

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
Faculdade de Odontologia
Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)

**Influência do ácido hipocloroso obtido a partir de um
dispositivo eletrolítico na resistência flexural da
dentina radicular – estudo *in vitro***

Relatório Final

Apresentado à Faculdade de Odontologia da Universidade de Passo Fundo, como requisito da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso e para graduação no curso de Odontologia da Universidade de Passo Fundo.

Aluna – Camila Yasmin Monteiro Pizzi

Orientador – Prof. Dr. Matheus Albino Souza

Passo Fundo, junho de 2023.

Sumário

1. TÍTULO	3
2. EQUIPE EXECUTORA	3
2.1. Aluno	3
2.2. Orientador	3
3. RESUMO	3
4. PROBLEMA DE PESQUISA	4
5. JUSTIFICATIVA	4
6. REVISÃO DE LITERATURA	5
6.1 Hipoclorito de sódio	5
6.2 Ácido Hipocloroso.....	9
7. OBJETIVOS	11
7.1. Objetivos gerais	12
8. MATERIAIS E MÉTODOS	12
8.1 Obtenção e preparo das amostras.....	12
8.2 Teste de resistência flexural.....	14
8.3 Análise estatística.....	15
9. RESULTADOS	15
10. DISCUSSÃO	15
11. CONCLUSÃO	18
12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18
13. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO ALUNO	23

RELATÓRIO FINAL

1. TÍTULO

Influência do ácido hipocloroso obtido a partir de um dispositivo eletrolítico na resistência flexural da dentina radicular – estudo *in vitro*.

2. EQUIPE EXECUTORA

2.1. Aluno

Nome: Camila Yasmin Monteiro Pizzi

Matrícula: 175463

2.2. Orientador

Nome: Prof. Dr. Matheus Albino Souza

Matrícula: 8948

3. RESUMO

O objetivo do presente estudo foi avaliar *in vitro*, a influência do ácido hipocloroso obtido a partir de um dispositivo eletrolítico na resistência flexural da dentina radicular. Para o teste da resistência flexural, coroas de 30 dentes bovinos foram removidas, e as raízes foram seccionadas para obtenção de fragmentos de dentina radicular. As amostras foram confeccionadas em tamanho padronizado, em formato retangular e, ao todo, foram produzidos 60 palitos de dentina. As amostras obtidas foram distribuídas em 3 grupos de forma aleatória e submetidas aos protocolos de irrigação (n=20), sendo o grupo 1 - água destilada (grupo controle); Grupo 2 - Hipoclorito de sódio (NaOCl 2,5%); Grupo 3 - Ácido hipocloroso (HClO 250ppm). Cada amostra foi submersa em 2 ml da devida substância em um tubo Eppendorf. Para evitar a ação contínua dos irrigantes nas superfícies dentárias, todas as amostras foram lavadas com 5ml de água destilada e secas com gaze após submersão das substâncias. O teste de resistência flexural foi realizado por uma Máquina de Ensaio Universal pelo método de três pontos, sendo aplicada uma carga em MPa na porção central do palito a uma velocidade de 0,5mm/minuto até fraturar,

sendo o valor expresso em Megapascal (Mpa). Análise estatística ANOVA one-way e post-hoc de Tukey foi realizada ($\alpha=5\%$). Os resultados do estudo mostraram que os maiores valores de resistência flexural (Mpa) foram encontrados nos grupos 1 (controle) e 3 (HClO), sendo estatisticamente diferentes do grupo 2 (NaOCl) ($p<0,05$). Pode-se concluir que o ácido hipocloroso obtido a partir de um dispositivo eletrolítico não interferiu na resistência flexural da dentina radicular.

Palavras-chave: ácido hipocloroso, hipoclorito de sódio, resistência flexural.

4. PROBLEMA DE PESQUISA

O hipoclorito de sódio é a substância química mais utilizada na descontaminação de canais radiculares pela sua ação antimicrobiana e pelo seu potencial de dissolução em tecido orgânico (Virdee et al., 2020). No entanto, não fornece a remoção adequada da *smear layer* da superfície dentinária (Tatari et al., 2018), é citotóxico, pode causar necrose local do tecido em caso de extrusão para a área periapical e, também, pode causar alteração dos componentes orgânicos e inorgânicos da dentina, enfraquecendo a estrutura dentinária (Cardoso et al., 2018).

Diante disso, torna-se necessária a busca de alternativas no que diz respeito a substâncias químicas auxiliares de descontaminação, que promovam uma adequada neutralização de microrganismos do sistema de canais radiculares criando condições favoráveis para o sucesso do tratamento endodôntico sem trazer prejuízos aos tecidos adjacentes.

5. JUSTIFICATIVA

O ácido hipocloroso é um poderoso agente oxidante e é uma substância endógena em todos os mamíferos, sendo eficaz contra uma ampla gama de microrganismos. Pode ser utilizado para higienização de mãos, higienização de superfícies, enxaguatório bucal, na remoção de biofilme e na descontaminação de canais radiculares (Block; Rowan. 2020).

Diante das limitações das soluções de hipoclorito de sódio, novas alternativas têm sido pesquisadas e utilizadas na endodontia no intuito de promover uma adequada descontaminação do sistema de canais radiculares. Dentre elas, recentemente foi desenvolvido um equipamento (Dentaqua) com potencial de promover a eletrólise e

formar o ácido hipocloroso, porém, não existem estudos na literatura que comprovem a utilização do mesmo. Portanto, torna-se justificável a realização do presente estudo no intuito de elucidar o real potencial do ácido hipocloroso na descontaminação de canais radiculares.

6. REVISÃO DE LITERATURA

6.1 Hipoclorito de sódio

Marcelino *et al.*, em 2014, avaliaram a microdureza e a resistência à flexão da dentina radicular submersa a diferentes tratamentos de superfície com agentes químicos após preparo biomecânico. Foram selecionados 80 caninos superiores extraídos de humanos (n=10), os quais receberam tratamentos com: água deionizada (controle); 5,25% de hipoclorito de sódio (NaOCl); NaOCl + 10% de ascorbato de sódio (SA); 10% de ascorbato de sódio (SA); Gel de clorexidina a 2% (CHX); Gel de ácido fosfórico a 37% (PA) e Gel de ácido fosfórico a 37% (PA) + NaOCl. Secções de raízes foram avaliadas em sua microdureza e resistência à flexão por teste de flexão de três pontos. Foram realizados ANOVA e teste de Tukey. Na resistência a flexão, o grupo PA + NaOCl resultou em valores estatisticamente maiores do que PA + CHX e CHX. Porém, não houve grande mudança entre o grupo controle e os grupos que receberam o tratamento de superfície ($p > 0,05$). Em relação a resistência à flexão, não houve nenhum acometimento da dentina radicular pelos agentes químicos. Não houve diferença significativa entre os grupos submetidos ao tratamento e ao grupo controle ($p > 0,05$). Dentro desse estudo, pode-se concluir que após a exposição ao NaOCl, CHX, PA, AS e suas associações, a resistência flexural da dentina radicular não foi afetada quando submetida aos agentes químicos.

Cullen *et al.*, em 2015, estudaram o efeito do hipoclorito de sódio (NaOCl) em uma concentração de 8,5% na dissolução da polpa dentária e na resistência flexural e módulo da dentina. As sessenta amostras de polpa dentária e as cinquenta e cinco barras de dentina paralelas planas de dentes humanos extraídos foram imersas em várias soluções de NaOCl, formando cinco grupos de teste (n = 10). As amostras de polpa e barras de dentina imersas em solução salina constituíram o grupo controle negativo (n = 5), enquanto o grupo controle positivo (n = 5) foi composto por amostras de polpa imersas em NaOCl 8,25% sem barra de dentina. As soluções foram renovadas a cada 6 minutos durante 1

hora. A resistência a flexão das barras de dentina foi avaliada por um teste de flexão de 3 pontos, após isso, os dados foram observados estatisticamente, desde o tempo de dissolução completa da polpa e todas alterações de resistência a flexão da barra de dentina e no módulo para todas as soluções. Com isso, o aumento na concentração de hipoclorito de sódio mostrou uma diminuição significativa no tempo de dissolução da polpa. Em relação a presença de dentina, não houve nenhum efeito significativo na dissolução se as soluções foram atualizadas. Já em relação à resistência à flexural da dentina, a concentração de NaOCl não teve um efeito estatisticamente significativo.

