

IRRIGAÇÃO NOS CANAIS RADICULARES: É POSSIVEL OTIMIZAR SUA EFICÁCIA?

Data de submissão: 09/10/2023

Data de aceite: 01/12/2023

Camila Tayná Baleeiro Santos

Universidade Federal da Bahia,
Salvador-Bahia
<https://orcid.org/0000-0002-9852-7518>

Juliana Yuri Nagata

Universidade Federal de Sergipe,
Lagarto-SE
<https://orcid.org/0000-0002-5509-5110>

Mariana Emi Nagata

Universidade Estadual de Londrina,
Londrina-PR
<http://lattes.cnpq.br/6436191171302789>

Maria Tereza Pedrosa de Albuquerque

Universidade Federal da Bahia,
Salvador-BA
<https://orcid.org/0000-0002-5056-8126>

RESUMO: A infecção presente no sistema de canais radiculares vem sendo considerada um problema difícil de ser combatido há décadas na terapia endodôntica. Diversos métodos, substâncias e protocolos de irrigação associados à instrumentação dos canais radiculares, vem ganhando atenção, visando expandir a eficácia de limpeza dos canais radiculares, principalmente em áreas de difícil acesso aos instrumentos

endodônticos, e assim reestabelecer a saúde dental. Diante deste cenário, o presente capítulo tem como objetivo revisar na literatura os principais métodos de ativação e otimização da ação das soluções irrigadoras, visando esclarecer suas diferenças, e com enfoque na amplificação da penetração dessas substâncias em áreas anatômicas de difícil acesso. Os tipos/dispositivos descritos neste trabalho incluíram a irrigação convencional com seringa e agulha (CNI), ativação manual dinâmica (MDA), Instrumentos para ativação da solução irrigadora, Irrigação Ultrassônica (Passiva: PUI e Contínua: CUI), Irrigação Sônica, GentleWave, fluxo fotoacústico induzido por fótons (PIPS), EndoVac, e nanobolhas (NBs). Observa-se que dispositivos e técnicas de agitação podem otimizar a limpeza dos canais radiculares e cada recurso apresenta potenciais diferentes para atuação em situações anatômicas individualizadas, cabendo ao profissional planejar a melhor forma de garantir uma limpeza adequada ao SCR, fornecendo melhores condições para o sucesso nos tratamentos endodônticos.

PALAVRAS-CHAVE: Endodontia, irrigação, desinfecção, dissolução.

ROOT CANAL IRRIGATION: IS IT POSSIBLE TO AMPLIFY ITS EFFECTIVENESS?

ABSTRACT: The infection present in the root canal system has been considered a difficult problem to be tackled for decades in endodontic therapy. Several irrigation methods, substances and protocols associated with root canal instrumentation have been gaining attention, aiming to expand the effectiveness of root canal cleaning, especially in areas with difficult access to endodontic instruments, and thus re-establish dental health. In view of this scenario, this work aims to review in the literature the main methods of activation and optimization of the action of irrigating solutions, aiming to clarify their differences, and focusing on amplifying the penetration of these substances in anatomical areas of difficult access. The types/devices described in this work included conventional syringe and needle irrigation (CNI), dynamic manual activation (MDA), Instruments for activating the irrigating solution, Ultrasonic Irrigation (Passive: PUI and Continuous: CUI), Sonic Irrigation, GentleWave, photon-induced photoacoustic flux (PIPS), EndoVac, and nanobubbles (NBs). It was observed that agitation devices and techniques can optimize the cleaning of root canals and each resource has different potentials for acting in individual anatomical situations, it being up to the professional to plan the best way to ensure adequate cleaning of the SCR, providing better conditions for successful endodontic treatments.

KEYWORDS: Endodontics, irrigation, disinfection, dissolution

1 | INTRODUÇÃO

A terapia endodôntica, em casos de necrose pulpar, visa o reestabelecimento da saúde dental por meio da limpeza (desinfecção), modelagem e selamento tridimensional do sistema de canais radiculares (SCR). Esses procedimentos promovem a eliminação dos microrganismos que habitam a cavidade pulpar, criando um ambiente favorável à cicatrização dos tecidos periapicais (CARVALHO et al., 2019; MOLINA et al., 2015; LI et al., 2015). A ação mecânica dos instrumentos endodônticos proporciona a limpeza da luz dos canais radiculares principais, atuando na redução de 54% dos microrganismos ali presentes (BYSTRÖM & SUNDQVIST, 1981). Entretanto, devido às suas limitações físicas, esses instrumentos não são capazes de limpar regiões de complexidade anatômica (i.e. istmos, canais secundários, laterais, recorrentes, deltas apicais, etc.), fazendo com que material orgânico (restos teciduais e microrganismos) e inorgânico (raspas de dentina produzida pela instrumentação) se acumulem nessas regiões e atuem como agentes irritantes aos tecidos periapicais (SIQUEIRA & RÔÇAS, 2008). Diante desses desafios anatômicos e limitações mecânicas dos instrumentos, substâncias químicas auxiliares (SQA) são utilizadas, concomitantemente às limas endodônticas, tradicionalmente de forma passiva (seringas/agulhas) durante o preparo químico mecânico (PQM) e ao final do preparo dos canais radiculares, ampliando a eficácia de limpeza do SCR em 26% (BYSTRÖM & SUNDQVIST, 1981).

Apesar da associação da instrumentação com SQA para ampliar a desinfecção dos

canais radiculares, aproximadamente 40% a 60% dos canais continuam apresentando culturas microbianas positivas após instrumentação e irrigação com diferentes concentrações de NaOCl (CARVALHO et al., 2019; SIQUEIRA & RÔÇAS, 2008; MOREIRA et al., 2019). Frente às dificuldades na remoção do conteúdo tóxico do SCR que se adere às suas variações anatômicas, e da limitação de atuação dos instrumentos, recursos de ativação energética do líquido irrigante vem sendo utilizados com o intuito de agitar e melhorar o fluxo dessas soluções no SCR, uma vez que a irrigação convencional tem sua ação limitada à luz do canal principal, penetrando pequenas distâncias no interior dos túbulos dentinários (GALLER et al., 2019; NEELAKANTAN et al., 2019). Esses dispositivos que otimizam o processo físico da irrigação, vêm sendo introduzidos na prática clínica com a finalidade de potencializar a penetração das soluções irrigadoras, e conseqüentemente sua ação antimicrobiana e de dissolução tecidual ao longo do preparo químico-mecânico, alcançando/atuando em regiões remotas do SCR, sendo considerados, por muitos, pré-requisitos para o sucesso do tratamento endodôntico (GU et al., 2009; AZIM et al., 2016; DE-DEUS, G. et al. 2019).

Diante do surgimento de grandes variedades de dispositivos adjuntos à irrigação do SCR e de resultados, muitas vezes inconclusivos, quanto à eficácia de limpeza e desinfecção, torna-se relevante resumir e agregar informações referentes aos tipos de dispositivos disponíveis comercialmente. Assim, esse capítulo visa descrever de maneira reflexiva os principais métodos de irrigação, bem como os dispositivos existentes para otimização da ação das soluções irrigadoras com enfoque no maior alcance/penetração proporcionado por esses recursos na limpeza de áreas de difícil acesso dos canais radiculares.

