

# **CAMBIOS ESTRUCTURALES EN DENTINA RADICULAR POR EL EFECTO DE LAS SOLUCIONES IRRIGADORAS EN ENDODONCIA. REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA**

Leidy Julieth Navarrete Mendoza<sup>a</sup>, Talia Yolanda Marroquín Peñaloza<sup>b</sup>, Claudia Carmiña García Guerrero<sup>c</sup>

<sup>a</sup> OD. Estudiante del posgrado de Endodoncia Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá DC. Facultad de Odontología. Departamento de Ciencias Básicas y Medicina Oral. Grupo de investigación INVENDO.

<sup>b</sup> Ph.D. Docente experto. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá DC. Facultad de Odontología. Departamento de Ciencias Básicas y Medicina Oral. Grupo de investigación INVENDO.

<sup>c</sup> MSc. Profesora Asociada. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá DC. Facultad de Odontología. Departamento de Ciencias Básicas y Medicina Oral. Grupo de investigación INVENDO.

---

## **Resumen:**

### **Antecedentes:**

El marco estructural de la dentina dado por la fracción inorgánica y orgánica, mantiene la integridad mecánica del diente en función. Factores como edad, procesos patológicos y uso de sustancias químicas modifican de manera irreversible el sustrato dentinal.

### **Objetivo:**

Analizar sistemáticamente la evidencia disponible, identificando de manera cuantitativa el efecto en las propiedades biomecánicas que diferentes soluciones irrigadoras en endodoncia generan sobre la dentina radicular.

### **Métodos:**

Búsqueda de la literatura (Año publicación: 2009-2019), mediante una ecuación determinada en diferentes bases de datos, publicaciones secundarias y tablas de contenido de revistas especializadas. Dos investigadores, incluyeron estudios *in vitro* de acuerdo a los criterios de elegibilidad. En ausencia de consenso, un tercer evaluador lo resolvió. El proceso de selección incluyó análisis secuencial de título, resumen y publicaciones duplicadas, hasta identificar artículos para lectura completa y evaluación cualitativa y cuantitativa. Se diseñó un instrumento para análisis de sesgo.

**Resultados:**

Acorde con la herramienta PRISMA, un proceso bibliométrico recuperó 9026 títulos mediante la búsqueda electrónica, con un resultado de 153 títulos después de eliminar duplicados. Posteriormente y acorde con la lectura de título, se seleccionaron 63 resúmenes, cuya evaluación incluyó 28 artículos para lectura completa. 9 artículos fueron seleccionados para evaluación y análisis. Acorde con la valoración de sesgo 8 publicaciones se calificaron con sesgo Incierto y 1 de ellas con Bajo sesgo. Finalmente, 6 de estos artículos se evaluaron cuantitativamente con el software RevMan5.3.5.

**Conclusiones:**

Las propiedades biomecánicas del tejido dentinal dependen de la integridad de los componentes orgánicos e inorgánicos de la dentina, los cuales se alteran por uso de irrigantes.

**PALABRAS CLAVE:** Irrigantes del Conducto Radicular, Fenómenos Biomecánicos, Técnicas *in vitro*, Dentina.

---

**Abstract.**

Inorganic and organic dentinal structural components, keep the mechanical integrity of teeth while functioning. Age, pathological processes, and chemicals use, modify the dentinal subtract irreversibly.

**Objective:**

To quantify the effect of irrigants on biomechanical properties of dentine, as reported in available literature.

**Methods:**

A literature review(Publication date:2009-2019) was conducted on different databases, secondary publications, and indices from specialized journals. Two researchers included in vitro studies according to the eligibility criteria. In case of non-consensus, a third reviewer was consulted. Initial selection process focused on

sequential title analysis, abstract evaluation and removal of duplicates, until identifying articles for complete reading and qualitative and quantitative evaluation. An instrument for bias analysis was designed.

## **Results**

Using the PRISMA tool, an electronic search found 9026 titles. From these, 153 were selected following removal of duplicated. Afterwards, 63 were named for abstract reading. Of these, 28 were subjected to full text analysis. 9 were chosen for further evaluation and qualitative analysis(8:Uncertain bias-1:Low bias).

Finally, 6 of these articles were quantitatively evaluated with RevMan5.3.5.

## **Conclusions**

Biomechanical properties of root dentine depend on its organic and inorganic components, which are altered by irrigants.

## **Key words**

Root canal irrigants, biomechanic phenomena, in vitro techniques, dentine.

---

## **INTRODUCCIÓN**

El éxito del tratamiento en endodoncia depende del desbridamiento químico-mecánico del espacio intraconducto, como parte fundamental para el control del agente etiológico de patologías pulpares y/o periapicales. Este proceso implica una transformación irreversible de la dentina intrarradicular que dependerá directamente del desgaste mecánico y del tipo de soluciones irrigadoras utilizadas; antimicrobianas, proteolíticas o quelantes.<sup>1</sup>