Cecchin *et al.*, em 2017, avaliaram os efeitos do hipoclorito de sódio 6% (NaOCl), hipoclorito de cálcio 6% (Ca(OCl)₂) e o extrato de semente de uva [GSE] nas propriedades mecânicas da dentina. Com o preparo de espécimes de dentina médio-coronal e radicular em formato de vigas retangulares e seções em forma de ampulheta, as mesmas foram submetidas a um tratamento com as substâncias avaliadas por 30 minutos. Durante o tratamento, as soluções irrigantes foram substituídas a cada 5 minutos. Depois disso, os espécimes foram enxaguados com água destilada e incubados com EDTA 17% por um minuto, seguido de um novo enxágue com água destilada. Foram feitas amostras para controle sem a irrigação prévia. Após o tratamentos com o hipoclorito de sódio 6% [NaOCl], hipoclorito de cálcio 6% [Ca(OCl)₂] e o extrato de semente de uva [GSE], vigas de dentina passaram pelo teste de resistência à flexão (n = 10) e o teste de resistência à tração foi avaliada com as seções em formato de ampulheta de dentina radicular (n = 10). As raízes com 1mm de espessura da parede dentinária foram obtidas de dentes humanos que foram tratadas com as mesmas soluções irrigantes (n = 10). Nos testes mecânicos, uma carga compressiva foi aplicada às superfícies coronais da raiz até a fratura e os valores de cada teste foram analisadas estatisticamente individualmente por ANOVA one way seguido de teste Tukkey HSD (P < 0,05). O NaOCl reduziu as propriedades mecânicas da dentina em todos os testes mecânicos com grande significância (P < 0,05), enquanto nenhuma diferença estatística foi encontrada entre Ca(OCl)₂, GSE e o grupo de controle (P > 0,05). Por isso, foi possível concluir que Ca(OCl)₂ e GSE podem ser soluções irrigantes alternativas e afetam negativamente as propriedades mecânicas da dentina.

Wang *et al.*, em 2017, estudaram os efeitos do hipoclorito de sódio (NaOCl) em 1%, 5% e 10% com diferentes tempos de exposição nas propriedades estruturais, mecânicas e na composição da dentina humana *in vitro*. Nesse estudo, sessenta placas de dentina de pré-molares recém extraídos foram distribuídas aleatoriamente em quatro

grupos (n = 15), e tratados com as concentrações de NaOCl e água destilada como grupo controle, respectivamente, por um tempo total de 60 minutos. Foram realizadas Espectroscopia de infravermelho de reflexão total atenuada (ATR-IR), espectroscopia Raman e difração de raios X (XRD) antes e após o tratamento. Além disso, os testes de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e teste de resistência à flexão também foram aplicados. Os resultados obtidos constataram que a dentina sofreu alterações morfológicas nos grupos de NaOCl, mas não no grupo controle. Na relação mineral:matriz, revelou um aumento, já a resistência à flexão diminuiu conforme a maior concentração e tempo nos grupos NaOCl ($P < 0,05$). No tratamento com NaOCl a 1%, foi observado que o mineral:matiz e a resistência à flexão não foram alterados ($P > 0,05$), e as alterações morfológicas eram imperceptíveis em 10 minutos nesse mesmo grupo. A conclusão desse estudo foi de que o NaOCl não tem efeitos significativos no mineral inorgânico da dentina humana, porém enfraquece e elimina a concentração do conteúdo orgânico dependendo do tempo de exposição das concentrações, o que por sua vez influencia na resistência à flexão e na tenacidade da dentina. E por fim, uma irrigação com NaOCl a 1% em 10 minutos pode diminuir os efeitos do hipoclorito de sódio nas propriedades estruturais e mecânicas da dentina durante o tratamento do canal radicular.

Bosaid *et al*, em 2020, avaliaram os efeitos do uso prolongado do NaOCl 1,5%, 3% e 10%, EDTA 17% ou ácido cítrico 10% durante procedimentos endodônticos regenerativos, tanto na estrutura física quanto na estrutura química da dentina de dentes humanos extraídos. Foram utilizadas sessenta raízes de dentes humanos extraídos com apenas uma raiz como amostras, as quais foram divididas em 10 grupos. Desses grupos, oito foram irrigados com NaOCl 1,5% por 5 minutos, em seguida, no restante dos irrigantes testados. Um grupo foi irrigado apenas com NaOCl, e as amostras que foram irrigadas com água destilada serviram de grupo controle. As alterações na microdureza e na resistência à flexão foram visualizadas usando Vickers e testador de flexão de 3 pontos, respectivamente. Os registros de sobre a composição das composições moleculares e elementares foram registradas usando espectroscopia FTIR e EDS. Ao final, os dados foram analisados pelo ANOVA unilateral, testes de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney. O irrigante NaOCl 1,5% por 5 minutos não alterou a microdureza na dentina ($P > 0,05$). Porém, diminuiu significativamente o pico de colágeno dentinário ($P < 0,05$), que foi próximo aos valores de pico de colágeno do grupo controle depois da irrigação com EDTA e 10% de ácido cítrico ($P > 0,05$). Já o efeito do EDTA no material inorgânico não foi dependente da concentração e do tempo ($P > 0,05$). O ácido cítrico resultou em uma

redução significativa maior no conteúdo inorgânico em comparação com os grupos controle e EDTA ($P < 0,05$). O EDTA e o ácido cítrico diminuíram a microdureza dentinária independente do tempo de irrigação, isso comparação com o grupo controle ($P < 0,05$) que teve a maior redução nos grupos ácido cítrico 10%. ($P < 0,05$). O NaOCl foi associado a menor resistência a flexão. Pelo estudo, concluiu – se que o uso de NaOCl a 1,5% por 5 minutos diminuiu o conteúdo de colágeno das amostras dos dentes humanos extraídos, já o EDTA e o ácido cítrico 10% afetaram o conteúdo inorgânico e a microdureza das superfícies dentinárias. Enquanto nenhuma das soluções testadas diminuiu a microdureza e a resistência à flexão das amostras de dentina.

Pedersen *et al*, em 2020, investigaram o efeito de diferentes protocolos de irrigação nos valores de resistência a flexão e microdureza da dentina coronária jovem e envelhecida. Foram obtidas barras de dentina de coroa de molares humanos extraídos de pacientes jovens e idosos com as idades entre 16,7 e 65,4, respectivamente ($n = 60$ barras). Os irrigantes foram subdivididos em grupos, sendo 2,5% NaOCl (hipoclorito de sódio) + 5% EDTA (ácido etilenodiaminotetracético), 2,5% NaOCl + 1% EDTA, 2,5 NaOCl, 5% EDTA e solução salina. O NaOCl e a solução salina foram usados por 20 minutos e soluções de EDTA por 1 minuto. Os valores de microdureza foram avaliados antes e depois dos protocolos de irrigação, o mesmo processo foi realizado para os testes e avaliação dos resultados em relação a resistência à flexão e todos os dados foram analisados estatisticamente. As amostras de dentes jovens mostraram valores de microdureza mais baixos no pré e pós-tratamento em comparação com as amostras de dentes dos pacientes idosos ($P < 0,05$). Foi observada uma diminuição nos valores de microdureza de amostras envelhecidas submetidas ao NaOCl 2,5% e, ambas combinações de NaOCl + EDTA ($P < 0,05$). Na resistência à flexão, os valores dos grupos de dentes jovens que foram tratados com solução salina foram maiores do que os dentes envelhecidos ($P < 0,05$). As combinações de NaOCl + EDTA resultaram em uma diminuição nos valores de resistência à flexão de amostras jovens em comparação com a solução salina ($P < 0,05$). Nesse estudo, a conclusão foi de que o envelhecimento da dentina tem influência nos valores de resistência à flexão e microdureza. Em relação aos irrigantes, o EDTA a 5% e 15% tiveram resultados semelhantes nos valores de resistência a flexão e microdureza, tanto na dentina jovem, quanto na dentina envelhecida. A combinação de NaOCl + EDTA teve um efeito proeminente do que o EDTA sozinho, nos valores de resistência à flexão e microdureza de ambas as faixas etárias.

6.2 Ácido hipocloroso

Chen *et al.*, em 2016, realizaram um estudo *in vitro* e compararam a eficácia do ácido hipocloroso (HOCl) e do hipoclorito de sódio (NaOCl) e da clorexidina na eliminação de bactérias Gram-negativas, *Escherichia coli* e *Porphyromonas gingivalis* e de bactérias Gram-positivas, *Enterococcus faecalis* e *Streptococcus sanguinis*. O efeito do volume de irrigação e do tempo de exposição na eficácia antimicrobiana do HOCl foi avaliado e uma análise de durabilidade foi concluída. Foram examinados a coloração viva/morta, observação da morfologia, ensaio alamarBlue e detecção de lipopolissacarídeos (LPS) em disco de liga de titânio contaminados com jato de areia e biofilme após o tratamento com os três agentes quimioterápicos. O ácido hipocloroso mostrou melhor eficácia antibacteriana com o aumento dos volumes de irrigação e conforme o tempo de tratamento, porém, houve uma diminuição na eficácia microbiana quando o ácido hipocloroso foi deixado aberto em contato com o ar. Todos os irrigantes obtiveram atividade antimicrobiana e eliminaram a maioria das bactérias nas superfícies das ligas de titânio de implantes contaminados com o biofilme. Além disso, o ácido hipocloroso diminuiu as concentrações de lipopolissacarídeos de *P. gingivalis* quando comparado com o hipoclorito de sódio e a clorexidina. Por fim, concluiu-se que o ácido hipocloroso pode ser útil para limpar superfícies de implantes contaminados por biofilme.