2 | TIPOS DE DISPOSITIVOS UTILIZADOS PARA OTIMIZAR A AÇÃO DAS SOLUÇÕES IRRIGADORAS

2.1 Irrigação convencional com seringa e agulha (CNI)

Tradicionalmente, a irrigação passiva convencional (CNI), refere-se a opção de irrigação dos canais radiculares mais empregada, sendo realizada por meio de agulhas ou cânulas de calibres variáveis acopladas a seringas plásticas para inserção de um irrigante no canal radicular, de forma passiva (GU et al., 2009). Alguns fatores são extremamente importantes para o sucesso dessa técnica incluindo o posicionamento da agulha, que deve permanecer livre dentro do espaço do canal radicular durante o processo de irrigação, permitindo o fluxo (pressão positiva pela inserção do líquido) e refluxo (pressão negativa pela aspiração coronária) do irrigante, removendo assim, no sentido coronário, detritos provenientes da instrumentação, restos teciduais e microbianos (GU et al., 2009). Além disso, é recomendado que a ponta da agulha encontre-se posicionada 2-3mm de distância aquém do comprimento de trabalho (CT), distância esta, controlada por meio de cursor

de borracha, com o intuito de evitar o extravasamento do líquido irrigante para os tecidos periapicais (UZUNOGLU, E. et al. 2015). Atualmente há vários tipos de agulhas disponíveis, apresentando diferentes comprimentos, diâmetros e aberturas na ponta. A utilização de agulhas com pequeno calibre (27G e 30G, respectivamente 0,4 e 0,3 mm) consiste em outro fator essencial para alcançar a profundidade de penetração desejada, uma vez que agulhas de calibres maiores não conseguem alcançar a porção apical dos canais mais atrésicos (GUERREIRO-TANOMARU et al., 2013). O diâmetro adequado e a profundidade de penetração da agulha de irrigação, bem como a renovação constante da solução irrigante ao longo de todo preparo do canal radicular, influenciam na profundidade de penetração da substância e no volume de irrigante que alcança o sistema de canais radiculares ao longo da instrumentação (GU et al., 2009; UZUNOGLU et al., 2015). Entretanto, apesar de efetuar uma limpeza eficiente nos terços cervical e médio do canal radicular, a técnica CNI apresenta intercorrências que podem prejudicar a limpeza do terço apical do canal radicular incluindo a formação do “*vapour lock*” (bolhas de ar no terço apical do canal), que apresenta-se como uma barreira física impedindo a penetração da solução irrigadora na região apical, comprometendo assim, a limpeza adequada dessa região rica em variações anatômicas (ANDRABI et al., 2014; DARCEY, 2016).

Na CNI a escolha da agulha é essencial para otimizar a desinfecção do canal radicular e/ou prevenir risco de extravasamento foraminal, uma vez que o design da ponta da agulha influencia na pressão gerada sobre o líquido, fluxo e velocidade da solução irrigadora, parâmetros importantes para determinar a eficácia da irrigação no SCR, contra as paredes dentinárias em todos os terços do canal, incluindo o terço apical, considerado o mais difícil de obter limpeza (SILVA et al., 2016). Nesse sistema há dois tipos de pontas de agulhas que ajudam na distribuição do líquido irrigador, e são divididas em agulhas com ventilação lateral (Vista-Probe Vista Dental, Racine, WI, EUA) ou agulhas planas abertas (Ultradent, South Jordan, UT, EUA) (HOLLIDAY & ALANI, 2014), que ficam acopladas a uma seringa (DUQUE et al., 2016). As agulhas com ventilação lateral penetram na região apical com menor intensidade, e concentram o fluxo do irrigante contra as paredes do canal, assim produzindo gradientes de alta velocidade local, desorganização do biofilme e aumento das tensões de cisalhamento (pressão do líquido contra a parede dentinária) na parede lateral referente à abertura da agulha (HOLLIDAY & ALANI, 2014; GOODE et al., 2013). Já as agulhas planas abertas permitem uma maior penetração do irrigante na região apical e um plano de estagnação menor, mas essas não são comumente utilizadas devido ao risco de ocorrer extrusão apical (HOLLIDAY & ALANI, 2014).

2.2 Ativação Manual Dinâmica (MDA)

A ativação manual dinâmica (MDA) foi introduzida por GU e colaboradores (2009). Essa técnica consiste na utilização de instrumentos de pequeno calibre, incluindo limas K-file

ou cones de guta-percha bem ajustados ao comprimento de trabalho, para promover uma movimentação do líquido no interior do canal (VIRDEE et al., 2020). O movimento do tipo vai-e-vem suave aplicado ao instrumento ou ao cone de guta-percha, no sentido de entrada e saída do canal radicular deve apresentar amplitude curta de 2 a 3 mm no interior de um canal previamente instrumentado (DARCEY, 2016; VIRDEE et al., 2020). Ao realizar esses movimentos curtos, um efeito hidrodinâmico (mudanças abruptas na pressão intracanal) eficaz do irrigante junto às paredes dentinárias é gerado, melhorando significativamente o deslocamento e a renovação da solução irrigadora utilizada, além de induzir distribuição mais eficaz do irrigante ao longo das superfícies dentinárias do SCR, incluindo áreas mais difíceis de serem alcançadas (GU et al., 2009; ANDRABI et al., 2014). Outro fator bastante relevante para a promoção da limpeza das paredes dentinárias é a tensão de cisalhamento (*i.e.* impacto da solução irrigadora contra a superfície das paredes de dentina), fenômeno ampliado também pelo movimento do cone de guta-percha (HOLLIDAY & ALANI, 2014).

A MDA destaca-se pela simplicidade da técnica, baixo custo e eficiência na promoção de limpeza do conduto radicular (potencial de penetração em áreas restritas), quando comparada com outros dispositivos de otimização da irrigação que requerem equipamentos específicos e de alto custo (ANDRABI et al., 2014). Segundo a literatura, os dispositivos de ativação dinâmica manual influenciam positivamente na redução da dor pós-operatória, apresentando extrusão periapical mínima, distribuição de solução irrigante até o comprimento de trabalho, ampliando a limpeza do canal principal e áreas de istmo, quando utilizada da maneira preconizada (GU et al., 2009). Em contrapartida, outros estudos demonstraram que esse dispositivo apresentou menores profundidades de penetração da solução irrigadora nos terços apicais, quando comparado com ativação ultrassônica, sônica e induzida por laser (GALLER et al., 2019).