El tejido dentinal se constituye de una matriz orgánica (33% del volumen total) conformada por colágeno tipo I (90%), IV, V, y VI, proteoglicanos, proteínas no colágenas, lípidos y moléculas bioactivas o factores de crecimiento, inmersos

dentro de un tejido mineralizado de cristales de apatita (45% del volumen total)<sup>2</sup> con una estructura tubular cuya capa periférica se encuentra más mineralizada y se intercala por una dentina intertubular con una mayor proporción de estructura orgánica;<sup>3</sup> para completar el volumen total, un 22% se compone de agua.<sup>2-3</sup> Los componentes estructurales inherentes a la matriz dentinal, otorgan propiedades mecánicas de microdureza y elasticidad en respuesta a fuerzas compresivas (Matriz inorgánica) y fuerzas tensionales (Matriz orgánica)<sup>4</sup> mientras que la viscoelasticidad, definida como la capacidad de absorber el estrés y de facilitar la distribución uniforme del estrés/tensiones a lo largo de toda la dentina, es dada por el agua,<sup>5</sup> proporcionando así el soporte esencial para la estructura dental ante la carga masticatoria.<sup>6</sup>

Dada la composición del tejido dentinal, el uso de soluciones irrigadoras con efectos quelantes o proteolíticos modifican su estructura, alterando la permeabilidad, solubilidad o resistencia del diente, reduciendo a su vez la resistencia mecánica ante la función masticatoria.<sup>1-2</sup> Clínicamente, esta alteración estructural, promueve fallos visibles en la ocurrencia de fracturas verticales de la raíz, definidas como la tercera causa más común de pérdida de dientes tratados endodónticamente, cuya prevalencia oscila entre 2% y 20% de los casos.<sup>7</sup>

Analizando las características individuales de las soluciones irrigadoras y su efecto directo sobre la dentina, aquellas soluciones con función antimicrobiana y proteolítica a base de cloro (Cl), fragmentan la estructura tridimensional de la molécula de colágeno tipo I, solubilizando la matriz orgánica, alterando consecuentemente la microdureza,<sup>8-9-10-11</sup> la resistencia tensil, flexural y el módulo de elasticidad de la dentina radicular.<sup>10-11</sup> Por su parte, soluciones irrigadoras antimicrobianas a base de Clorhexidina (CHX), podrían promover transitoriamente la reticulación del colágeno, mejorando la adhesión a dentina de los cementos selladores a base de resina, sumado a su efecto antimicrobiano.<sup>12</sup>

Como irrigante final, el uso de agentes quelantes, necesarios para la remoción del barrillo dentinario y responsables de la liberación de moléculas bioactivas atrapadas en la matriz dentinal, generan de manera adicional, erosión, solubilidad y alteración permanente de la fase mineralizada, lo que disminuye la microdureza del tejido dentinal,<sup>13</sup> causando así una menor resistencia ante las fuerzas masticatorias y por ende un mayor riesgo de fractura dental.

Recientemente la investigación en irrigación endodóntica, en la búsqueda de proteger la estructura dentinal, introduce el uso de agentes reticulantes de origen natural,<sup>14</sup> que representan una nueva alternativa<sup>15</sup> para evitar la degradación del colágeno.<sup>16-17</sup> Estudios experimentales han incluido compuestos nanoestructurados, que promueven la bioestabilidad dentinal.<sup>18</sup> Sin embargo, los efectos sobre la estructura dentinal de estas nuevas propuestas, aún deben ser evidenciados.

Observar en las últimas décadas múltiples publicaciones que pretenden identificar el efecto del acondicionamiento químico sobre la dentina, motivó a sistematizar la información disponible en beneficio de agrupar los resultados plasmados por las investigaciones, ante la pregunta: ¿Cuál es el efecto en las propiedades biomecánicas de la implementación de diferentes esquemas de irrigación proteolíticos, antimicrobianos o quelantes sobre la dentina intrarradicular?, planteándose como objetivo central del presente trabajo: Analizar sistemáticamente la evidencia disponible, identificando de manera cuantitativa el efecto en las propiedades biomecánicas que diferentes soluciones irrigadoras en endodoncia generan sobre la dentina radicular.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La metodología desarrollada en la presente investigación se basó en el “Manual Cochrane de revisiones sistemáticas de intervenciones,<sup>19</sup> en la guía para revisiones sistemáticas *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*

(PRISMA)<sup>20</sup> y en la evaluación de calidad metodológica de las revisiones sistemáticas *A measurement tool to assess the methodological quality of systematic reviews* (AMSTAR).<sup>21</sup> Avalado por el Comité de Ética y Metodología de la Investigación de la Universidad Nacional de Colombia, bajo Acta B.CIEFO-250-18.

### **Estrategia de Búsqueda**

Una vez determinados los objetivos y enfoque de la revisión, con base en la pregunta de investigación y combinando los términos MeSH (Medical Subject Headings) y la versión en español DecS (Descriptor en ciencias de la salud) con conectores booleanos AND y OR, se realizó una búsqueda de la literatura en un rango de publicación desde el año 2009 hasta el año 2019 en las bases de datos: PubMed, ScienceDirect, Scielo, Lilacs, Central BioMed, PROSPERO y OpenSIGLE, publicaciones secundarias y tablas de contenido de revistas especializadas.

### **Proceso de selección y criterios de elegibilidad**

El proceso de selección incluyó análisis secuencial de título e identificación de publicaciones duplicadas por 2 investigadores (LJNM-TYMP), análisis de los resúmenes seleccionados de forma independiente por 2 investigadores (LJNM-TYMP), utilizando la información disponible para determinar si cumplían o no con los criterios de elegibilidad:

- Criterios de inclusión: estudios *in vitro*, realizados en dentina radicular humana en dientes permanentes, cuyo N por grupo fuese  $\geq$  a 10 y necesariamente incluyan un grupo control.
- Criterios de exclusión: estudios en animales, estudios que durante el protocolo registren preparación mecánica manual o rotatoria sobre la dentina radicular, activación del irrigante y/o uso de medicamentos intraconducto, revisiones sistemáticas y/o meta-análisis.