Anagnostopoulos *et al.*, em 2018, compararam *in vitro*, a eficácia do ácido hipocloroso a 0,01% (HA), iodopovidona 5% (PI), gluconato de clorexidina 4% e álcool isopropílico a 70% (IPA) contra microrganismos comuns da pele. Foram realizados estudos de time-kill contra *Staphylococcus aureus* sensíveis a meticilina (MSSA) e *Staphylococcus epidermidis* (MSSE), *S. aureus* resistente à meticilina (MRSA) e *S. epidermidis* (MRSE), *Candida albicans*, espécies *Corynebacterium*, *Propionibacterium acnes*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Streptococcus pyogenes*, *Staphylococcus capitis* e *Staphylococcus xylosum*. O *S. aureus* resistente à meticilina teve efeito antimicrobiano imediato para HA e IPA. Para PI e CHG, só teve efeito em 1 e 10 minutos, respectivamente. Todos os agentes tiveram efeito em no mínimo 1 minuto. Em relação às bactérias da espécie de *S. pyogenes*, *P. aeruginosa* e *P. acnes*: todos os antissépticos obtiveram efeito imediato. Já os *Staphylococcus epidermidis* e *S. capitis* suscetíveis à meticilina: ácido hipocloroso e IPA tiveram efeito imediato, enquanto PI e CHG precisam de pelo menos 1 minuto para eliminá-las. A *C. albicans*: ácido hipocloroso, IPA e PI tiveram a ação bactericida imediata, enquanto CHG precisou de 1 minuto. *S. xylosum*:

ácido hipocloroso e CHG tiveram efeito bactericida imediato. Nesse estudo, concluiu-se que os estudos *in vitro* do ácido hipocloroso a 0,01% mostraram ter propriedades antissépticas iguais ou melhores em comparação com IPA, CHG e PI.

Scott *et al.*, (2018), avaliaram o efeito do Endocyn (uma solução de pH neutro de ácido hipocloroso e hipoclorito) em fibroblastos do ligamento periodontal humano, células de osteossarcoma de rato e células-tronco da papila apical e comparou com NaOCl 6%, EDTA 17% E CHX 2%. Essas células foram expostas a esses irrigantes por 10 minutos, 1 hora ou 24 horas e a sobrevivência das células foi medida por fluorescência. Além disso, testaram a capacidade do Endocyn inibir a proliferação de células-tronco da papila apical e a atividade fosfatase alcalina. Com isso, pode-se saber que o Endocyn foi significativamente menos citotóxico para todas as células testadas em comparação com os outros irrigantes.

Severing *et al.*, em 2019, avaliaram a citotoxicidade e eficácia antimicrobiana de seis soluções de ácido hipocloroso e do hipoclorito de sódio como irrigantes na prevenção e tratamento de infecções de feridas de baixo nível. Para avaliação da citotoxicidade foram utilizados queratinócitos humanos e fibroblastos de pele humana. Para avaliação da eficácia antimicrobiana, foram usados *Staphylococcus aureus* e *Pseudomonas*. As soluções foram avaliadas após 1,5 e 15 minutos de exposição. As propriedades físico-químicas também foram avaliadas. A eficácia e a citotoxicidade variaram entre as soluções e houve o aumento da atividade antimicrobiana que foi associado a diminuição da viabilidade celular. Além disso, um impacto dependente do tempo e da concentração foi observado sobre os patógenos e células: a atividade antimicrobiana e citotóxica foi maior com o aumento das concentrações dos irrigantes e os tempos de exposição prolongados. Nesse estudo, a conclusão foi de que os efeitos microbicidas estão quase sempre associados a certos efeitos colaterais negativos na proliferação celular. A eficácia e biocompatibilidade do hipoclorito de sódio e ácido hipocloroso dependem de sua formulação específica e propriedades físico-químicas. Os resultados também destacaram a necessidade de perfis exatos de eficácia específicos do produto e da aplicação.

Ashby *et al.*, em 2020, testaram a influência de vários meios, temperatura e tempo de reação na toxicidade do ácido hipocloroso. As bactérias de *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* foram incubadas em meio dosado com o ácido hipocloroso e o resultado bactericida foi obtido pela capacidade de formação de colônias. Os resultados deste teste mostraram que mais ácido hipocloroso foi necessário para matar as bactérias em meio à cultura do que em tampão aquoso, e isso correspondeu a menor concentração de espécies

reativas de cloro alcançadas no meio. Além disso, os tempos de latência mais longos e a temperatura elevada durante a pré-dosagem do meio e tempo de incubação insuficiente das células com o meio tratado com o ácido hipocloroso também reduziram a força bactericida. Com isso, concluiu-se que, a escolha da mídia e dos detalhes do procedimento dentro dos experimentos tem um impacto grande na toxicidade celular do ácido hipocloroso, sendo essenciais para afetar as respostas celular por conta dos fatores que influenciam a natureza e a concentração dos oxidantes gerados.

Tazawa *et al* (2023), avaliaram a eficácia da solução HOCl 3% gerado por eletrólise em patógenos orais humanos comuns, *Fusobacterium nucleatum*, *Prevotella intermedia*, *Streptococcus intermedius*, *Parvimonas micra* e vírus da hepatite de camundongo (MHV) que foi um substituto do SARS-CoV-2, considerando o ambiente da prática odontológica. O estudo foi feito sob volume, presença de saliva e armazenamento, para isso, o HOCl foi utilizado em soluções de concentrações diferentes em ensaios bactericidas e virucidas, e foi determinada a proporção de volume inibitório necessário para eliminar os patógenos. A proporção mínima de volume inibitório da solução de HOCl (45-60 ppm) foi de 4:1 para suspensões bacterianas e 6:1 para suspensões virais na ausência de saliva. Essa relação de volume inibitório mínimo aumentou na presença da saliva, sendo 8:1 para bactérias e 7:1 para vírus. Quando aplicada uma concentração de HOCl 220ppm ou 330ppm, a diminuição na relação de volume inibitório mínimo contra *S. intermedius* e *P.micra* não foi significativa. Porém, aumentou em aplicações dessa solução via linha de água da unidade odontológica. Além disso, a taxa de volume mínimo de inibição do crescimento dos patógenos aumentou quando a solução de HOCl foi armazenada durante uma semana. Com isso, concluíram que o HOCl (45-60ppm) é eficaz contra patógenos orais e o vírus substituto do SARS-CoV-2, pode ser usado como água terapêutica ou enxaguante bucal e diminuir o risco de infecções na odontologia.

7. OBJETIVOS

7.1. Objetivos gerais

Avaliar, *in vitro*, a influência do ácido hipocloroso a partir de um dispositivo eletrolítico na resistência flexural da dentina radicular.

7.2. Objetivos específicos

Avaliar, *in vitro*, a influência do ácido hipocloroso na concentração de 250 ppm, obtido a partir de um dispositivo eletrolítico na resistência flexural da dentina radicular, por meio do ensaio da flexão de três pontos realizado em máquina de ensaio universal. A hipótese desse estudo é de que a resistência flexural da dentina radicular é minimamente alterada pela ácido hipocloroso.

8. MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi submetido à apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Passo Fundo, sendo aprovado sob o número 5.783.928.

8.1 Obtenção e preparo das amostras

Para a avaliação da resistência flexural foram selecionados 30 dentes bovinos, os quais tiveram suas coroas removidas com o auxílio de uma cortadora de precisão Isomet 1000 (Buehler, Illinois, Estados Unidos), sob constante refrigeração com água (Figura 1).



Figura 1: Dente bovino seccionado



Figura 2: Raízes seccionadas

Logo após, as raízes foram seccionadas no longo eixo do dente (Figura 2) e fragmentadas em 3 partes (Figura 3). A parte correspondente ao terço médio foi utilizada para produzir 1 palito de dentina, totalizando 2 palitos por raiz e 60 palitos no total.

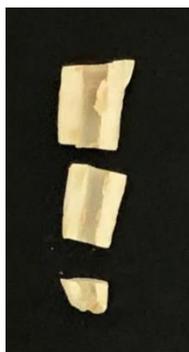


Figura 3: Fragmentos de raiz

As 60 amostras foram distribuídas aleatoriamente em 3 grupos (n=20), de acordo com o protocolo de irrigação testado: Grupo 1 – água destilada (grupo controle); Grupo 2 – Hipoclorito de sódio (NaOCl) 2,5%; Grupo 3 – Ácido hipocloroso (HClO) 250ppm. Cada amostra foi submersa em 2 mL da respectiva substância em um tubo Eppendorf (Axygen Inc, Union City, CA, USA) por 30 minutos. A cada 5 minutos, a solução era descartada, sendo renovada para mais 5 minutos de imersão, e, dessa forma, sucessivamente, até fechar os 30 minutos de imersão. Ao final dos protocolos de irrigação, todas as amostras foram lavadas com 5 ml de água destilada para evitar a ação contínua das substâncias nas superfícies dentinárias e secas com gaze.