2.3 Instrumentos desenvolvidos para ativação da solução irrigadora

Uma série de dispositivos vem sendo desenvolvidos para otimizar o potencial de ação das soluções irrigadoras, visando ampliar o alcance dessas soluções principalmente em regiões de difícil acesso aos instrumentos endodônticos. Dentre eles, instrumentos confeccionados especialmente para proporcionar agitação mecânica da solução, incluindo o Easy-Clean (Easy Equipamentos Odontológicos, Belo Horizonte, Brasil) fabricado com material plástico (acrilonitrila butadieno estireno) e que quando acionado por meio de motores elétricos ou micromotores, produz agitação vigorosa de fluidos no interior dos canais radiculares (ANDRADE-JUNIOR et al., 2016). Esse instrumento apresenta calibre 25/.04, com seção transversal em forma de asa de aeronave, e atua girando, quando acionado mecanicamente, em movimentos rotatórios ou reciprocantes (ANDRADE-JUNIOR et al., 2016). Embora o fabricante sugira seu uso em movimento recíprocante, estudo demonstrou que quando o EasyClean é utilizado em movimentos rotatórios contínuos de

baixa velocidade, produz turbulência da solução irrigante, favorecendo assim a limpeza em áreas do istmo e nas paredes do canal radicular (DUQUE et al., 2016). Além disso, esse dispositivo apresenta um custo acessível ao clínico e pode ser utilizado acoplado ao micromotor, recurso comumente presente nos consultórios odontológicos. Assim, esse instrumento parece representar uma alternativa que pode ampliar a eficácia da irrigação com segurança, versatilidade e custo acessível aos profissionais (ANDRADE-JUNIOR et al., 2016).

Outro instrumento bastante estudado e preconizado na prática clínica refere-se ao XP-endo Finisher (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Suíça), fabricado a partir de uma liga de níquel-titânio (NiTi) com tratamento térmico especial (tecnologia MaxWire), apresentando núcleo pequeno (diâmetro da ponta # 25, sem ponta ativa), sendo recomendado que seu emprego aconteça após instrumentação do canal radicular, como um adjunto à ampliação da limpeza e desinfecção intracanal (DE-DEUS et al., 2019). Trata-se de um instrumento extremamente flexível e com grande resistência à fadiga cíclica, capaz de alterar sua forma sob diferentes condições de temperatura. Em temperatura ambiente (20-22° C), este instrumento encontra-se na fase martensita (fase-M) e a lima apresenta-se reta. Quando o instrumento entra em contato com a temperatura do corpo humano (36°C), esse transporta-se para fase austenita (fase-A), assumindo um formato abaulado, cujo a concavidade apresenta profundidade de 1.5 mm nos últimos 10 mm de ponta do instrumento. Ao assumir este formato e girar no interior do canal, a XP-endo atua tocando regiões e substratos (eg debris dentinários, medicação intracanal, restos teciduais, biofilme, restos de materiais obturadores) que não foram tocados/removidos por instrumentos endodônticos ao longo da instrumentação do canal adaptando-se à anatomia do canal radicular, e além disso amplia a eficácia de limpeza da solução irrigadora por meio da agitação mecânica da mesma (DEBELIAN & TROPE, 2015). Desta forma, o fabricante, recomenda o uso da XP-Endo Finisher na etapa final de desinfecção do canal visando desorganizar biofilme bacteriano remanescente e assim, fornecendo uma limpeza ideal do sistema de canais radiculares enquanto preserva a dentina (AZIM et al., 2016).

Recentemente, alguns instrumentos que apresentam indicações e propriedades semelhantes a XP-Endo Finisher foram lançados no mercado, incluindo a lima M3 Max (United Dental, Shanghai, China) (LI et al., 2020). Esta lima é fabricada em níquel-titânio (NiTi) com dimensões de 25 / .01 apresentando um formato de colher único, utilizada para tocar as paredes do canal radicular (LI et al., 2020). Com relação ao seu potencial de amplificação da desinfecção dos canais radiculares, esse sistema de agitação demonstrou, em estudo, uma melhor capacidade de inibição de crescimento bacteriano quando comparado ao dispositivo EndoActivator (LI et al., 2020).

2.4 Irrigação Ultrassônica Passiva (PUI)

A irrigação ultrassônica passiva (PUI) pode ser definida como o emprego de um instrumento (transdutor) que transmite energia acústica ultrassônica a um líquido gerando bolhas que entram em colapso nos canais radiculares em um processo conhecido como cavitação, ampliando o potencial de limpeza das paredes do canal radicular, de forma a alcançar áreas não tocadas pela instrumentação mecânica (ANDRADE-JUNIOR et al., 2016). O termo PUI foi usado pela primeira vez na endodontia por Weller no ano de 1980 para descrever um cenário de irrigação do canal radicular, denominado 'irrigação passiva', onde o emprego da lima limita-se a ativações ultrassônicas em ciclos curtos (3 ciclos x 20 segundos por canal, com um movimento no sentido de entrada e saída do canal radicular) (GU et al., 2009; DARCEY, 2016). A ativação do instrumento/inserto no canal radicular, transmite ondas acústicas à solução líquida em frequências elevadas que variam de 25-30 kHz (GALLER et al., 2019; HOLLIDAY & ALANI, 2014).

A PUI geralmente é realizada como um protocolo final de irrigação, após preparo e ampliação do canal radicular, permitindo a livre movimentação do inserto ultrassônico, que deve trabalhar passivamente, sem tocar as paredes de dentina (DARCEY, 2016; (GALLER et al., 2019; HOLLIDAY & ALANI, 2014). Esse protocolo final de irrigação, leva à ruptura física da estrutura de biofilmes microbianos e induz a penetração do irrigante em áreas não instrumentadas, incluindo túbulos dentinários não escleróticos, istmos e canais laterais, potencializando a limpeza do SCR (MOREIRA et al., 2019). Isso ocorre devido ao movimento rápido provocado no líquido irrigante, gerando o fenômeno de cavitação que amplia a tensão de cisalhamento (GALLER et al., 2019). Para que a irrigação ultrassônica passiva contemple os benefícios mencionados em toda a extensão do canal radicular, o inserto ultrassônico deve alcançar a distância de 1 a 2 mm aquém do comprimento de trabalho, o que representa uma limitação para uso em canais curvos (CASTELO-BAZ et al., 2012).

Com o intuito de otimizar ainda mais a PUI, foi sugerido e pesquisado um protocolo de irrigação concomitante à ativação ultrassônica, que pode ocorrer de duas maneiras, onde na primeira insere-se e renova-se a solução irrigante de forma intermitente com uma seringa entre as ativações ultrassônicas (PUI convencional), enquanto na segunda o irrigante sai diretamente da peça de mão do aparelho de ultrassom, simultaneamente à ativação do inserto ultrassônico. Essa técnica também é conhecida como irrigação ultrassônica concomitante (CUI) (HOLLIDAY & ALANI, 2014). Estudos evidenciam maior eficiência antimicrobiana da CUI, quando comparada a PUI, pelo método de contagem de unidades formadoras de colônias bacterianas (CARVER et al., 2007). Além disso, a CUI tem demonstrado resultados superiores à PUI, quando a penetração de irrigantes em canais laterais foi avaliada (CASTELO-BAZ et al., 2012). Resultados similares ocorreram quando comparou-se a CUI, PUI e CNI quanto à eficácia de limpeza de istmos e irregularidades do

terço apical, onde a primeira técnica apresentou resultados superiores à CNI e a PUI (YOO et al., 2013).