En caso de no haber consenso con la inclusión de un estudio, se solicitó la opinión de un tercer investigador (CCGG). Se enumeraron los estudios excluidos proporcionando el motivo primario de la exclusión, mostrando así que estos estudios se tomaron en consideración. Se identificaron así los artículos sometidos a lectura completa y evaluación cualitativa y cuantitativa.

### **Evaluación de calidad y Análisis de sesgo**

Para el análisis de sesgo, se diseñó un instrumento que identificó la calidad de la evidencia para estudios *in vitro*,<sup>22</sup> donde se aplicaron 17 criterios de evaluación para cada artículo seleccionado, evaluando: Coherencia entre objetivos, resultados y conclusiones, criterios metodológicos con estándares de referencia, uso de grupos control, calibración y cegamiento de los evaluadores. Finalmente, tres rangos de sesgo (Alto-Incierto-Bajo) fueron asignados según la puntuación (Anexo 1).

### **Análisis Estadístico y Síntesis de Resultados**

El análisis cuantitativo para las variables Microdureza y Rugosidad, se realizó bajo el paquete estadístico Review Manager de la Colaboración Cochrane (Cochrane Collaboration) versión 5.3.5 del RevMan Program (Free software, Copenhagen: The Nordic Cochrane Centre, 2014).<sup>23</sup> Un nivel de significancia estadística del 5% fue identificado. La heterogeneidad del efecto fue medida con la prueba  $\chi^2$   $P > 0.05$ , sumada al grado de inconsistencia entre los estudios, determinado por el resultado  $I^2 < 50\%$ . Un modelo de efectos fijos, se ajustó para identificar el efecto generado en la dentina por la acción química de los irrigantes analizados. Se realizó un análisis visual de gráfico en embudo para evaluar el sesgo de publicación (RevMan v.5.3.5; Cochrane Collaboration, Dinamarca).

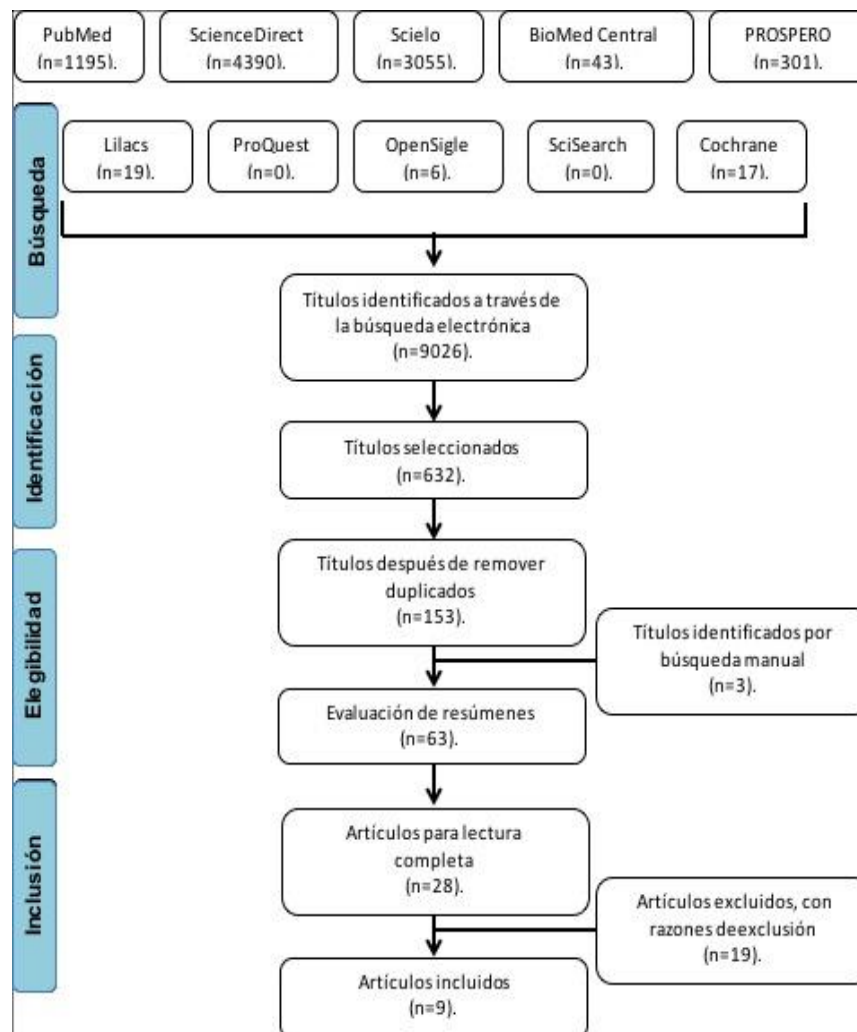
## **RESULTADOS**

Mediante la herramienta PRISMA, un proceso bibliométrico recuperó por búsqueda electrónica, 9026 títulos. Posteriormente y acorde con la lectura de título, se

seleccionaron 63 resúmenes, cuya evaluación incluyó 28 artículos para lectura completa. Finalmente, 9 artículos fueron seleccionados para evaluación y análisis cualitativo (Figura 1) (Tabla 1). La Tabla 2 muestra los documentos excluidos y las razones detrás de la exclusión.

### Análisis de sesgo de los artículos incluidos

Acorde con la valoración de riesgo de sesgo de los artículos, 8 publicaciones se calificaron con sesgo Incierto y 1 de ellas con Bajo sesgo (Figura 2).