Para obtenção do ácido hipocloroso, utilizamos um dispositivo eletrolítico (Figura 4). Conforme as instruções do fabricante, dentro do dispositivo, foi inserida em seu compartimento específico uma substância manipulada composta por 450ml água deionizada, 50ml de cloreto de sódio e 25ml de ácido hidrolórico, essa solução em contato com a água no interior do aparelho sofre uma eletrólise, produzindo 250ppm de ácido hipocloroso. Já o hipoclorito de sódio foi manipulado em uma concentração de 2,5%.



Figura 4: Dispositivo eletrolítico Dentaquá®

8.2 Teste de resistência flexural

O teste de resistência flexural foi realizado utilizando um dispositivo de três pontos em miniatura com uma extensão de suporte de 3 mm, no qual cada palito foi inserido no vão de suporte. Uma carga em MPa foi aplicada na porção central do palito por meio de uma Máquina Universal de Ensaio (EMIC DL 2000) à uma velocidade de 0,5 mm/minuto até ocorrer a fratura. A resistência à flexão (FS) foi calculada utilizando a seguinte fórmula:

$$FS = 3PL/2bd^2$$

Onde P representa a carga máxima até o momento da fratura (N), L representa a distância entre os pontos de apoio (mm), b representa a largura do palito (mm) e d representa a espessura do palito (mm). Os dados obtidos foram expressos em Megapascal (MPa).

8.3 Análise estatística

Os dados de resistência flexural foram analisados com ANOVA one-way e post-hoc de Tukey, com nível de significância de 5%. Os dados foram analisados utilizando o programa SPSS versão 17.0 (SPSS, Chicago, IL, Estados Unidos).

9. RESULTADOS

A média e o desvio padrão dos valores de resistência flexural estão apresentados na Tabela 1. Os resultados apresentados na Tabela 1 mostram que todas as soluções apresentaram menor resistência flexural do que o grupo controle. Sendo que o HClO foi

semelhante ao grupo controle ($p>0,05$). Além disso, os menores valores foram encontrados no NaOCl, sendo estatisticamente diferente dos demais grupos ($p<0,05$).

Tabela 1. Média (desvio padrão) da resistência flexural da dentina radicular após os protocolos de irrigação testados.

Grupo	Resistência flexural (Mpa)
1. DW	9,26 (1,54) ^A
2. NaOCl 2,5%	5,57 (0,87) ^B
3. HClO 250 ppm	9,33 (1,79) ^A

* Letras maiúsculas diferentes, na coluna, indicam diferenças significativas entre os grupos ($p<0,05$);

** DW, água destilada; NaOCl, hipoclorito de sódio; HClO, ácido hipocloroso.

10. DISCUSSÃO

Segundo Lopes (2020), ao se tratar de limpeza e desinfecção dos canais radiculares durante o preparo químico-mecânico, os irrigantes exercem uma importante função através da ação química e física de suas substâncias. A organização das bactérias em biofilmes localizados nas complexidades anatômicas do sistema de canais radiculares e a dificuldade de eliminá-las é o principal desafio dos irrigantes (BOTSIOUKIS, ARIAS-MOLIZ, 2022). Para Dioguardi *et al.* (2018) essas substâncias devem obter características essenciais, como a promoção de lubrificação de limpeza dos instrumentos endodônticos e do sistema de canais radiculares, a dissolução de substâncias inorgânicas e orgânicas, a ação antimicrobiana, a ausência de citotoxicidade e a ineficácia na alteração da microestrutura dentária.

Arul *et al.* (2021) relataram que a alteração na composição química da dentina no canal radicular causa alteração nas propriedades da dentina do canal radicular, e esse efeito está relacionado aos irrigantes endodônticos. A resistência à flexão de um material é a tensão máxima que ele pode resistir antes da falha quando submetido a carga de flexão (SIDERIDOU *et al.* 2006). Na endodontia, o hipoclorito de sódio (NaOCl) é o mais amplamente utilizado devido à sua eficácia antimicrobiana de amplo espectro e à capacidade distinta de dissolver restos de tecido pulpar necrótico (WANG *et al.* 2017). O

NaOCl é usado em concentrações que variam entre 0,5% e 5,25% (DIOGUARDI *et al.* 2018). As propriedades indesejadas deste irrigante, no entanto, levam os pesquisadores a testar outras soluções de cloro e seu uso potencial como substitutos do NaOCl (ROSSI-FEDELE *et al.* 2011).

O presente estudo testou o ácido hipocloroso, que foi obtido através de um equipamento eletrolítico nomeado como Dentaqua®, avaliando sua influência nas propriedades mecânicas como substância química auxiliar na endodontia. O HClO é um ácido fraco que produz íons hipoclorito (OCl^-) em solução com a água, e ambos possuem agentes oxidantes com propriedades antibacterianas (BALL *et al.* 2021). Além disso, é um desinfetante, não corrosivo, eficaz em várias formas e relativamente barato. Devido à sua relativa baixa toxicidade, em baixas concentrações, pode se tornar uma opção segura de irrigação nos casos em que a extrusão de irrigantes é uma preocupação, como em perfurações ou casos de ápice aberto (SCOTT *et al.* 2018). A solução de HClO preparada pelo método de troca iônica pode chegar a uma solução de alta concentração de até 1000 ppm e pode ser mantido em temperatura ambiente (20°C) por um longo período de tempo, como um ano no escuro, devido à sua alta pureza (dados não mostrados). Oitenta e seis por cento da concentração efetiva de cloro (250 ppm tornou-se 215 ppm) permaneceu após 6 meses e 80% permaneceu após um ano (HATANAKA *et al.* 2022). Chen *et al.* (2016) comparou a eficácia bacteriana do HOCl 180ppm, NaOCl 1,3% e a CHX 0,2% (Clorexidina), seus estudos mostraram que o HOCl foi tão eficaz quanto as outras substâncias contra quatro espécies bacterianas presentes em patologias pulpares e periodontais, ressaltando que o HOCl foi a substância com menor concentração testada.

Para esse estudo, foram utilizadas as concentrações de 250ppm, e obteve valores de resistência flexural próximos ao do grupo controle, com esses achados, pode-se dizer que o Dentaqua® causa menos efeitos negativos na resistência flexural da dentina comparado com o NaOCl (Tabela 1). Também foi possível observar que o hipoclorito de sódio de 2,5% obteve valores menores de resistência flexural da dentina bovina, esses achados vão de encontro com o estudo de Pedersen *et al.* (2019), que relataram que a dentina coronária envelhecida revelou diminuições dos valores de resistência flexural ao utilizar o NaOCl sozinho ou combinado com diferentes concentrações de outros irrigantes. O estudo de Philip *et al.* (2021), revelou que o NaOCl 2,5% causou uma redução máxima na resistência à flexão, apesar de obter uma natureza alcalina, o seu processo de acidificação contribui para a perda de minerais na dentina.

Em contrapartida, o estudo de Marcelino *et al.* (2014) concluiu que a resistência à flexão das amostras de dentina dos dentes humanos (10 mm de comprimento x 1,4 mm de largura x 1,5 mm de espessura) não foi afetada pela exposição ao NaOCl 5,25%. Elnaggar *et al.* (2020) também concluiu que o NaOCl na concentração com agitação ultrassônica não teve efeitos nas propriedades mecânicas da dentina radicular de dentes humanos ($13 \pm 0,1$ mm de comprimento, $1 \pm 0,1$ mm, largura e $1 \pm 0,1$ mm espessura) e pode ser seguro para ser usado em aplicações endodônticas. Essas discordâncias podem ser explicadas pelos valores dimensionais das amostras e pela espécie da amostra propriamente dita, sendo a dos achados literários amostras de dentes humanos e a do presente estudo amostras de dentes bovinos. Existem diferenças no conteúdo orgânico e inorgânico dos esmaltes e dentinas humanos, bovinos, suínos e ovinos que devem ser levados em consideração na interpretação dos resultados de estudos que utilizam substratos animais como substitutos de material humano (ORTIZ-RUIZ *et al.* 2018).

