5% | <p>Colônias da cepa de <i>E. faecalis</i> foram inoculadas em 5 mL de solução salina para preparar suspensões salinas padronizadas de <i>C. albicans</i> e <i>E. faecalis</i></p> | O diâmetro da zona de inibição foi mensurado | O NaOCl foi mais eficaz que o Ca(OCl) ₂ contra a <i>C. albicans</i> e o <i>E. faecalis</i> em sua concentração mais alta |

| | | | | | | |
|--------------------------------------|---|--------------------|--|---|-------------------|---|
| | | | | respeitando a escala de McFarland de 0,5. Em seguida, 100 µL da suspensão foram colocados em placas de Petri. Em cada placa foram colocados 40 discos de papel com diâmetro de 5 mm previamente embebidos em 15 mL das diferentes soluções teste. As placas foram incubadas a 37°C por 24 horas | com um paquímetro | |
| Souza et al. ³⁰ (2020) | 110 dentes humanos extraídos com um único canal radicular | <i>E. faecalis</i> | Água destilada; NaOCl 1%; NaOCl 5,25%; Ca(OCl) ₂ 1%; Ca(OCl) ₂ 5,25% | <u>Preparo químico-mecânico</u> : Limas reciprocantes Reciproc R50 e água destilada como irrigante principal. Irrigação convencional. Descontaminação auxiliar com PDT. <u>Contaminação</u> : 100 µL de <i>E. faecalis</i> . Incubação por 14 dias; <u>Descontaminação</u> : irrigação com as soluções de teste (5mL). Nos grupos envolvendo a PDT, foi previamente adicionado azul de metileno 0,01% por 5min (pré-irradiação), utilizando um laser com 100mW de potência e irradiação por 90 segundos | Contagens de CFU | O Ca(OCl) ₂ foi mais eficaz que o NaOCl contra o <i>E. faecalis</i> em sua concentração mais baixa |

E. faecalis, *Enterococcus faecalis*; **NaOCl**, hipoclorito de sódio; **Ca(OCl)₂**, hipoclorito de cálcio; **CFU**, unidade de formação de colônias; **qPCR**, reação em cadeia da polimerase quantitativa em tempo real; **C. albicans**, *Candida albicans*.

Fonte: Os autores.

4. DISCUSSÃO

Esta revisão de escopo fornece a primeira síntese de informações sobre o efeito antibacteriano do $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ como um irrigante endodôntico. A importância deste estudo está relacionada ao sucesso do tratamento endodôntico, que busca uma substância irrigadora ideal, sem efeitos adversos e com amplo espectro antibacteriano. Em comparação direta com o NaOCl, o $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ é quimicamente mais estável e tem maior disponibilidade de cloro ativo¹⁶, apresenta menor citotoxicidade¹⁰, não causa erosão na dentina¹⁴ e não afeta as propriedades da dentina^{11,17}. Portanto, o $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ é uma solução irrigadora promissora para uso endodôntico, sendo necessário compilar e esclarecer seu potencial antibacteriano. Nesse sentido, nossos resultados demonstraram que no geral, a atividade antibacteriana do $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ foi positiva, não havendo diferença para o NaOCl, sendo o $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ capaz de combater o *E. faecalis*, não só em formato isolado, mas também como biofilme.

Com base nos estudos incluídos, as soluções de NaOCl e $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, nas diferentes concentrações testadas, não apresentaram diferenças significativas em seu efeito antibacteriano. Embora sem diferença estatística, o $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ inibiu o *E. faecalis* mais rapidamente que o NaOCl em um curto espaço de tempo²⁶ e resultou em um maior halo de inibição bacteriana^{26,28}. Possivelmente, esses achados podem ser atribuídos ao fato de o $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ apresentar maior disponibilidade de cloro ativo e sua dissociação iônica resultar na liberação de maiores quantidades de ácido hipocloroso¹⁶, podendo-se esperar um maior efeito antibacteriano da solução. Portanto, com base nessa suposição, mais estudos são necessários para avaliar diferentes condições experimentais e explorar mais fatores cruciais para um irrigante, como armazenamento, tempo de aplicação e volume de irrigação. Além disso, um estudo indicou que a adição de cetrimida nas concentrações de 0,1% e 0,2% ao NaOCl e ao $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ pode aumentar a zona de inibição microbiana, aumentando o efeito antibacteriano das soluções²⁸. Uma hipótese para justificar esse resultado é que a cetrimida tem o potencial de diminuir a estabilidade mecânica do biofilme, afetando as ligações eletrostáticas da matriz exopolissacarídica e impactando no enfraquecimento das forças coesivas do biofilme³¹. Portanto, associar uma solução clorada à cetrimida é uma boa opção, obtendo-se uma potencialização do efeito antibacteriano.