**Figura 1.** Diagrama de flujo que representa el proceso de selección de los artículos.



Tabla 1. Características de los estudios incluidos.

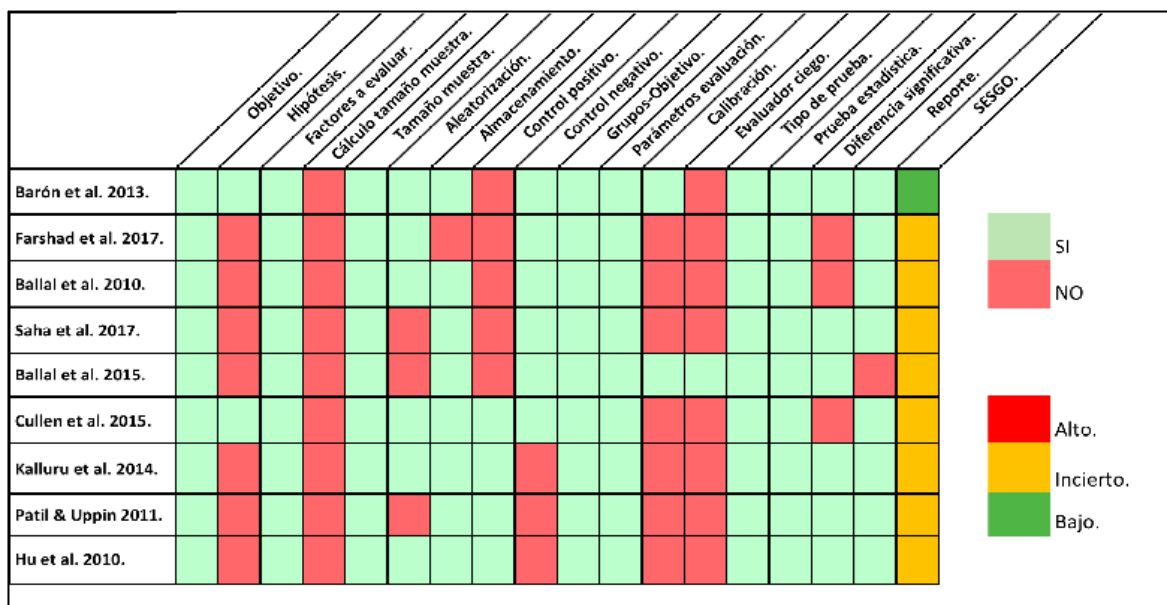
Autor	País	Año	Tipo de irrigante	Concentración	Propiedad	Resultado
Barón <i>et al.</i> <sup>24</sup>	España	2013	NaOCl	5,25%	Rigidez	EDTA 17% reduce significativamente la rigidez ( $p < 0.05$ ), más en dentina peritubular (PD)(63.53%) que en dentina intertubular (ID)(29.80%). EDTA 17% reduce significativamente la fuerza de adhesión en ID y PD ( $p < 0.05$ ). NaOCl 5,25% no mostro diferencias significativas.
			EDTA	17%	Fuerza de adhesión	
Farshad <i>et al.</i> <sup>25</sup>	Irán	2017	NaOCl	5,25%	Rugosidad	Todos los irrigantes aumentaron significativamente la rugosidad. La rugosidad de las muestras tratadas con ImSNP (142.29 nm) fue significativamente menor que CHX 2% (187.07 nm), y similar a NaOCl 5,25% (136.02 nm) y EDTA 17% (150.92 nm).
			CHX	2%		
			ImSNP			
			EDTA	17%		
Ballal <i>et al.</i> <sup>26</sup>	India	2010	EDTA	17%	Rugosidad Microdureza	El ácido maleico produjo la rugosidad superficial máxima en comparación con EDTA. No hubo diferencias significativas entre EDTA 17% y ácido maleico 7% en la reducción de la microdureza.
			Ácido Maleico	7%		
Saha <i>et al.</i> <sup>27</sup>	India	2017	NaOCl	3%	Microdureza	EDTA 17% y Quitosán 0.2%, reducen significativamente la dureza media, mientras que no se observaron cambios en el grupo de MCJ 6% y NaOCl 3% (Reducción ligera, no significativa).
			EDTA	17%		
			Quitosán	0,20%		
			MCJ	6%		
Ballal <i>et al.</i> <sup>28</sup>	India	2015	CIO <sub>2</sub>	13,80%	Rugosidad	CIO <sub>2</sub> 13,80% y NaOCl 2.5% reducen la microdureza más que EDTA 17%. No hubo diferencias significativas entre otros grupos experimentales. Ácido maleico 7% produjo una rugosidad superficial máxima en comparación con los otros grupos.
			EDTA	17%	Microdureza	
			Ácido Maleico	7%		
			NaOCl	2,50%		
Cullen <i>et al.</i> <sup>29</sup>	Mississippi	2015	NaOCl	0,50%	Resistencia a la flexión	Hubo una tendencia a disminuir la resistencia a la flexión con el aumento de la concentración de NaOCl, esto no fue estadísticamente significativo. No hubo diferencias estadísticamente significativas en el módulo de flexión entre los grupos.
				2%		
				4,13%	Módulo de flexión	
				6%		
				8,25%		
Kalluru <i>et al.</i> <sup>30</sup>	India	2014	EDTA	17%	Microdureza	NaOCl y MTAD no disminuyen la microdureza significativamente después de 5 minutos de exposición. MTAD muestra más microdureza que NaOCl debido a su actividad bactericida superior. EDTA y EDTAC reducen drásticamente la microdureza de la dentina después de 2 minutos y 5 minutos de exposición, mayor en EDTA que en EDTAC debido a su propiedad quelante.
			EDTAC	17%		
			NaOCl	3%		
			MTAD			
Patil & Uppin. <sup>31</sup>	India	2011	NaOCl	2,50%	Rugosidad	Todas las soluciones, excepto CHX, disminuyen significativamente la microdureza. H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 3% y CHX 0.2% no tienen efecto sobre la rugosidad ( $p < 0.05$ ). NaOCl 2,50%-5% y EDTA 17% aumentan significativamente la rugosidad ( $p < 0.05$ ).
				5%	Microdureza	
			H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	3%		
			EDTA	17%		
Hu <i>et al.</i> <sup>32</sup>	China	2010	EDTA	17%	Rugosidad	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 3% y NaOCl 5,25% aumentaron significativamente la humectabilidad de las superficies de dentina. NaOCl también aumentó la rugosidad de la dentina.
			NaOCl	5,25%	Humectabilidad	
			H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	3%		