Por fim, destaca-se a importância deste estudo, devido à necessidade atual de buscar novas alternativas de irrigantes finais que possam ser utilizados na terapia endodôntica a fim de promover uma efetiva remoção de *smear layer* sem que causem efeitos deletérios (BELLO *et al.* 2019). Os resultados do presente estudo demonstraram que ácido hipocloroso obtido a partir do Dentaqua® apresentou efeitos satisfatórios comparado com o NaOCl na resistência flexural da dentina. Segundo Zhang *et al.* (2010) e Belli *et al.* (2014), a fragilização da dentina radicular deve ser evitada mantendo a sua resistência flexural, reduzindo o risco de fraturas verticais. Segundo O'Brien *et al.* (2014), as propriedades mecânicas dos tecidos dentários desempenha um papel no suporte das cargas de mordida enquanto resistem à fratura, por isso, a não diminuição da resistência flexural dentinária é de relevância clínica, considerando que posteriormente ao tratamento endodôntico o substrato passará pela etapa restauradora com o objetivo de devolver forma, função e estética. Além disso, a substância testada pode ser utilizada como desinfetante nos consultórios odontológicos e ser armazenada para utilizações futuras. Diante do exposto, torna-se necessário que novos estudos sejam realizados para avaliar outras propriedades, bem como estudos *in vivo* desta nova solução.

11. CONCLUSÃO

Diante das limitações do presente estudo, pode-se concluir que o ácido hipocloroso obtido a partir de um dispositivo eletrolítico não interferiu na resistência flexural da dentina radicular.

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARUL, Buvaneshwari; SURESH, Nandini; SIVARAJAN, Ranjithkumar; NATANASABAPATHY, Velmurugan. Influence of volume of endodontic irrigants used in different irrigation techniques on root canal dentin microhardness. **Indian Journal of Dental Research**, v. 32, n. 2, p. 230-235, 2021.

ANAGNOSTOPOULOS, Apostolos G.; RONG, Andrew; MILLER, Darlene; TRAN, Ann Q.; HEAD, Trajen; LEE, Michael C.; LEE, Wendy W.. 0.01% Hypochlorous Acid as an Alternative Skin Antiseptic: an in vitro comparison. **Dermatologic Surgery**, v. 44, n. 12, p. 1489-1493, 2018.

ASHBY, Louisa V.; SPRINGER, Reuben; HAMPTON, Mark B.; KETTLE, Anthony J.; WINTERBOURN, Christine C. Evaluating the bactericidal action of hypochlorous acid in culture media. **Free Radical Biology And Medicine**. v. 159, p. 119-124, 2020.

BALL, Robert; GARG, Gaurav; Vazquez; DAY, Anna; MOFFATT, T Lauren; ROBSON C Martin; SHUPP, W Jefferey. "Hypochlorous Acid Solution Is Safe for Intracavitary Lavage: Examination in a Rodent Model." **Eplasty**, v. 21, 2021

BELLI, S; ERASLAN, O; ESKITASCIOGLU, M; ESKITASCIOGLU,G. Effects of NaOCl, EDTA and MTAD when applied to dentine on stress distribution in post-restored roots with flared canals. **International Endodontic Journal**. v. 47, n. 12, p. 1123-1132, 2014.

BELLO, YD.; PORSCHE, HF.; FARINA, AP.; SOUZA, MA.; SILVA, EJNL.;BEDRAN-RUSSO, AK.; CECCHIN, D. Glycolic acid as the final irrigant in endodontics: Mechanical and cytotoxic effects. **Mater Sci Eng C Mater Biol Appl**, v.100, p.323-329, 2019.

BOSAID, F.; AKSEL, H.; MAKOWKA, S.; AZIM, A. A. Surface and structural changes in root dentine by various chelating solutions used in regenerative endodontics. **International Endodontic Journal**, v. 53, n. 10, p. 1438-1445, 2020.

BOTSIUKIS, Christos. ARIAS – MOLIZ, Maria Tereza. Present status and future directions – irrigants and irrigation methods. **International Endodontics Journal**. v. 55, n.3, p. 588-612, 2022.

BLOCK, S. Michael and ROWAN, G. Brian. Hypochlorous Acid: A Review. **Journal Oral Maxillofac Surg**. v. 78, n. 9, p. 1461-1446, 2020.

CARDOSO, Luana Roletto; BALDASSO, Flávia Emi Razera; DELAI, Débora; MONTAGNER, Francisco; KOPPER, Patrícia Maria Poli. Effect of EDTA, sodium, and calcium hypochlorite on the inorganic component of root canal dentin: a sem analysis. **Microscopy Research And Technique**, [S.L.], v. 82, n. 2, p. 128-133, 23 dez. 2018. Wiley.

CECCHIN, Douglas; GIARETTA, Vitória Soares; CADORIN, Bérove Granella; SOUZA, Matheus Albino; VIDAL, Cristina de Mattos Pimenta; FARINA, Ana Paula. Effect of synthetic and natural-derived novel endodontic irrigant solutions on mechanical properties of human dentin. **Journal Of Materials Science: Materials in Medicine**, [S.L.], v. 28, n. 9, 2017.

CHEN, Chun-Ju; CHEN, Chun-Cheng; DING, Shinn-Jyh. Effectiveness of Hypochlorous Acid to Reduce the Biofilms on Titanium Alloy Surfaces in Vitro. **International Journal Of Molecular Sciences**, v. 17, n. 7, p. 1161, 2016.

CULLEN, James K.T.; WEALLEANS, James A.; KIRKPATRICK, Timothy C.; YACCINO, John M. The Effect of 8.25% Sodium Hypochlorite on Dental Pulp Dissolution and Dentin Flexural Strength and Modulus. **Journal Of Endodontics**, v. 41, n. 6, p. 920-924, 2015.

DIOGUARDI, Mario; GIOIA, Giovanni Di; ILLUZZI, Gaetano; LANEVE, Enrica; COCCO, Armando; TROIANO, Giuseppe. Endodontics irrigants: Different methods to

improve efficacy and related problems. **European Journal of Dentistry**. v. 12, n. 3, p. 459-466, 2018.

ELNAGGAR, Soemha E; BACKLY, Rainia M; ZAAZOU, Asharaf Mamdouth; ELSHABRAWY, Sonia Morsy; ABDALLAH, Amr Ahmed. Effect of different irrigation protocols for applications in regenerative endodontics on mechanical properties of root dentin. **Australian Endodontic Journal**. v. 47. n. 2. P. 228-235, 2020.

HATANAKA, Noritoshi; YASUGI, Mayo; SATO, Tomoko; MIKAMOTO, Masafumi. YAMASAKI, Shinji. Hypochlorous acid solution is a potente antiviral agente Against SARS-CoV-2. **Journal Of Applied Microbiology**. v. 132, n. 2, p. 1496-1502, 2021.

LOPES, Hélio P. **Endodontia - Biologia e Técnica** . Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2020. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595157422/>. Acesso em: 28 mar. 2023.

MARCELINO, Ana Paula Marcheto; BRUNIERA, João Felipe; RACHED-JUNIOR, Fuad Abi; SILVA, Silvio Rocha Corrêa da; MESSIAS, Danielle Cristine. Impact of chemical agents for surface treatments on microhardness and flexural strength of root dentin. **Brazilian Oral Research**,v. 28, n. 1, p. 1-6, 2014.

O'BRIEN, Simona; KEOWN J , Amanda; CONSTANTINO, Paulo; XIE, Zonghan; BUSH B, Mark. Revealing the structural and mechanical characteristics of ovine teeth. **Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials**. v. 30, p. 176-185, 2017.

ORTIZ-RUIZ, Antonio José; TURUEL-FERNÁNDEZ, Juan de Dios; ALCOLEA-RUBIO, Luis Alberto; Hernández-Fernández, ANA. MARTÍNEZ-BENEYTO, Yolanda; GISPERT-GUIRADO, Francesc. Structural differences in enamel and dentin in human, bovine, porcine, and ovine teeth. *Annals of Anatomy – Anatomischer Anzeiger*. v. 218, p. 7-17, 2018.

PEDERSEN, Nurab; UZUNOGLU-OZYUREK, Emel; BUZOGLU, Hatice Dogan. Influence of different irrigation protocols on microhardness and flexural strength values of young and aged crow dentin. **Gerodontology**. v. 37, n. 1, p. 53-58, 2019.

PHILIP, Princy Maria; SINDHU, J; POORNIMA, M; NAVEEN, D. N; NIRUPAMA, D. N; NAINAN, Mohan Thomas. Effects of conventional and herbal irrigants on microhardness and flexural strength of root canal dentin: An *in vitro* study. **Journal Conservative Dentistry**. v. 24. n. 1, p. 83, 2021.

ROSSI-FEDELE, G; GUASTALLI, AR; DOGRAMACL, EJ; STEIER, L; FIGUEIREDO, De JAP. Influence of pH changes on chlorine-containing endodontic irrigating solutions. **Internacional Endodontic journal**. v. 44, n. 9, p. 792-799, 2011.

ROSSI-FEDELE, Giampiero; FIGUEIREDO, José Antonio Poli de; STEIER, Liviu; antimicrobial effect of super-oxidized water (Sterilox®) and sodium hypochlorite against *Enterococcus faecalis* in a bovine root canal model. **Journal Of Applied Oral Science**, v. 18, n. 5, p. 498-502, 2010.