O $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ demonstrou eficácia antibacteriana quando o canal radicular foi irrigado pelo método convencional ou em conjunto com PUI^{20-25,27,30}. No entanto, o uso da PUI não melhorou o potencial de descontaminação em canais radiculares infectados com o *E. faecalis*, para ambos os hipocloritos^{20,21}. Resultados semelhantes foram encontrados em estudos anteriores, sem diferença significativa entre os grupos que receberam irrigantes

com ou sem agitação ultrassônica^{32,33}. Portanto, é consistente supor que o principal papel na eliminação de bactérias é desempenhado pelo irrigante e suas características.

Embora haja alguma controvérsia entre os achados dos estudos, o uso da PDT em conjunto com a irrigação com o NaOCl ou o Ca(OCl)₂ parece promover uma potencialização do efeito antibacteriano das soluções²⁵. Diante dos achados desta revisão, parece que esse evento fica mais evidente quando se comparam as menores concentrações investigadas de cada solução, onde o Ca(OCl)₂ e o NaOCl na concentração de 1% juntamente com o uso da PDT, se mostraram mais eficazes eficaz na descontaminação do que não usar a PDT para os mesmos irrigantes^{25,30}. Além disso, menor modificação foi induzida na microdureza e nos componentes orgânicos da dentina radicular, pelo uso de Ca(OCl)₂ em baixas concentrações associado à PDT³⁰. A PDT funciona por meio de um mecanismo de ativação a laser, que estimula o fotossensibilizador a reagir com o oxigênio molecular, gerando oxigênio reativo. Este, por sua vez, atua nos componentes bacterianos, induzindo a morte dos patógenos³⁴. Assim, é lógico supor que o mecanismo de ação da PDT explique os melhores efeitos antibacterianos relatados com seu uso.

O Ca(OCl)₂ e o NaOCl na concentração de 6% reduziram as contagens bacterianas sem diferenças entre eles, e mostraram desempenho semelhante quando associados à instrumentação rotatória ou reciprocante²⁴. Devido ao longo tempo de trabalho e conseqüentemente maior uso de irrigantes e maior tempo de turbulência no irrigante devido à rotação mecânica, era razoável supor que a cinemática rotatória teria resultados mais favoráveis. No entanto, estudos anteriores mostraram resultados semelhantes entre ambas as cinemáticas na descontaminação causada pelo NaOCl^{35,36}. Assim, é presumível supor que esse achado também se estenda ao Ca(OCl)₂.

Em quase todos os estudos incluídos, o método de análise dos resultados foi por métodos de cultura, contando o número de unidades formadoras de colônias (CFUs) ou medindo as zonas de inibição bacteriana^{20,21,23-30}. Apenas um estudo utilizou um método molecular, que foi a reação em cadeia da polimerase quantitativa em tempo real (qPCR)²². O método de qPCR tem como grande vantagem sua maior sensibilidade na quantificação de espécies-alvo individuais, bem como o número total de bactérias. Além disso, proporciona contaminação limitada das amostras, devido à ausência de manipulação pós-amplificação. No entanto, neste método, a detecção de DNAs e RNAs flutuantes livres de células inviáveis pode causar resultados superestimados, quando comparados aos métodos de cultura³⁷. Portanto, é coerente supor que os métodos de cultura e os métodos moleculares possuem peculiaridades e diferenças relevantes, devendo a comparação de

resultados obtidos por diferentes meios ser feita com cautela e parcimônia.

É evidente que a presente revisão apresenta algumas limitações. Os estudos incluídos usaram diferentes tipos de amostra, métodos de irrigação, volume de soluções, métodos de contaminação, tempo de incubação do *E. faecalis* e métodos para avaliar o resultado principal (efeito antibacteriano). Todos esses fatores levam à heterogeneidade, o que limita a comparação precisa entre os estudos. Finalmente, nossa revisão de escopo identificou, apesar de todas as variáveis incluídas nos estudos, que não há diferenças no efeito antibacteriano entre o $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ e o NaOCl . Assim, ficou claro que estudos futuros devem se concentrar em estabelecer qual concentração da solução de $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ e tempo de aplicação são necessários para o uso seguro e preciso da solução, com efeito antibacteriano satisfatório. Além disso, estudos adicionais são necessários para avaliar o efeito antibacteriano do $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ sobre outras espécies microbianas envolvidas em patologias endodônticas, uma vez que quase a totalidade dos estudos avaliou apenas o efeito sobre o *E. faecalis*. Somado a isso, é necessário avaliar outras propriedades do $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ relevantes no contexto endodôntico, bem como a realização de ensaios clínicos randomizados bem delineados para avaliar os resultados do tratamento endodôntico a longo prazo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da heterogeneidade presente entre os estudos incluídos, a literatura disponível demonstra que o $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ tem efeito antibacteriano eficaz contra o *E. faecalis*, independentemente de sua concentração, técnicas de instrumentação, técnicas de irrigação e uso de métodos auxiliares para a descontaminação, com resultados comparáveis ao NaOCl . Contudo, mais estudos são necessários para avaliar o efeito do irrigante contra outras espécies microbianas presentes em infecções endodônticas.