NaOCl: Hipoclorito de Sodio. EDTA: ácido etilendiaminotetraacético. CHX: Clorhexidina. ImSNP: Nanopartículas de plata. MCJ: Jugo de Morinda. EDTAC: ácido etilendiaminotetraacético más cetavión. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: Peróxido de Hidrógeno. ClO<sub>2</sub>: Dióxido de Cloro.

**Tabla 2.** Estudios excluidos con razones.

ESTUDIO	MOTIVO DE EXCLUSIÓN
Zhang et al., 2010.	1, 4.
Epasinghea et al., 2017.	5, 6.
Lima et al., 2018.	1, 2, 6.
Cecchin et al., 2017.	1, 4.
Gu et al., 2017.	1, 4.
Tiwari et al., 2016.	1, 3.
Cecchin et al., 2015.	1, 4.
Tuncer et al., 2015.	1.
Aslantas et al., 2014.	5.
Akcay et al., 2013.	7.
Tartari et al., 2013.	1, 2, 5.
Aranda et al., 2013.	1.
Ulusoy et al., 2013.	1.
Garcia et al., 2013.	1, 5.
Zaparolli et al., 2012.	4, 5.
John et al., 2015.	2.
Akcay et al., 2012.	7.
Gandhi et al., 2016.	1.
Toledano et al., 2014.	4, 6.

1. Estudios que incluyan protocolo de preparación manual o rotatoria de la dentina radicular. 2. Estudios que refieran activación del irrigante. 3. Estudios que reporten uso de medicamentos intraconducto. 4. Dentina coronal. 5. Estudios *in vitro*, cuyo N por grupo fuese < a 10. 6. No responde la pregunta de investigación. 7. Consenso (No reporta valores).



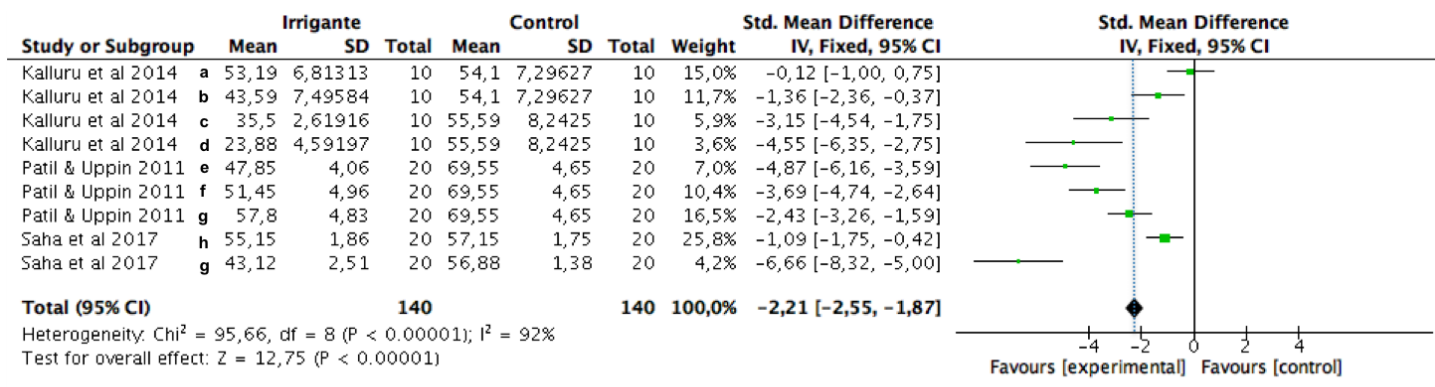
**Figura 2.** Evaluación de calidad y gráfico de riesgo de sesgo.

### **Análisis de datos, Meta-análisis**

Las propiedades microdureza y rugosidad, están representadas por valores de media y desviación estándar, razón que permite iniciar la comparación cuantitativa exclusivamente para estas propiedades. Bajo el análisis de heterogeneidad un valor  $I^2$ :92% para microdureza y del  $I^2$ :81% para rugosidad, nos revela alta heterogeneidad entre los estudios analizados advirtiendo una lectura cuidadosa en la interpretación de los siguientes resultados: el modelo de efectos fijos identificó con un 95% de confianza que tanto el Hipoclorito de Sodio (NaOCl) como el EDTA disminuyen significativamente la microdureza dentinal con valores de: -2,21[-2.55, -1.87]. Siendo el EDTA en promedio la solución que al 17% durante 15 min identificó el menor valor de microdureza dentinal -6,66[-8.32, -5.00]. El NaOCl para dos estudios registra menores alteraciones en la microdureza dentinal, ya que identifica valores similares con las soluciones utilizadas para el control negativo (Figura 3).