2.5 Agitação Sônica do Canal Radicular

A utilização de instrumentos sônicos na endodontia foi relatada pela primeira vez em 1985 (GOHIL, 2020), e consiste na agitação da solução irrigadora por meio de um dispositivo que transmite uma frequência sônica (1-6 kHz) ao líquido irrigante, levando a agitação do mesmo e induzindo a formação de cavitações. Esta técnica transmite frequências menores que aquelas transmitidas pelo ultrassom, produzindo, conseqüentemente, tensões de cisalhamento menores (GU et al., 2009; GOHIL, 2020). O dispositivo sônico mais conhecido é o EndoActivator (EA) (Dentsply, York, PA, USA), o qual é composto por uma peça de mão sônica que funciona por meio de bateria, sendo conectado a pontas de polímero flexível descartáveis não cortantes com cerca de 33-167 Hz de energia (AZIM et al., 2016; DARCEY, 2016; HOLLIDAY & ALANI, 2014). Essas pontas de plástico apresentam 3 tamanhos diferentes (15/02, 25/04 e 35/04), que durante a vibração, devem ser movimentadas para cima e para baixo em amplitude vertical curta, produzindo sinergicamente um fenômeno hidrodinâmico (GU et al., 2009; DUQUE et al., 2016). As pontas ativadas produzem ciclos de ativação com uma frequência entre 2.000 a 10.000 ciclos/min (AZIM et al., 2016), considerada baixa, assim, não comprometem a estrutura da dentina radicular (LI et al., 2020). Outro fator relevante à preservação dentinária, consiste na sua característica de conformação não-cortante (i.e instrumentos lisos) (GU et al., 2009), reduzindo assim o risco de criar danos iatrogênicos às paredes do canal radicular (HOLLIDAY & ALANI, 2014). Apesar dessa vantagem, essas pontas de polímero apresentam-se radiolúcidas, o que dificulta a identificação deste instrumento, caso ocorra a separação de fragmentos, no interior do conduto radicular (GU et al., 2009; HOLLIDAY & ALANI, 2014). Esse sistema de irrigação de canal acionado por energia sônica parece ser capaz de limpar efetivamente os detritos dos canais laterais, remover a camada de smear layer e desorganizar o biofilme acumulado dentro dos canais curvos (GU et al., 2009). Seu uso é recomendado após limpeza e modelagem do sistema de canais para ativar a irrigação final.

2.6 GentleWave

Outra forma de agitação da solução irrigadora pode ocorrer por meio da energia multissônica, a qual é composta por vários comprimentos de ondas sonoras em uma ampla faixa de frequências, acionadas por meio do fluido para todo o sistema de canais radiculares (MOLINA et al., 2015). Dentre os dispositivos de energia multissônica, o GentleWave (Sonendo, Califórnia, EUA) é um sistema que opera com uma peça de mão, e diferentemente de outros sistemas de irrigação, não apresenta nenhum componente

inserido no SCR. Seu instrumento é posicionado na entrada câmara pulpar de um dente previamente acessado, vedando a coroa e isolando o elemento dental, sob tratamento, da cavidade bucal (DARCEY, 2016).

Esse dispositivo foi desenvolvido para promover a limpeza do sistema de canais radiculares de molares com o mínimo de instrumentação (MOLINA et al., 2015). O aparelho GentleWave é ativado a partir de um console de computador, o qual regula o fluxo/tempo da injeção de solução irrigante proveniente da unidade central para a peça de mão. Em seguida, a solução alcança uma placa de impacto de metal na extremidade da ponta, criando assim um spray de irrigante (45 ml / min à 40 ° C), inserido no canal radicular, e ao mesmo tempo, essa ponta aspira internamente o irrigante por via coronária (HAAPASALO et al., 2014).

2.7 Fluxo Fotoacústico Induzido por Fótons (PIPS)

A irrigação dos canais radiculares também pode ser ativada por lasers infravermelhos médios (2780 e 2940 nm) (GALLER et al., 2019). Na abordagem de fluxo fotoacústico induzido por fótons, uma ponta de fibra ótica cônica acoplada a um aparelho de laser Er: YAG pulsado é utilizada (PASSALIDOU, 2018). Esse laser, quando aplicado à solução irrigadora presente no interior dos canais, induz a penetração do líquido em túbulos dentinários profundos, canais secundários, além de outras regiões de difícil alcance das soluções irrigadoras (GOHIL, 2020). Sua ativação induz o processo de cavitação no líquido, no qual bolhas de vapor são formadas na ponta da fibra através de expansão e retração, e essas mudanças volumétricas levam a um colapso das bolhas, que gera ondas de choque localizadas, e assim se transformam em um movimento fluido distinto (GALLER et al., 2019). Esse fluxo fotoacústico, induzido por fótons (PIPS), utiliza energia de pulso baixa (10 ou 20 mJ), com um comprimento de pulso curto (50 microssegundos), transmitido para pontas de fibras cônicas que são mantidas na câmara pulpar, ou na entrada do canal radicular durante a ativação do líquido irrigante, resultando em potências de pico alto e cavitação mais eficiente (VERSTRAETEN et al., 2017).

O PIPS atua transferindo energia para as moléculas de irrigação, resultando em ondas de choque rápidas e fortes, que forçam o irrigante a passar por todo o sistema de canais radiculares (AZIM et al., 2016). Seu sistema possui propriedades que parecem melhorar a desinfecção do sistema de canais radiculares (AZIM et al., 2016), e uma das suas vantagens é que ele não requer a inserção de uma lima ou sonda, como ocorre com outras técnicas de agitação (GALLER et al., 2019).

2.8 Irrigação com Pressão Negativa

A irrigação com pressão negativa e positiva engloba dispositivos que tentam manter