REFERÊNCIAS

1. Nair PN. Pathogenesis of apical periodontitis and the causes of endodontic failures. Crit Rev Oral Biol Med. 2004;15(6):348-81.
2. Siqueira JF Jr, Rôças IN. Present status and future directions: Microbiology of endodontic infections. Int Endod J. 2022;55 Suppl 3:512-530.
3. Nardello LCL, Pinheiro ET, Gavini G, et al. Nature and Prevalence of Bacterial Taxa Persisting after Root Canal Chemomechanical Preparation in Permanent Teeth: A Systematic Review and Meta-analysis. J Endod. 2022;48(5):572-96.
4. Zehnder M. Root canal irrigants. J Endod. 2006;32(5):389-98.

5. Stuart CH, Schwartz SA, Beeson TJ, et al. Enterococcus faecalis: its role in root canal treatment failure and current concepts in retreatment. *J Endod.* 2006;32(2):93-8.
6. Schäfer E, Bössmann K. Antimicrobial efficacy of chlorhexidine and two calcium hydroxide formulations against Enterococcus faecalis. *J Endod.* 2005;31(1):53-6.
7. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, et al. Irrigation in endodontics. *Br Dent J.* 2014;216(6):299-303.
8. Tatekalva P, Subbaiyan H, Kumar SR. Comparative evaluation of antimicrobial potential of herbal extracts on Streptococcus mutans and Enterococcus faecalis: An in vitro study. *Braz Dent Sci.* 2021;24(1):1-7.
9. Ishihara M, Murakami K, Fukuda K, et al. Stability of Weakly Acidic Hypochlorous Acid Solution with Microbicidal Activity. *Biocontrol Sci.* 2017;22(4):223-27.
10. Blattes GB, Mestieri LB, Böttcher DE, et al. Cell migration, viability and tissue reaction of calcium hypochlorite based-solutions irrigants: An in vitro and in vivo study. *Arch Oral Biol.* 2017;73:34-9.
11. Durigon M, Cecchin D, de Carli JP, et al. Could calcium hypochlorite and grape seed extract keep the mechanical properties of root dentin and fracture resistance of weakened roots? *J Mech Behav Biomed Mater.* 2020;106:103736.
12. Coaguila-Llerena H, Toledo JDS, Ramos AP, et al. Physicochemical properties and penetration into dentinal tubules of calcium hypochlorite with surfactants. *Braz Dent J.* 2022;33(2):1-11.
13. Oliveira JS, Raucci Neto W, Faria NS, et al. Quantitative assessment of root canal roughness with calcium-based hypochlorite irrigants by 3D CLSM. *Braz Dent J.* 2014;25(5):409-15.
14. Görduysus M, Küçükkaya S, Bayramgil NP, et al. Evaluation of the effects of two novel irrigants on intraradicular dentine erosion, debris and smear layer removal. *Restor Dent Endod.* 2015;40(3):216-22.
15. Dutta A, Saunders WP. Comparative evaluation of calcium hypochlorite and sodium hypochlorite on soft-tissue dissolution. *J Endod.* 2012;38(10):1395-8.
16. Leonardo NG, Carlotto IB, Luisi SB, et al. Calcium Hypochlorite Solutions: Evaluation of Surface Tension and Effect of Different Storage Conditions and Time Periods over pH and Available Chlorine Content. *J Endod.* 2016;42(4):641-5.
17. Cecchin D, Soares Giaretta V, Granella Cadorin B, et al. Effect of synthetic and natural-derived novel endodontic irrigant solutions on mechanical properties of human dentin. *J Mater Sci Mater Med.* 2017;28(9):141. <https://doi.org/10.1007/s10856-017-5960-1>
18. Peters MD, Godfrey CM, Khalil H, et al. Guidance for conducting systematic scoping reviews. *Int J Evid Based Healthc.* 2015;13(3):141-6.
19. Tricco AC, Lillie E, Zarin W, et al. PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Ann Intern Med.* 2018;169(7):467-73.