SCOTT, Mark; ZILINSKI, Gregory. KIRKPATRICK, Timothy; HIMEL, Van. SABEY, Kent; LALLIER, Thomas. The Effects of Irrigants on the Survival of Human Stem Cells of the Apical Papilla, Including Endocyn. **Journal of Endodontics**. V. 44, n. 2, p. 263-268, 2018.

SEVERING, Anna - Lena; REMBE, Julian- Dario; KOESTER, Verena; STUERMER, Ewa K. Safety and efficacy profiles of different commercial sodium hypochlorite/hypochlorous acid solutions (NaClO/HClO): antimicrobial efficacy, cytotoxic impact and physicochemical parameters *in vitro*. **Journal of Antimicrobial Chemotherapy**. v. 74, n.2. p. 365-372, 2019.

SIDERIDOU, Irini; KARABELA, Maria; BIKIARIS, Dimitris. Aging studies of light cured dimethacrylate-based dental resins and a resin composite in water or ethanol/ water. **Dental Materials**. v.23, n. 9, p. 1142-1149, 2007.

TAZAWA, Kento; JADHAV, Rutuja; AZUMA, Mariane Maffei; FENNO, Christopher; MCDONALD, Neville J; SASAKI, Hajime. Hypochlorous acid inactivates oral pathogens and a SARS-CoV-2-surrogate. **BMC Oral Health**. v. 23, n. 111. p, 1-9, 2023.

VIRDEE, S.S; FARNELL, D.J.J; SILVA, M. A; CAMILLERI, J; COOPER, P. R; TOMSOM, P.L. 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, p. 986-997, 2020.

WANG, Tian-Feng; FENG, Xiao-Wei; GAO, Yi-Xue; WANG, Man; WANG, Yi-Ning; SA, Yue; JIANG, Tao. Effects of different concentrations and exposure time of sodium hypochlorite on the structural, compositional and mechanical properties of human dentin. **Journal Of Huazhong University Of Science And Technology [Medical Sciences]**, v. 37, n. 4, p. 568-576, 2017.

WANG, Xiaoli; CHENG, Xiaogang; LIU, Baogang; LIU, Xin; YU, Qing; ELE, Wenx. Effects of Laser- Activated Irrigations on Smear Layer Removal from the Root Canal Wall. **Photomedicine And Laser Surgery**. v.35, n. 12, p 688-694, 2017.

ZHANG, Kai; KIM, Young; CADENARO, Milena; BRYAN, Thomas; SIDOW, Stephanie; LOUSHINE, Robert; Ling, Jun-qi; PASHLEY, David; TAY, Franklin. Effects of Different Exposure Times and Concentrations of Sodium Hypochlorite/Ethylenediaminetetraacetic Acid on the Structural Integrity of Mineralized Dentin. **Journal of Endodontics**. v. 36, n. 1, p. 105-109, 2010.

13. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO ALUNO

**Influência do ácido hipocloroso obtido a partir de um dispositivo eletrolítico na
resistência flexural da dentina radicular – estudo *in vitro***

**Influence of hypochlorous acid obtained from an electrolytic device on the flexural
strength of root dentin – in vitro study**

Camila Y. Monteiro Pizzi: Acadêmica em Odontologia, Faculdade de Odontologia,
Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, Brasil.

Matheus Albino Souza: Professor titular, Departamento de Endodontia, Faculdade de
Odontologia, Universidade de Passo Fundo, RS, Brasil.

Autor de Correspondência:

Camila Pizzi

Rua João Lech 153, Passo Fundo - RS

Resumo: Objetivo: do presente estudo foi avaliar *in vitro*, a influência do ácido hipocloroso obtido a partir de um dispositivo eletrolítico na resistência flexural da dentina radicular. Métodos: Coroas de 30 dentes bovinos foram removidas, e as raízes foram seccionadas para obtenção de fragmentos de dentina radicular. As amostras foram confeccionadas em tamanho padronizado, em formato retangular e, ao todo, foram produzidos 60 palitos de dentina. As amostras obtidas foram distribuídas em 3 grupos de forma aleatória e submetidas aos protocolos de irrigação (n=20), sendo o grupo 1 - água destilada (grupo controle); Grupo 2 - Hipoclorito de sódio (NaOCl 2,5%); Grupo 3 - Ácido hipocloroso (HClO 250ppm). Cada amostra foi submersa em 2 ml da devida substância em um tubo Eppendorf. Para evitar a ação contínua dos irrigantes nas superfícies dentárias, as amostras foram lavadas com 5ml de água destilada e secas com gaze após submersão das substâncias. O teste de resistência flexural foi realizado por uma Máquina de Ensaio Universal método de três pontos, sendo aplicada uma carga em MPa na porção central do palito a uma velocidade de 0,5mm/minuto até fraturar, sendo o valor expresso em Megapascal (Mpa). Análise estatística ANOVA one-way e post-hoc de Tukey foi realizada ($\alpha=5\%$). Resultados: o estudo mostrou que os maiores valores de resistência flexural (Mpa) foram encontrados nos grupos 1 (controle) e 3 (HClO), sendo estatisticamente diferentes do grupo 2 (NaOCl) ($p<0,05$). Conclusão: o ácido hipocloroso obtido a partir de um dispositivo eletrolítico não interferiu na resistência flexural da dentina radicular.

Palavras-chave: ácido hipocloroso, hipoclorito de sódio, resistência flexural.

Abstract: The aim of this study was to evaluate *in vitro*, the influence of hypochlorous acid obtained from an electrolytic device on the flexural strength of root dentin.

Methods: Crowns of 30 bovine teeth were removed, and the roots were sectioned to obtain root dentin fragments. The samples were made in triangular size, in rectangular

shape and, in all, 60 dentin sticks were produced. The patients were randomly distributed into 3 groups and remained on the irrigation protocols (n=20), with group 1 - distilled water (control group); Group 2 - Sodium hypochlorite (2.5% NaOCl); Group 3 - Hypochlorous acid (HClO 250ppm). Each sample was submerged in 2 ml of the substance in an Eppendorf tube. To avoid the continuous action of the irrigants on the dental surfaces, the samples were washed with 5ml of distilled water and dried with eyes after submerging the substances. The flexural strength test was performed using a three-point Universal Method Testing Machine, with a load in MPa being applied to the central portion of the toothpick at a speed of 0.5 mm/minute until fracture, the value being expressed in Megapascal (Mpa) . Tukey's one-way ANOVA and post-hoc statistical analysis was performed ($\alpha=5\%$). Results: the study showed that the highest values of flexural strength (Mpa) were found in groups 1 (control) and 3 (HClO), being statistically different from group 2 (NaOCl) ($p<0.05$). Conclusion: hypochlorous acid obtained from an electrolytic device does not interfere with the flexural strength of root dentin.

Keywords: hypochlorous acid, sodium hypochlorite, flexural strength.

INTRODUÇÃO

O hipoclorito de sódio é a substância química mais utilizada na descontaminação de canais radiculares pela sua ação antimicrobiana e pelo seu potencial de dissolução em tecido orgânico¹. No entanto, não fornece a remoção adequada da smear layer da superfície dentinária², é citotóxico, pode causar necrose local do tecido em caso de extrusão para a área periapical e também pode causar alteração dos componentes orgânicos e inorgânicos da dentina, enfraquecendo a estrutura dentinária³.

Diante disso, torna-se necessária a busca de alternativas no que diz respeito a substâncias químicas auxiliares de descontaminação, que promovam uma adequada neutralização de microorganismos do sistema de canais radiculares criando condições favoráveis para o sucesso do tratamento endodôntico sem trazer prejuízos aos tecidos adjacentes.

O ácido hipocloroso é um poderoso agente oxidante e é uma substância endógena em todos os mamíferos, sendo eficaz contra uma ampla gama de microorganismos. Pode ser utilizado para higienização de mãos, higienização de superfície, enxaguatório bucal, na remoção de biofilme e na descontaminação de canais radiculares⁴.

Diante das limitações das soluções de hipoclorito de sódio, novas alternativas têm sido pesquisadas e utilizadas na endodontia no intuito de promover uma adequada descontaminação do sistema de canais radiculares. Dentre elas, recentemente foi desenvolvido um equipamento (Dentaqua) com potencial de promover a eletrólise e formar o ácido hipocloroso, porém, não existem estudos na literatura que comprovem a utilização do mesmo. Portanto, torna-se justificável a realização do presente estudo no intuito de elucidar o real potencial do ácido hipocloroso na descontaminação de canais radiculares

De acordo com o exposto, o estudo tem como objetivo específico avaliar, *in vitro*, a influência do ácido hipocloroso obtido a partir de um dispositivo eletrolítico na resistência a flexão da dentina, por meio do ensaio da flexão de três pontos realizado em máquina de ensaio universal. A hipótese desse estudo é de que a resistência flexural da dentina radicular é minimamente alterada pela ácido hipocloroso.