o equilíbrio entre garantir o completo preenchimento do canal pelo irrigante, eliminar qualquer aprisionamento de ar, e diminuir o risco de extrusão apical de solução irrigadora (HOLLIDAY & ALANI, 2014). O sistema EndoVac (Discus Dental, Culver City, CA) foi introduzido na endodontia em 2007 (NIELSEN & BAUMGARTNER, 2007). Esse dispositivo envolve o uso de uma cânula de irrigação combinada a um sistema de microsucção (DARCEY, 2016), que é composto de uma macrocânula de plástico com uma extremidade aberta de diâmetro 55 que se conecta a uma seringa de irrigação através de um tubo, sendo fixada a uma alça de titânio para lavagem inicial da parte coronal do canal. Além da macrocânula, apresenta uma microcânula de aço inoxidável de diâmetro 32, que fica posicionada lateralmente e conectada a uma estrutura de titânio para irrigar a parte apical do canal (GU et al., 2009), de forma a distribuir melhor o irrigante nas irregularidades dessa região, já que a solução irrigadora flui da câmara pulpar até as áreas apicais do canal (SIU & BAUMGARTNER, 2010). Essa microcânula remove o excesso de irrigante do canal radicular para evitar a extrusão apical (GU et al., 2010), sendo posicionada no comprimento de trabalho (SIU & BAUMGARTNER, 2010). Para que esse trajeto do líquido possa ocorrer, o preparo apical precisa apresentar dimensão mínima de 40, para permitir a introdução de ambas as cânulas no espaço do canal radicular (DARCEY, 2016). Assim, cria-se um fluxo constante de irrigante sendo fornecido por pressão negativa ao comprimento de trabalho trazendo a vantagem de distribuir a solução irrigadora com segurança e sem causar extrusão indesejada de líquido ao periápice, já que o irrigante após ser empurrado para o canal, é removido pela pressão negativa (GU et al., 2009). Em contrapartida, um dos desafios para a utilização do EndoVac refere-se a criação de um acesso coronário que permita uma adaptação eficaz do seu sistema para o canal radicular (DARCEY, 2016). Além disso, esse sistema possui limitações na sua utilização, pois seu uso é restrito a canais mais amplos, com preparo para o tamanho igual ou maior que 35 (HOLLIDAY & ALANI, 2014).

Outro sistema que utiliza pressão negativa durante a irrigação, refere-se ao sistema de evacuação e irrigação quente contínua ativada (CWA) com a possibilidade adicional de aquecer a solução irrigante (NEELAKANTAN et al., 2019). Esse sistema de distribuição de irrigante que cria pressão positiva e negativa dentro do canal, foi introduzido com base no conceito de um fluxo contínuo de hipoclorito de sódio aquecido com a pressão negativa (MANDKE & PADHYE, 2018). Seu mecanismo atua a partir de uma sucção intracanal, que puxa o irrigante por pressão negativa por meio de uma agulha de ventilação lateral 30G de uso único, colocada próximo ao terço apical do sistema de canal radicular, associado ao irrigante aquecido a 50 °C, sendo que o aquecedor pode ser desligado quando o operador não desejar mais esse aquecimento. Essa aspiração do irrigante por pressão negativa da agulha posicionada próximo ao terço apical eliminaria o bloqueio de vapor, além de ser eficiente no desbridamento dos sistemas de canais radiculares pois gera um aumento no volume de solução fornecida (NEELAKANTAN et al., 2019).

2.9 Nanobolhas (NB)

Os métodos de geração e aplicação das nanobolhas (NBs) constituem áreas de pesquisa em acelerado crescimento, especialmente nas últimas duas décadas (TEMESGEN et al., 2017). Sua tecnologia consiste na criação de cavidades cheias de gás ou vapor dentro de um líquido (bolhas) apresentando diâmetro das bolhas em escala nanométrica, variando entre 1 e 200 nm. O tamanho reduzido das bolhas impede a explosão rápida das mesmas após sua formação na superfície do líquido, fazendo com que permaneçam no líquido e irrompam posteriormente (ALSHWALI et al., 2020). Essa tecnologia, vem sendo aplicada nos campos de energia, saúde, tratamento de limpeza de águas poluídas, indústrias de processamento de alimentos, aquicultura, indústrias químicas, petroquímicas, dentre outras (TEMESGEN et al., 2017).

Baseando-se na eficácia da sua aplicação dentro desses ramos e com o aprimoramento e desenvolvimento dessa tecnologia denominada micro/nanobolhas, como agentes multifuncionais, novas possibilidades foram pensadas no âmbito da medicina, principalmente relacionada a obtenção do diagnóstico em estágio inicial de tumores e terapia para várias doenças na medicina, além de serem capazes de auxiliar na entrega de agentes antimicrobianos e agentes de contraste para imagens ultrassônicas (LI et al., 2020). Esses agentes de contraste são micro/nanobolhas com um núcleo preenchido com gás e um componente de revestimento (LI et al., 2020), sendo esse revestimento composto de proteína, lipídio ou um surfactante (ST6813), e o núcleo preenchido com gás que pode ser perfluorocarbono, hexafluoreto de enxofre, ar ou algum outro gás inerte (LI et al., 2020).

Diante da evolução dessa tecnologia na área médica, Alshwali et al. desenvolveu em 2020 o primeiro estudo avaliando a tecnologia de NBs para ampliar a desinfecção endodôntica, especialmente em um contexto de aumento da eficiência de penetração e desinfecção com irrigantes utilizados no tratamento endodôntico de canais amplos (ALSHWALI et al., 2020). As NBs podem ser introduzidas aos irrigantes endodônticos e medicações intracanal com o intuito de aumentar sua capacidade de penetração nos túbulos dentinários (ALSHWALI et al., 2020). Ressalta-se, entretanto, que existem diferentes formas de se produzir NBs e, conseqüentemente, o tamanho e as propriedades da bolha podem variar, de forma que mais estudos são necessários para entender melhor as propriedades das NBs e sua utilização na irrigação de canais radiculares (ALSHWALI et al., 2020).

3 | ESTUDOS COMPARANDO OS MÉTODOS DE OTIMIZAÇÃO DA IRRIGAÇÃO

A anatomia complexa do sistema de canais radiculares impõe limitações ao seu processo de limpeza e desinfecção, principalmente no terço apical da raiz e em regiões anatômicas de difícil acesso (e.g. istmos e canais laterais). Apesar dessas limitações, a remoção do tecido pulpar necrótico e vital, microrganismos e debris dentinários, é

fundamental para ampliar a previsibilidade de sucesso do tratamento endodôntico (GU et al., 2009). Desta forma, uma variedade de técnicas de irrigação e dispositivos foram descritos ao longo dessa revisão de literatura, sendo observado que muitos desses recursos parecem aumentar a eficácia de limpeza no sistema de canais radiculares, no entanto, a CNI ainda permanece como a técnica mais amplamente utilizada para realizar a entrega da solução irrigadora (SPOORTHY et al., 2013).

Uma análise comparativa quanto à limpeza dos terços radiculares promovida por alguns métodos de irrigação demonstrou que tanto a irrigação por meio da CNI quanto a irrigação com pressão negativa apresentam-se mais eficazes em efetuar a limpeza dos terços cervical e médio do canal radicular, sendo menos eficazes em promover a limpeza da região apical (TANOMARU-FILHO et al., 2015). Isso ocorre, provavelmente, devido ao pequeno diâmetro do canal radicular nessa região, que pode limitar a profundidade de penetração da agulha e/ou cânulas, além de dificultar o fluxo e refluxo da solução de irrigação, reduzindo o fluxo hidrodinâmico, um dos fatores responsáveis pela promoção da limpeza (TANOMARU-FILHO et al., 2015). Outro fator importante que impacta na eficiência da CNI é a configuração do término das agulhas, que podem apresentar-se plana ou com saída (s) lateral (is). Estudos relatam que a agulha com abertura plana, apesar de proporcionar maior eficácia de penetração da solução irrigadora no terço apical, apresentam risco ampliado de extrusão periapical de solução irrigadora e detritos quando comparadas com as agulhas com ventilação lateral, que oferecem mais segurança, nesse sentido, durante o processo de irrigação ao longo da terapia endodôntica (SILVA et al., 2016).