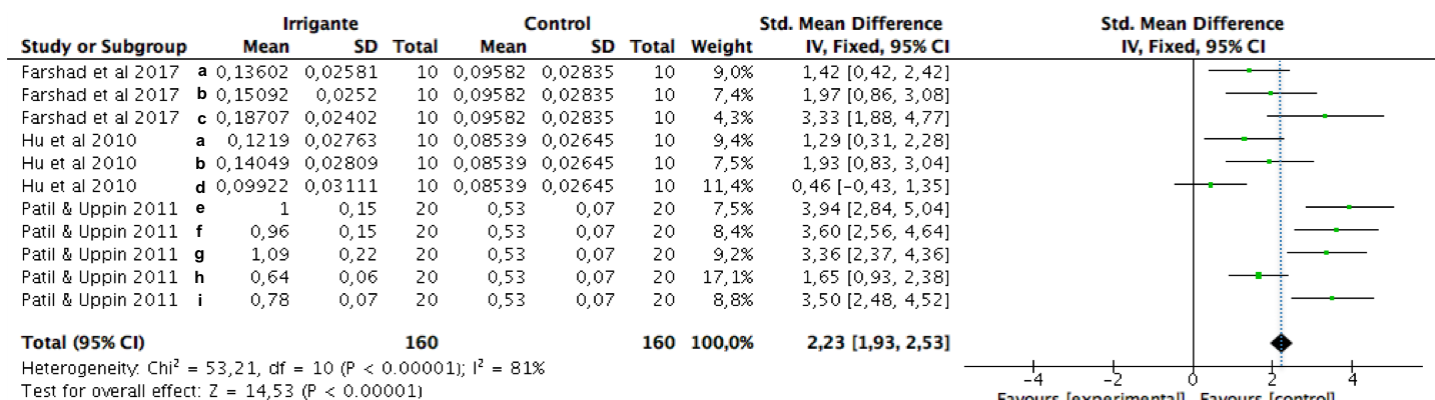
Para el análisis de rugosidad, nuevamente todas las soluciones propuestas en los estudios aumentaron significativamente, la rugosidad del sustrato dentinal 2,23[1.93, 2.53], lo anterior aún a pesar de la heterogeneidad registrada por los estudios  $I^2$ : 81%. La mayor rugosidad, 3,94[2.84, 5.04], la registra el NaOCl al 2.5% por 15 min. Fue importante identificar que los mayores valores de rugosidad promovida por NaOCl o EDTA, son directamente proporcionales al tiempo de uso, 10min o 15min, no así a la concentración. Valores significativos de 1.29-1.97 vs 3.36-3.94 respectivamente, así lo confirman. Contrario, la CHX registró un mayor valor de rugosidad 3.33 [1.88, 4.77], dependiente de su mayor concentración (Figura 4).

Se demostró un mayor sesgo de publicación en los 3 artículos de Microdureza al compararlo con los 3 artículos de Rugosidad, representado esto en el gráfico en embudo para la evaluación del sesgo de publicación (Figura 5).



a. NaOCI 3% x 2 min. b. NaOCI 3% x 5 min. c. EDTA 17% x 2 min. d. EDTA 17% x 5 min. e. NaOCI 2,50% x 15 min. f. NaOCI 5% x 15 min. g. EDTA 17% x 15 min. h. NaOCI 3% x 15 min.

Figura 3. Diagrama de bosque: Microdureza NaOCI-EDTA.



a. NaOCI 5,25% x 10 min. b. EDTA 17% x 10 min. c. CHX 2% x 10 min. d. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3% x 5 min. e. NaOCI 2,50% x 15 min. f. NaOCI 5% x 15 min. g. EDTA 17% x 15 min. h. CHX 0,20% x 15 min. i. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3% x 15 min.

Figura 4. Diagrama de bosque: Rugosidad NaOCI-EDTA-CHX-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