20. Paula KB, Carlotto IB, Marconi DF, et al. Calcium Hypochlorite Solutions - An In Vitro Evaluation of Antimicrobial Action and Pulp Dissolution. *Eur Endod J.* 2019;4(1):15-20.

21. Souza MA, Tumelero Dias C, Zandoná J, et al. Antimicrobial activity of hypochlorite solutions and reciprocating instrumentation associated with photodynamic therapy on root canals infected with *Enterococcus faecalis* - An in vitro study. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2018;23:347-52.

22. Souza MA, Lago BLT, Pletsch A, et al. Association of calcium hypochlorite, reciprocating instrumentation and photodynamic therapy: Antimicrobial analysis and effects on root dentin structure. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2020;29:101625. .

23. de Almeida AP, Souza MA, Miyagaki DC, et al. Comparative evaluation of calcium hypochlorite and sodium hypochlorite associated with passive ultrasonic irrigation on antimicrobial activity of a root canal system infected with *Enterococcus faecalis*: an in vitro study. *J Endod.* 2014;40(12):1953-7.

24. Dumani A, Guvenmez HK, Yilmaz S, et al. Antibacterial Efficacy of Calcium Hypochlorite with Vibringe Sonic Irrigation System on *Enterococcus faecalis*: An In Vitro Study. *Biomed Res Int.* 2016;2016:8076131.

25. Dal Bello Y, Mezzalira GI, Jaguszewski LA, et al. Effectiveness of calcium and sodium hypochlorite in association with reciprocating instrumentation on decontamination of root canals infected with *Enterococcus faecalis*. *Aust Endod J.* 2019;45(1):92-7.

26. Dumani A, Tanrisever D, Sihay D, et al. Efficacy of calcium hypochlorite with and without Er,Cr: Yttrium, scandium, gallium, garnet laser activation on *Enterococcus faecalis* in experimentally infected root canals. *Niger J Clin Pract.* 2019;22(2):215-20.

27. Iglesias JE, Pinheiro LS, Weibel DE, et al. Influence of surfactants addition on the properties of calcium hypochlorite solutions. *J Appl Oral Sci.* 2019;27:e20180157.

28. Gómez C, Salcedo-Moncada D, Ayala G, et al. Antimicrobial Efficacy of Calcium and Sodium Hypochlorite at Different Concentrations on a Biofilm of *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans*: An In Vitro Comparative Study. *J Contemp Dent Pract.* 2020;21(2):178-82.

29. Sedigh-Shams M, Gholami A, Abbaszadegan A, et al. Antimicrobial Efficacy and Cytocompatibility of Calcium Hypochlorite Solution as a Root Canal Irrigant: An in Vitro Investigation. *Iran Endod J.* 2016;11(3):169-74.

30. Soligo LT, Lodi E, Farina AP, et al. Antibacterial Efficacy of Synthetic and Natural-Derived Novel Endodontic Irrigant Solutions. *Braz Dent J.* 2018;29(5):459-64.

31. Simões M, Pereira MO, Vieira MJ. Effect of mechanical stress on biofilms challenged by different chemicals. *Water Res.* 2005;39(20):5142-52.

32. Bhuva B, Patel S, Wilson R, et al. The effectiveness of passive ultrasonic irrigation on intraradicular *Enterococcus faecalis* biofilms in extracted single-rooted human teeth. *Int Endod J.* 2010;43(3):241-50.

33. Gründling GL, Zechin JG, Jardim WM, et al. Effect of ultrasonics on *Enterococcus faecalis* biofilm in a bovine tooth model. *J Endod.* 2011;37(8):1128-33.

34. Plotino G, Grande NM, Mercade M. Photodynamic therapy in endodontics. *Int Endod J*. 2019;52(6):760-74.

35. Martinho FC, Gomes AP, Fernandes AM, et al. Clinical comparison of the effectiveness of single-file reciprocating systems and rotary systems for removal of endotoxins and cultivable bacteria from primarily infected root canals. *J Endod*. 2014;40(5):625-9.

36. Cavalli D, Toia CC, Flores Orozco EI, et al. Effectiveness in the Removal of Endotoxins and Microbiological Profile in Primary Endodontic Infections Using 3 Different Instrumentation Systems: A Randomized Clinical Study. *J Endod*. 2017;43(8):1237-45.

37. Sedgley C, Nagel A, Dahlén G, et al. Real-time quantitative polymerase chain reaction and culture analyses of *Enterococcus faecalis* in root canals. *J Endod*. 2006;32(3):173-7.