Diante das limitações do processo de irrigação convencional para limpeza principalmente do terço apical do canal radicular, técnicas adjuvantes vêm sendo desenvolvidas para ampliar o potencial de penetração das soluções irrigadoras no terço apical da raiz, e dessa forma resultar em um aumento da eficácia no processo de desinfecção. Dentre elas, a MDA juntamente com a irrigação ultrassônica passiva (PUI) e a irrigação sônica tem mostrado uma melhora expressiva na penetração do hipoclorito de sódio (NaOCl) em todas as regiões do canal radicular, quando comparada à CNI (VIRDEE et al., 2020). Apesar desses achados, outro estudo demonstrou que a MDA apresentou menores profundidades de penetração nos terços apicais quando comparado à ativação ultrassônica, sônica e induzida por laser (GALLER et al., 2019). Já a ativação passiva de limas endodônticas para os sistemas de irrigação sônica ou ultrassônica nos canais, por pelo menos 30 segundos após a instrumentação manual, demonstraram maior descontaminação em canais do que canais instrumentados apenas por limas manuais. Além disso, a irrigação ultrassônica passiva produziu canais mais limpos do que a irrigação sônica (SABINS et al., 2003).

Além da atuação nos terços radiculares, outro fator importante analisado nos estudos levantados refere-se ao potencial de penetração das soluções irrigadoras em

canais laterais após ativação dessas soluções. Um estudo retratou que o CUI se mostrou eficiente em promover essa penetração (CASTELO-BAZ et al., 2009). Entretanto, quando comparou-se o PUI e CUI quanto ao potencial de penetração no terço apical da raiz, não houve diferença significativa entre os dois métodos analisados. Esse estudo observou ainda que a técnica CNI apresentou um potencial de penetração do irrigante reduzido tanto no canal principal quanto nos laterais, quando comparada com as técnicas CUI e PUI (CASTELO-BAZ et al., 2009). Ainda com relação à penetração da solução irrigadora o sistema de irrigação com pressão negativa (utilizando o sistema EndoVac) também vem sendo bastante estudado quanto a sua eficácia de penetração em túbulos dentinários nos diferentes terços da raiz (TANOMARU-FILHO et al., 2015). Um estudo demonstrou que o mesmo é responsável pelo aumento da penetração da solução irrigante na porção apical do canal radicular (RAMOS et al., 2015), e que além do EndoVac, a PUI também era capaz de promover melhor limpeza do canal principal e canais laterais, nos terços médio e apical, quando comparado com a CNI, a qual apresenta dificuldades na profundidade de penetração da agulha, a depender do tamanho e morfologia de cada canal radicular, e assim apresentando apenas eficácia na limpeza dos terços cervical e médio dos canais radiculares (TANOMARU-FILHO et al., 2015). A eficiência do EndoVac pode decorrer em parte, devido ao design da microcânula utilizada no seu sistema, que elimina o bloqueio de vapor, permitindo assim a troca apical da solução irrigante (DE GREGORIO et al., 2010). Porém a mesma apresenta ativação limitada do irrigante em áreas não instrumentadas e menor penetração do irrigante, principalmente quando comparada com as técnicas EA e PUI (DE GREGORIO et al., 2010).

Já em um estudo comparando a eficácia de penetração da solução irrigadora do sistema PUI e CUI, evidenciou que ambas as técnicas ultrassônicas produziram penetração adequada do irrigante no terço apical do canal radicular, sem apresentar diferença significativa. Mas a irrigação ultrassônica contínua utilizada na irrigação final, melhorou significativamente a penetração da solução irrigadora no interior de canais laterais (67%), quando comparada com a irrigação ultrassônica passiva (30%). Uma das possíveis causas para a maior eficácia do CUI pode estar relacionada com a troca contínua da solução fornecida por essa técnica e pela rápida ativação da solução ao passar pela agulha energizada ultrassonicamente (CASTELO-BAZ et al., 2012).

Outro dispositivo bastante estudado quanto à atuação em profundidade no SCR é o PIPS que tem demonstrado ser eficaz em eliminar as bactérias localizadas profundamente nos túbulos dentinários, mostrando resultados superiores quando comparados com a CNI, EndoActivator e XP EndoFinisher (AZIM et al., 2016). Quando o PIPS foi comparado a PUI, também apresentou maior potencial de penetração (profundidade) em túbulos dentinários. (GALLER et al., 2019; VERSTRAETEN et al., 2017).

Com relação ao GentleWave, estudos têm demonstrado que o seu sistema promove uma limpeza significativamente superior nos molares superiores e inferiores,

quando comparado aqueles canais preparados pela técnica instrumentação/irrigação convencional (MOLINA et al., 2015). Além disso, promove dissolução de tecido orgânico em uma proporção significativamente mais rápida quando comparado com os dispositivos convencionais de irrigação (HAAPASALO et al., 2014). De forma semelhante, o sistema CWA, também têm apresentado maior eficácia na penetração em túbulos dentinários, quando comparados à irrigação convencional com agulha e seringa. Enquanto a irrigação ultrassônica demonstrou maior eficácia do que a ativação sônica levando em conta o mesmo aspecto (NEELAKANTAN et al., 2019).

Além da avaliação da eficácia de atuação dos sistemas adjuvantes de irrigação utilizados sozinhos, associações também vem sendo estudadas, mas ainda são necessários estudos para avaliar a eficácia deste sistema de distribuição da solução irrigante combinada a outra técnica (DHIVYALAKSHMI et al., 2019). Dessa forma, uma das combinações estudadas envolveu a PUI e o EndoVac e assim, observou-se uma maior penetração tridimensional da solução irrigante até o comprimento de trabalho e nos canais laterais. Essa eficácia pode ocorrer devido à remoção de detritos do canal principal promovida pela pressão negativa, garantindo que um volume de irrigante suficiente alcance o comprimento de trabalho, garantindo assim um volume adequado de irrigante presente quando o PUI for utilizado subsequentemente (SPOORTHY et al., 2013).

Um resumo dos principais estudos comparativos das diferentes técnicas de irrigação quanto à capacidade de penetração da solução irrigadora em regiões anatômicas dos canais radiculares apresenta-se ilustrada na Tabela 1.