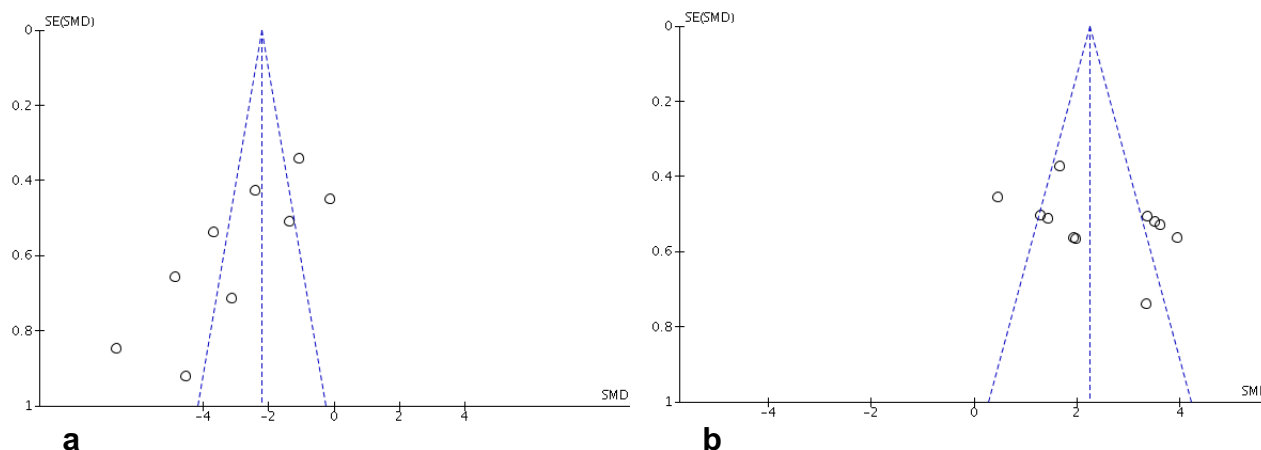


Figura 5. Diagrama en embudo: a. Microdureza NaOCI-EDTA. b. Rugosidad NaOCI-EDTA-CHX-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

## DISCUSIÓN

Esta revisión sistemática analizó cualitativa y cuantitativamente el efecto en las propiedades biomecánicas de la dentina radicular por el uso de diferentes soluciones irrigadoras en endodoncia. La búsqueda incluyó estudios *in vitro* publicados desde el año 2009, siendo la razón más frecuente de exclusión artículos que reportaron protocolo de preparación mecánica manual o rotatoria. Los artículos que cumplieron con los criterios de elegibilidad, analizaron las siguientes propiedades o características estructurales: rigidez, microdureza, rugosidad, fuerza de adhesión, fuerza flexible, módulo de flexión y humectabilidad; siendo la microdureza, la propiedad más estudiada. Se identificó una dificultad para valorar el riesgo de sesgo, dado que no existe un esquema estandarizado para estudios *in vitro*, por lo tanto para el presente estudio se diseñó una herramienta con la que se pudo cuantificar la calidad de los estudios incluidos. A partir de este análisis se observó que el uso de soluciones irrigadoras en endodoncia altera la proporción orgánica e inorgánica así como el porcentaje de agua de la dentina, alterando las propiedades biomecánicas, fenómeno inexorable que acompaña las funciones antibacterianas y quelantes de los protocolos de irrigación analizados.<sup>1</sup> Estas alteraciones son identificadas en los fallos estructurales del tejido y posiblemente explicadas bajo el conocimiento del efecto químico, sobre el sustrato dentinal.

Si se analiza la microdureza Kalluru *et al.*, 2014,<sup>30</sup> la define como la resistencia de un material a la penetración o a ser raspado. Esta propiedad es cuantificable mediante la prueba de Vickers, reconocida como un método de análisis mecánico relativamente simple, práctico y no invasivo.<sup>26-27-31</sup> Teniendo en cuenta que la microdureza depende principalmente del componente inorgánico de la dentina, y que tiene una correlación positiva con el contenido mineral,<sup>26-28</sup> son los quelantes tipo EDTA, EDTAC, ácido maleico, quitosán, MTAD, entre otros, los responsables directos de esta modificación estructural.<sup>26-27-28-30-31</sup> La explicación química al respecto, indica que dada la capacidad de las soluciones quelantes para captar el Calcio presente en la matriz inorgánica de la dentina, la intensidad de la

hidroxiapatita se disminuye. Ozdemir *et al.*, 2012,<sup>33</sup> bajo un análisis de difracción de rayos X, identificaron que el EDTA al 17% utilizado por 1 o 10 min, reduce el contenido de hidroxiapatita, siendo mayor la reducción, cuando se aumenta el tiempo de uso. Los autores argumentan que la aplicación de soluciones quelantes en dientes con dentina adulta, más mineralizada, con mayor porcentaje de dentina peritubular, son los que presentan un aumento considerable del módulo de elasticidad,<sup>27</sup> disminuyendo la microdureza<sup>26-27-28-30-31</sup> y la rigidez dentinal en un 63,53%.<sup>24</sup> El análisis cuantitativo del presente meta-análisis confirma, que el uso de un quelante tipo EDTA al 17%, en contacto con dentina intrarradicular por tiempos de 15 min, reduce significativamente la microdureza dentinal. Lo que representa clínicamente una alerta en relación al tiempo de uso, de soluciones o geles para quelación y al uso de quelantes en pacientes mayores de 60 años, quienes por un proceso fisiológico cuentan con mayor contenido inorgánico dentinal, susceptible a ser quelado, disminuyendo de manera proporcional la capacidad para resistir las fuerzas oclusales de función y masticación.<sup>33-34</sup>

Otro fallo estructural del tejido dentinal tratado, está representado por el módulo de flexión o comportamiento elástico, que incluye la resistencia que el tejido dentinal oponga a la fractura y está determinado por la carga más alta que se pueda soportar.<sup>35</sup> Cullen *et al.*,<sup>29</sup> Grigoratos *et al.*,<sup>11</sup> Sim *et al.*<sup>36</sup> y Marending *et al.*,<sup>37</sup> analizan el cambio negativo que ocurre en el comportamiento elástico de la dentina, con el uso de NaOCl y aún más al aumentar la concentración. El NaOCl, como agente proteolítico de irrigación endodóntica, oxida la matriz colágena, principal responsable de la resistencia a la tracción, a la propagación de cracks, a la fatiga y a la flexión, la cual contribuye adicionalmente, con la capacidad de absorción de energía deformante, fenómeno que se conoce como Tenacidad.<sup>1-5</sup> Al considerar al NaOCl, un anión de bajo peso molecular (7,4.4Da), que presenta alta capacidad de penetración,<sup>38</sup> la degradación oxidativa del colágeno dentinal, tiempo y concentración dependiente, es evidenciada. Un análisis de espectrofotometría infrarroja transformada de Fourier (ATR-FTIR), confirmó la alteración de la matriz

orgánica por efecto del NaOCl, mediante la reducción en la proporción amida I,II,III/Fosfato.<sup>39</sup> Adicionalmente, al cuantificar la energía libre superficial (humectabilidad), que genera el uso de un agente oxidante como el NaOCl a expensas de la superficie hidrofílica que queda posterior a la desnaturalización del colágeno,<sup>32</sup> es posible comprender el alcance del efecto nocivo que representa el uso de esta solución, en las propiedades mecánicas de la dentina.<sup>1</sup>