MATERIAIS E MÉTODOS

ASPÉCTOS ÉTICOS

Este estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da Universidade de Passo Fundo, sob o número de protocolo 5.783.928

OBTENÇÃO E PREPARO DAS AMOSTRAS

Para a avaliação da resistência flexural foram selecionados 30 dentes bovinos, os quais tiveram suas coroas removidas com o auxílio de uma cortadora de precisão Isomet 1000 (Buehler, Illinois, Estados Unidos), sob constante refrigeração com água (Figura 1).



Figura 1: Dente bovino seccionado



Figura 2: Raízes seccionadas

Logo após, as raízes foram seccionadas no longo eixo do dente (Figura 2) e fragmentadas em 3 partes (Figura 3) A parte correspondente ao terço médio foi utilizada para produzir 1 palito de dentina, totalizando 2 palitos por raiz e 60 palitos no total.



Figura 3: Fragmentos de raiz

Para obtenção do ácido hipocloroso, utilizamos um dispositivo eletrolítico (Figura 4). Conforme as instruções do fabricante, dentro do dispositivo, foi inserida em seu compartimento específico uma substância manipulada composta por 450ml água deonizada, 50ml de cloreto de sódio e 25ml de ácido hidrocloreto, essa solução em contato com a água no interior do aparelho sofre uma eletrólise, produzindo 250ppm de ácido hipocloroso. Já o hipoclorito de sódio foi manipulado em uma concentração de 2,5%.



Figura 4: Dispositivo eletrolítico Dentaquá®

TESTE DE RESISTÊNCIA FLEXURAL

O teste de resistência flexural foi realizado utilizando um dispositivo de três pontos em miniatura com uma extensão de suporte de 3 mm, no qual cada palito foi inserido no vão de suporte. Uma carga em MPa foi aplicada na porção central do palito por meio de uma Máquina Universal de Ensaio (EMIC DL 2000) à uma velocidade de 0,5 mm/minuto até ocorrer a fratura. A resistência à flexão (FS) foi calculada utilizando a seguinte fórmula:

$$FS = 3PL/2bd^2$$

Onde P representa a carga máxima até o momento da fratura (N), L representa a distância entre os pontos de apoio (mm), b representa a largura do palito (mm) e d representa a espessura do palito (mm). Os dados obtidos foram expressos em Megapascal (MPa).

GRUPOS EXPERIMENTAIS

As 60 amostras foram distribuídas aleatoriamente em 3 grupos (n=20), de acordo com o protocolo de irrigação testado: Grupo 1 – água destilada (grupo controle); Grupo 2 – Hipoclorito de sódio (NaOCl) 2,5%; Grupo 3 – Ácido hipocloroso (HClO) 250ppm.

Cada amostra foi submersa em 2 mL da respectiva substância em um tubo Eppendorf (Axygen Inc, Union City, CA, USA) por 30 minutos. A cada 5 minutos, a solução era descartada, sendo renovada para mais 5 minutos de imersão, e, dessa forma, sucessivamente, até fechar os 30 minutos de imersão. Ao final dos protocolos de irrigação, todas as amostras foram lavadas com 5 ml de água destilada para evitar a ação contínua das substâncias nas superfícies dentinárias e secas com gaze.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados de resistência flexural foram analisados com ANOVA one-way e post-hoc de Tukey, com nível de significância de 5%. Os dados foram analisados utilizando o programa SPSS versão 17.0 (SPSS, Chicago, IL, Estados Unidos).

RESULTADOS

A média e o desvio padrão dos valores de resistência flexural estão apresentados na Figura 5. Os resultados apresentados na Tabela 1 mostram que todas as soluções apresentaram menor resistência flexural do que o grupo controle. Sendo que o HClO foi semelhante ao grupo controle ($p > 0,05$). Além disso, os menores valores foram encontrados no NaOCl, sendo estatisticamente diferente dos demais grupos ($p < 0,05$).

Figura 5: Tabela com média (desvio padrão) da resistência flexural da dentina radicular após os protocolos de irrigação testados.

Grupo	Resistência flexural (Mpa)
4. DW	9,26 (1,54) ^A
5. NaOCl 2,5%	5,57 (0,87) ^B
6. HClO 250 ppm	9,33 (1,79) ^A

* Letras maiúsculas diferentes, na coluna, indicam diferenças significativas entre os grupos ($p < 0,05$);

** DW, água destilada; NaOCl, hipoclorito de sódio; HClO, ácido hipocloroso.

DISCUSSÃO

Segundo Lopes⁵ (2020), ao se tratar de limpeza e desinfecção dos canais radiculares durante o preparo químico-mecânico, os irrigantes exercem uma importante função através da ação química e física de suas substâncias. A organização das bactérias em biofilmes localizados nas complexidades anatômicas do sistema de canais radiculares e a dificuldade de eliminá-las é o principal desafio dos irrigantes⁶ Para Dioguardi⁷ (2018) essas substâncias devem obter características essenciais, como a promoção de lubrificação de limpeza dos instrumentos endodônticos e do sistema de canais radiculares, a dissolução de substâncias inorgânicas e orgânicas, a ação antimicrobiana, a ausência de citotoxicidade e a ineficácia na alteração da microestrutura dentária.

Arul⁸ (2021) relataram que a alteração na composição química da dentina no canal radicular causa alteração nas propriedades da dentina do canal radicular, e esse efeito está relacionado aos irrigantes endodônticos. A resistência à flexão de um material é a tensão máxima que ele pode resistir antes da falha quando submetido a carga de flexão⁹. Na endodontia, o hipoclorito de sódio (NaOCl) é o mais amplamente utilizado devido à sua eficácia antimicrobiana de amplo espectro e à capacidade distinta de dissolver restos de tecido pulpar necrótico¹⁰. O NaOCl é usado em concentrações que variam entre 0,5% e 5,25%¹¹. As propriedades indesejadas deste irrigante, no entanto, levam os pesquisadores a testar outras soluções de cloro e seu uso potencial como substitutos do NaOCl¹².

O presente estudo testou o ácido hipocloroso, que foi obtido através de um equipamento eletrolítico nomeado como Dentaqua®, avaliando sua influência nas propriedades mecânicas como substância química auxiliar na endodontia. O HClO é um ácido fraco que produz íons hipoclorito (OCl⁻) em solução com a água, e ambos possuem agentes oxidantes com propriedades antibacterianas¹³. Além disso, é um desinfetante, não corrosivo, eficaz em várias formas e relativamente barato. Devido à sua relativa baixa

toxicidade, em baixas concentrações, pode se tornar uma opção segura de irrigação nos casos em que a extrusão de irrigantes é uma preocupação, como em perfurações ou casos de ápice aberto¹⁴. A solução de HClO preparada pelo método de troca iônica pode chegar a uma solução de alta concentração de até 1000 ppm e pode ser mantido em temperatura ambiente (20°C) por um longo período de tempo, como um ano no escuro, devido à sua alta pureza (dados não mostrados). Oitenta e seis por cento da concentração efetiva de cloro (250 ppm tornou-se 215 ppm) permaneceu após 6 meses e 80% permaneceu após um ano¹⁵. Chen¹⁶ (2016) comparou a eficácia bacteriana do HOCl 180ppm, NaOCl 1,3% e a CHX 0,2% (Clorexidina), seus estudos mostraram que o HOCl foi tão eficaz quanto as outras substâncias contra quatro espécies bacterianas presentes em patologias pulpares e periodontais, ressaltando que o HOCl foi a substância com menor concentração testada.

Para esse estudo, foram utilizadas as concentrações de 250ppm, e obteve valores de resistência flexural próximos ao do grupo controle, com esses achados, pode-se dizer que o Dentaqua® causa menos efeitos negativos na resistência flexural da dentina comparado com o NaOCl (Figura 5). Também foi possível observar que o hipoclorito de sódio de 2,5% obteve valores menores de resistência flexural da dentina bovina, esses achados vão de encontro com o estudo de Pedersen¹⁷. (2019), que relataram que a dentina coronária envelhecida revelou diminuições dos valores de resistência flexural ao utilizar o NaOCl sozinho ou combinado com diferentes concentrações de outros irrigantes. O estudo de Philip¹⁸ (2021), revelou que o NaOCl 2,5% causou uma redução máxima na resistência à flexão, apesar de obter uma natureza alcalina, o seu processo de acidificação contribui para a perda de minerais na dentina.

Em contrapartida, o estudo de Marcelino¹⁹ (2014) concluiu que a resistência à flexão das amostras de dentina dos dentes humanos (10 mm de comprimento x 1,4 mm de largura x 1,5 mm de espessura) não foi afetada pela exposição ao NaOCl 5,25%.