Autor	Dispositivos	Metodologia	Resultados
SABINS et al., 2003	PUI e irrigação sônica	Dentes humanos extraídos	PUI produziu canais mais limpos do que a irrigação sônica.
DE GREGORIO et al., 2010	CNI, PUI, Irrigação sônica (Endoactivator) e irrigação com pressão negativa (EndoVac)	Dentes humanos extraídos	EndoVac apresentou maior eficiência da penetração até o comprimento de trabalho, principalmente quando comparada com EA e PUI. PUI obteve maior penetração nos canais laterais, mas não até o comprimento de trabalho.
CASTELO-BAZ et al., 2012	CNI, PUI e CUI	Dentes humanos extraídos	PUI e CUI não apresentaram diferença em relação ao potencial de penetração no terço apical da raiz. CNI apresentou potencial de penetração reduzido tanto no canal principal quanto nos laterais, quando comparada com CUI e PUI.
SPOORTHY et al., 2013	CNI, PUI e irrigação com pressão negativa (EndoVac)	Dentes humanos extraídos	PUI e EndoVac apresentaram maior penetração do irrigante até o comprimento de trabalho e nos canais laterais, em comparação com CNI.

HAAPASALO et al., 2014	CNI, EndoVac, sistema ultrassônico e multissônico	Tecido muscular bovino	Sistema multissônico alcançou taxa de dissolução de tecido mais rápida do que CNI e EndoVac.
TANOMARU-FILHO et al., 2015	CNI, PUI e Irrigação com pressão negativa (EndoVac)	Dentes de resina	EndoVac, seguido de PUI mostraram melhor capacidade de limpeza do que a CNI.
MOLINA et al., 2015	CNI e GentleWave	Dentes humanos extraídos	GentleWave promove uma limpeza superior nos molares superiores e inferiores, quando comparado àqueles canais preparados pela técnica CNI.
AZIM et al., 2016	CNI, irrigação sônica (EndoActivator), XP EndoFinisher e PIPS.	Dentes humanos extraídos	XP EndoFinisher apresentou maior redução bacteriana (segmentos coronal, médio e apical a 50 mm de profundidade.) em comparação com CNI, EA e PIPS. PIPS reduziu mais bactérias nas profundezas dos túbulos dentinários (à 150 mm em todos os 3 segmentos de raiz).
SILVA et al., 2016	CNI (agulha plana e aberta, agulha com ventilação lateral e agulha dupla ventilação lateral)	Dentes humanos extraídos	Agulha com dupla ventilação lateral apresentou menor extrusão do material do que a agulha plana aberta, mas não houve diferença em comparação com a agulha com ventilação lateral.
VERSTRAETEN et al., 2017	PUI e PIPS	Dentes humanos extraídos	PIPS apresentou maior potencial de penetração (profundidade) em túbulos dentinários quando comparado a PUI.
GALLER et al., 2019	MDA, PUI, irrigação sônica e PIPS	Dentes humanos extraídos	PUI, irrigação sônica e PIPS apresentaram maiores profundidades de penetração nos terços apicais quando comparados com MDA.
NEELAKANTAN et al., 2019	CNI, EA e CWA	Dentes humanos extraídos	CWA apresentou maior eficácia na penetração em túbulos dentinários, quando comparados à CNI. E a irrigação ultrassônica demonstrou maior eficácia do que o EA.
VIRDEE et al., 2020	CNI, MDA, PUI e irrigação sônica	Dentes humanos extraídos	MDA, PUI e irrigação sônica apresentam melhor penetração do hipoclorito de sódio em todas as regiões do canal, quando comparada à CNI.

Tabela 1. Estudos comparativos sobre a capacidade de penetração da solução irrigadora ativada por diferentes métodos.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A terapia endodôntica tem como uma de suas principais finalidades a limpeza, desinfecção, modelagem e selamento tridimensional do sistema de canais radiculares, e como tal, soluções irrigadoras auxiliares ao uso da instrumentação, são fundamentais para o sucesso do tratamento endodôntico. Diante dos dados analisados na literatura,

fica evidenciado que o CNI é um dos sistemas utilizados com maior frequência, devido à sua facilidade de acesso e manipulação, possibilitando controle da profundidade e volume de irrigante introduzido no SCR. Entretanto, apesar da sua utilização frequente, diversos estudos, que comparam a CNI com outras técnicas, têm demonstrado que a mesma não se apresenta superior quanto à penetração de NaOCl nas regiões anatômicas do SCR. Uma alternativa simples e de fácil acesso pode ser exemplificada pela MDA que apresenta bom custo-benefício, não requerendo aquisição de novos dispositivos visto que pode ser ativado manualmente facilitando sua inserção na prática clínica rotineira. Observou-se também que a PUI representa um grupo utilizado como padrão de referência para comparações com outras técnicas de agitação, e têm demonstrado eficácia na limpeza mecânica das paredes do canal radicular, e desorganização das camadas de biofilme intracanal. A irrigação por pressão negativa executada pelo dispositivo EndoVac demonstrou-se eficaz na limpeza dos canais radiculares, com a principal vantagem associada à segurança ao depositar a solução irrigadora próxima ao comprimento de trabalho, evitando assim agressões ao tecido periapical. Outras técnicas como o GentleWave e a nanobolha (NB) representam métodos mais recentes que necessitam de mais estudos. Dessa forma, pode-se observar que cada recurso de otimização da irrigação pode apresentar potenciais diferentes para atuação em situações anatômicas individualizadas, cabendo ao profissional estudar, conhecer e planejar a melhor forma de garantir uma limpeza adequada ao SCR fornecendo melhores condições para uma maior taxa de sucesso nos tratamentos endodônticos.

REFERÊNCIAS

ALSHWALI, H. et al. Nanobubble-Enhanced Antimicrobial Agents: A Promising Approach for Regenerative Endodontics. **Journal of Endodontics**, v. 46, n. 9, p. 1248-1255, 2020.

ANDRABI, S.M. et al. Effect of passive ultrasonic irrigation and manual dynamic irrigation on smear layer removal from root canals in a closed apex in vitro model. **Journal of Investigative Clinical Dentistry**, v. 5, n. 3, p. 188-193, 2014.

ANDRADE-JUNIOR, C.V. et al. Efficacy of a new activation device in irrigant penetration into simulated lateral canals. **European Endodontic Journal**, v. 1, n. 1, p. 10-13, 2016.

AZIM, A.A. et al. Efficacy of 4 Irrigation Protocols in Killing Bacteria Colonized in Dentinal Tubules Examined by a Novel Confocal Laser Scanning Microscope Analysis. **Journal of Endodontics**, v.42, n.6, p.928-934, 2016.

BYSTRÖM, A. & SUNDQVIST, G. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. **European Journal of Oral Science**, v.89, n. 4, p. 321-328, 1981.

CARVALHO, M.C. et al. Effectiveness of XP-Endo Finisher in the reduction of bacterial load in oval-shaped root canals. **Brazilian Oral Research**, v. 33, p. 1-8, 2019.

CARVER, K. et al. In Vivo Antibacterial Efficacy of Ultrasound after Hand and Rotary Instrumentation in Human Mandibular Molars. **Journal of Endodontics**, v. 33, n. 9, p. 1038-1043, 2007.

CASTELO-BAZ, P. et al. In Vitro Comparison of Passive and Continuous Ultrasonic Irrigation in Simulated Lateral Canals of Extracted Teeth. **Journal of Endodontics**, v. 38, n. 5, p. 688-691, 2012.