Elnaggar²⁰ (2020) também concluiu que o NaOCl na concentração com agitação ultrassônica não teve efeitos nas propriedades mecânicas da dentina radicular de dentes humanos ($13 \pm 0,1$ mm de comprimento, $1 \pm 0,1$ mm, largura e $1 \pm 0,1$ mm espessura) e pode ser seguro para ser usado em aplicações endodônticas. Essas discordâncias podem ser explicadas pelos valores dimensionais das amostras e pela espécie da amostra propriamente dita, sendo a dos achados literários amostras de dentes humanos e a do presente estudo amostras de dentes bovinos. Existem diferenças no conteúdo orgânico e inorgânico dos esmaltes e dentinas humanos, bovinos, suínos e ovinos que devem ser levados em consideração na interpretação dos resultados de estudos que utilizam substratos animais como substitutos de material humano²¹.

Por fim, destaca-se a importância deste estudo, devido à necessidade atual de buscar novas alternativas de irrigantes finais que possam ser utilizados na terapia endodôntica a fim de promover uma efetiva remoção de *smear layer* sem que causem efeitos deletério²². Os resultados do presente estudo demonstraram que ácido hipocloroso obtido a partir do Dentaqua® apresentou efeitos satisfatórios comparado com o NaOCl na resistência flexural da dentina. Segundo Zhang²³ (2010) e Belli²⁴ (2014), a fragilização da dentina radicular deve ser evitada mantendo a sua resistência flexural, reduzindo o risco de fraturas verticais. Segundo O'Brien²⁵ (2014), as propriedades mecânicas dos tecidos dentários desempenha um papel no suporte das cargas de mordida enquanto resistem à fratura, por isso, a não diminuição da resistência flexural dentinária é de relevância clínica, considerando que posteriormente ao tratamento endodôntico o substrato passará pela etapa restauradora com o objetivo de devolver forma, função e estética. Além disso, a substância testada pode ser utilizada como desinfetante nos consultórios odontológicos e ser armazenada para utilizações futuras. Diante do exposto,

torna-se necessário que novos estudos sejam realizados para avaliar outras propriedades, bem como estudos in vivo desta nova solução

CONCLUSÃO

Diante das limitações do presente estudo, pode-se concluir que o ácido hipocloroso obtido a partir de um dispositivo eletrolítico não interferiu na resistência flexural da dentina radicular.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Virdee SS, Farnell DJJ, Silva MA, Camilleri J, Cooper PR, Tomsom PL. The Influence Of Irrigant Activation, Concentration And Contact time on sodium hypochlorite penetration into root dentine: an ex vivo experiment. *International Endodontic Journal*. 2020;53:986-997.
2. Tartari T, Bachmann L, Zancan RF, Vivian RR, Duarte MAH, Bramante CM. Analysis Of The Effects Of Several Decalcifying Agents Alone And In Combination With Sodium Hypochlorite On The Chemical Composition Of Dentine. *International Endodontic Journal*. 2018;51:42-54.
3. Cardoso LR, Baldasso FER, Delai D, Montagner F, Kopper PMP. Effect Of Edta, Sodium, And Calcium Hypochlorite On The Inorganic Component Of Root Canal Dentin: A Sem Analysis. *Microscopy Research And Technique*. 2018;82(2):128-133
4. Block SMi, Rowan GB. Hypochorous Acid: A Review. *Journal Oral Maxillofac Surg*. 2020;78(9):1461-1446.
5. Lopes HP, Siqueira JF. *Endodontia - Biologia e Técnica*. Grupo GEN. 5.ed. Rio de Janeiro; 2020. Disponível em URL:

<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595157422/>. Acesso em 08 jun 2023.

6. Botsioukis C, Arias – Moliz MT. Present Status And Future Directions – Irrigants And Irrigation Methods. *International Endodontics Journal*. 2022;55(3):588-612.
7. Dioguardi M, Gioia GD, Illuzzi G, Laneve E, Cocco A, Troiano G. Endodontics Irrigants: Different Methods To Improve Efficacy And Related Problems. *European Journal Of Dentistry*. 2018;12(3):459-466.
8. Arul B, Suresh N, Sivarajan R, Natanasabapathy V. Influence Of Volume Of Endodontic Irrigants Used In Different Irrigation Techniques On Root Canal Dentin Microhardness. *Indian Journal Of Dental Research*, 2021;32:230-235.
9. Sideridou I, Karabela M, Bikiaris D. Aging Studies Of Light Cured Dimethacrylate-Based Dental Resins And A Resin Composite In Water Or Ethanol/ Water. *Dental Materials*. 2007;23(9):1142-1149.
10. Wang X, Cheng X, Liu B, Liu, X, Yu Q, Ele W. Effects Of Laser- Activated Irrigations On Smear Layer Removal From The Root Canal Wall. *Photomedicine And Laser Surgery*. 2017;35(12):688-694.
11. Rossi-Fedele G, Guastalli A, Dogramacl, E, Steier, L, Figueiredo DJ. Influence Of Ph Changes On Chlorine-Containing Endodontic Irrigating Solutions. *Internacional Endodontic Journal*. 2011;44(9):792-799.
12. Ball, R, Garg G, Vazquez DA, Moffatt, TL, Robson CM, Shupp WJ. Hypochlorous Acid Solution Is Safe For Intracavitary Lavage: Examination In A Rodent Model. *Eplasty*. 2021; 21.
13. Scott M, Zilinski G, Kirkpatrick T, Himel V. Sabey K, Lallier T. The Effects Of Irrigants On The Survival Of Human Stem Cells Of The Apical Papilla, Including Endocyn. *Journal Of Endodontics*. 2018;44(2):263-268.

14. Pedersen N, Uzunoglu-Ozyurek E, Buzoglu HD. Influence Of Different Irrigation Protocols On Microhardness And Flexural Strength Values Of Young And Aged Crow Dentin. *Gerodontology*. 2019;3(1):53-58.
15. Hatanaka N, Yasugi M, Sato T, Mikamoto M, Yamasaki S. Hypochlorous Acid Solution Is A Potente Antiviral Agente Against Sars-Cov-2. *Journal Of Applied Microbiology*. 2021;132(2):1496-1502.
16. Chen CJ, Chen CC, Ding SJ. Effectiveness Of Hypochlorous Acid To Reduce The Biofilms On Titanium Alloy Surfaces In Vitro. *International Journal Of Molecular Sciences*.2016;17(7):1161
17. Philip PM, Sindhu J, Poornima M, Naveen DN, Nirupama DN, Nainan TM. Effects Of Conventional And Herbal Irrigants On Microhardness And Flexural Strength Of Root Canal Dentin: An In Vitro Study. *Journal Conservative Dentistry*. 2021;24(1):83.
18. Marcelino APM, Bruniera JF, Rached-Junior FA, Silva SRCD, Messias DC. Impact Of Chemical Agents For Surface Treatments On Microhardness And Flexural Strength Of Root Dentin. *Brazilian Oral Research*. 2014;28(1):1-6.CH
19. Elnaggar SE, Backly RM, Zaazou AM, Elshabrawy SM, Abdallah AA. Effect Of Different Irration Protocols For Applications In Regenerative Endodontics On Mechanical Properties Of Root Dentin. *Australian Endodontic Journal*.2020;47(2):228-235. 17
20. Ortiz-ruiz AJ, Turuel-fernández JD, Alcolea-Rubio La; Hernández-Fernández, A, Martínez-Beneyto Y, Gispert-Guirado F. Structural differences in enamel and dentin in human, bovine, porcine, and ovine teeth. *Annals of Anatomy – Anatomischer Anzeiger*. 2018; 218:7-17.

21. Bello YD, Porsch HF, Farina AP, Souza MA, Silva E, Bedran-Russo A, Cecchin D Glycolic Acid As The Final Irrigant In Endodontics: Mechanical And Cytotoxic Effects. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*, 2019;100:323-329.
22. Zhang K, Kim Y, Cadenaro M, Bryan T, Sidow S, Loushine R, Ling JQ, Pashley D, Tay F. Effects Of Differents Exposure Times And Concentrations Of Sodium Hypochlorite/Ethylenediaminetetraacetic Acid On The Structural Integrity Of Mineralized Dentin. *Journal Of Endododntics*.2010;36(1):105-109.
23. Belli S, Eraslan O, Eskitascioglu M, Eskitascioglu G. Effects Of Naocl, Edta And Mtdad When Applied To Dentine On Stress Distribution In Post-Restored Roots With Flared Canals. *International Endodontic Journal*. 2014;47(12):1123-11324.
24. O'brien S, Keown JÁ, Constantino P, Xie, Zonghan BB, Mark R; The Structural And Mechanical Characteristics Of Ovine Teeth. *Journal Of The Mechanical Behavior Of Biomedical Materials*. 2018;30:176-185.
25. Bello YD, Porsch HF, Farina AP, Souza MA, Silva E, Bedran-Russo A, Cecchin D Glycolic Acid As The Final Irrigant In Endodontics: Mechanical And Cytotoxic Effects. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*, 2019;100:323-329.