DARCEY, J. **Modern Endodontic Principles** Part 4 : Irrigation. 2016.

DE GREGORIO, C. et al. Efficacy of different irrigation and activation systems on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals and up to working length: An in vitro study. **Journal of Endodontics**, v. 36, n. 7, p. 1216-1221, 2010.

DE-DEUS, G. et al. Micro-CT comparison of XP-endo Finisher and passive ultrasonic irrigation as final irrigation protocols on the removal of accumulated hard-tissue debris from oval shaped-canals. **Clinical Oral Investigation**, v. 23, n. 7, p. 3087-3093, 2019.

DEBELIAN, G.; TROPE, M. Cleaning the third dimension. **Endodontic Practice**, v. 8, n. 6, p. 18-21, 2015.

DHIVYALAKSHMI, S. et al. Effectiveness of Combination Irrigant Technique for Debris Removal in Simulated Canal Irregularities : An in vitro Study. **Journal of Endodontics**, v. 4, n. 2, p. 79-84, 2019.

DUQUE, J.A. et al. Comparative Effectiveness of New Mechanical Irrigant Agitating Devices for Debris Removal from the Canal and Isthmus of Mesial Roots of Mandibular Molars. **Journal of Endodontics**, p. 1-6, 2016;1-6.

GALLER, K.M. et al. Penetration depth of irrigants into root dentine after sonic, ultrasonic and photoacoustic activation. **International Endodontic Journal**. v. 52, n. 8, p. 1210-1217, 2019.

GOHIL, H. Advances in activation of endodontic irrigants. **Journalism**. v. 11, n. 3, p. 369-373, 2020.

GOODE, N. et al. Wall shear stress effects of different endodontic irrigation techniques and systems. **Journal of Dentistry**, v. 41, n. 7, p. 636-641, 2013.

GU, L. et al. Review of Contemporary Irrigant Agitation Techniques and Devices. **Journal of Endodontics**, v.35, n. 6, p. 791-804, 2009.

GUERREIRO-TANOMARU, J.M. et al. Efficacy of Four Irrigation Needles in Cleaning the Apical Third of Root Canals. **Brazilian Dental Journal**, v. 24, p. 21-24, 2013.

HAAPASALO, M. et al. Tissue Dissolution by a Novel Multisonic Ultracleaning System and Sodium Hypochlorite. **Journal of Endodontics**, v.40, n 8, p. 1178-1181, 2014.

HOLLIDAY, R. & ALANI, A. Traditional and contemporary techniques for optimizing root canal irrigation. **Dental Update**, v. 41, n. 1, p. 51-61, 2014.

LI, J. et al. Ultrasound-mediated diagnostic imaging and advanced treatment with multifunctional micro / nanobubbles. **Cancer Letter**, v. 475, p. 92-98, 2020.

LI, Q. et al. Evaluation of four final irrigation protocols for cleaning root canal walls. **International Journal of Oral Science**, v.12, n. 1, 2020.

MANDKE, L.; PADHYE, L. Section : Dentistry Apical Vapour Lock Effect in Endodontics – A Review Section. **International Journal of Contemporary Medical Research**, v. 5, n. 2, p. 10-13, 2018.

MOLINA, B. et al. Evaluation of root canal debridement of human molars using the GentleWave System. **Journal of Endodontics**, v. 41, n. 10, p. 1701-1705, 2015.

MOREIRA, R.N. et al. Passive ultrasonic irrigation in root canal: systematic review and meta-analysis. **Acta Odontologica Scandinavica**. v. 77, n. 1, p. 55-60, 2019.

NEELAKANTAN, P. et al. Effectiveness of irrigation strategies on the removal of the smear layer from root canal dentin. **Odontology** v. 107, n. 2, p. 142-149, 2019.

NIELSEN, B.A.; BAUMGARTNER, J.C. Comparison of the EndoVac System to Needle Irrigation of Root Canals. **Journal of Endodontics**, v. 33, n. 5, p. 611-615, 2007.

PASSALIDOU, S. Debris Removal from the Mesial Root Canal System of Mandibular Molars with. **Journal of Endodontics**, p. 1-5, 2018.

RAMOS, D. et al. Antibacterial Potential of 2 . 5 % Sodium Hypochlorite in Distinct Irrigation Protocols on Enterococcus faecalis Biofilm. **Journal of Contemporary Dental Practice**, v. 16, n. 5, p. 340-346, 2015.

SABINS, R.A. et al., 2003. A Comparison of the Cleaning Efficacy of Short- Term Sonic and Ultrasonic Passive Irrigation after Hand Instrumentation in Molar Root Canals. **Journal of Endodontics**, v. 29, n. 10, p. 674-678, 2003.

SILVA, P.B. et al. Apical Extrusion of Debris and Irrigants Using Different Irrigation Needles. **Brazilian Dental Journal**, v. 27, p. 192-195, 2016.

SIQUEIRA, J.F. & RÔÇAS, I.N. Clinical Implications and Microbiology of Bacterial Persistence after Treatment Procedures. **Journal of Endodontics**, v. 34, n. 11, 2008.

SIU, C.; BAUMGARTNER, J.C. Comparison of the debridement efficacy of the endovac irrigation system and conventional needle root canal irrigation in vivo. **Journal of Endodontics**, v. 36, n. 11, p. 1782-1785, 2010.

SPOORTHY, E. et al. Comparison of irrigant penetration up to working length and into simulated lateral canals using various irrigating techniques. **International Endodontic Journal**, v. 46, n. 9, p. 815-822, 2013.

TANOMARU-FILHO, M. et al. Cleaning of Root Canal System by Different Irrigation Methods. **Journal of Contemporary Dental Practice**, v. 16, n. 11, p. 859-863, 2015.

TEMESGEN, T. et al. Micro and nanobubble technologies as a new horizon for water-treatment techniques: A review. **Advances in Colloid Interface Science**, v. 246, n. 40-51, 2017.

UZUNOGLU, E. et al. A comparison of different irrigation systems and gravitational effect on final extrusion of the irrigant. **Journal of Clinical and Experimental Dentistry**, v. 7, n.2, p. 218-223, 2015.

VERSTRAETEN, J. et al. Hard tissue debris removal from the mesial root canal system of mandibular molars with ultrasonically and laser-activated irrigation : a micro-computed tomography study. **Lasers in Medical Science**, v. 32, n. 9, p. 1965-1970, 2017.

VIRDEE, S.S. et al. The influence of irrigant activation, concentration and contact time on sodium hypochlorite penetration into root dentine: an ex vivo experiment. **International Endodontic Journal**, v. 53, n. 7, p. 986-997, 2020.

YOO ,Y. ,et al. Multivariate analysis of the cleaning efficacy of different final irrigation techniques in the canal and isthmus of mandibular posterior teeth. **Restorative Dentistry & Endodontics**, v. 7658, p. 154-159, 2013.