Con el conocimiento que generan las pruebas moleculares, estudios experimentales proponen diferentes alternativas, que podrían mejorar las condiciones de la dentina previamente tratada, al respecto, Kishen *et al.*, 2016,<sup>40</sup> proponen el uso de Quitosán nanoparticulado (CSnp) + 1-etil-3-(3-dimetilaminopropil)carbodiimida (EDC)/N-hidroxisuccinimida (NHS), como sustancia capaz de reticular dentina degradada en un 50%, 10 horas después del contacto con la fibra colágena. El mecanismo de acción sugerido, es la formación de un complejo clásico insoluble, polianión-policación entre el CSnp y el colágeno tipo I, mejorando así la estabilidad de la molécula de colágeno. Sugiriendo mayor resistencia a la flexión, a la tracción, a la propagación de cracks o la tenacidad,<sup>1-5</sup> sin embargo, su aplicación clínica no ha sido completamente analizada y aún la especialidad de Endodoncia, espera resultados aplicables al respecto. El CS, reconocido quelante y antimicrobiano, reduce la microdureza dentinal, sin embargo, el valor de microdureza generado por el Quitosán al 0,2% 44.65 (3.19) VHN fue mayor comparativamente con el del EDTA 43.12 (2.51) VHN.<sup>27</sup>

Otra modificación física de la superficie de dentina tratada es la rugosidad, definida como el conjunto de irregularidades que caracterizan una superficie.<sup>41</sup> La literatura analizada,<sup>25-26-31-32</sup> identificó que todas las soluciones irrigadoras modifican la rugosidad del tejido dentinal, siendo la combinación NaOCl con soluciones quelantes, aquellas que promueven mayor rugosidad al tejido.<sup>42</sup> Esta propiedad favorece la adhesión de cementos selladores, de biofilm bacteriano o de elementos celulares en regeneración.<sup>25-26-43</sup> Trasladando el presente resultado a eventos

moleculares, los autores coinciden en identificar que la presencia de barrillo dentinal reduce la liberación de proteínas bioactivas entre 50% y hasta un 82%.<sup>44</sup> Por lo tanto la liberación de factor de crecimiento transformante beta 1 (TGF- $\beta$ 1),<sup>44-45-46</sup> factor de crecimiento fibroblástico 2 (FGF2),<sup>44-45</sup> factor de crecimiento endotelial vascular (VEGF)<sup>45</sup> y la proteína morfogénica ósea 2 (BMP-2),<sup>44</sup> entre otros, esta liderada por el uso quelantes de uso comercial o experimentales y se reduce con el acondicionamiento previo de NaOCl.<sup>45</sup> Es importante identificar que: a mayor tiempo de uso del quelante, mayor liberación, sin embargo, se aclara que la propiedad de liberación tiempo dependiente, es proporcional a la capacidad de erosionar la dentina<sup>28</sup> y de reducir la microdureza dentinal.<sup>26-27-28-30-31</sup> Adicionalmente, la liberación de proteínas promovida por los quelantes, interviene en migración, proliferación, adherencia y viabilidad celular, autores como Yeung *et al.* 2005, afirman que la rigidez del sustrato, puede afectar la morfología y adherencia celular en regeneración,<sup>47</sup> lo que confirma una vez más, que las propiedades moleculares están íntimamente relacionadas con las modificaciones físicas de la dentina.

Con el presente análisis de la literatura disponible, en referencia al efecto de soluciones irrigadoras en dentina radicular es posible comprender que a pesar de la heterogeneidad de la literatura registrada y de la dificultad para analizar la calidad de las publicaciones, el acondicionamiento químico generado por las soluciones irrigadoras, es fundamental tanto para la integridad del diente tratado, como para procesos restaurativos y regenerativos en endodoncia. Integrar el conocimiento generado por los estudios que identifican los cambios físico-químicos, podría explicar los eventos moleculares que se suceden con el uso de los irrigantes en Endodoncia. Partiendo de lo anterior, es fundamental continuar con la investigación en irrigación, en protocolos alternativos y en los efectos generados en la dentina tratada.



## CONCLUSIONES

Para responder a la pregunta de investigación planteada bajo la evidencia analizada, se pudo identificar: que la microdureza y rigidez dentinal disminuyen significativamente con el uso de agentes quelantes, este efecto se considera dependiente de la concentración y el tiempo de exposición del irrigante sobre la dentina, así como aumentan la rugosidad y humectabilidad del tejido dentinal. Por su parte, el uso de agentes proteolíticos, disminuye el módulo de elasticidad y resistencia a la flexión de la dentina, así como aumentan la fuerza de adhesión de la misma. Dichas características dependen de la integridad de los componentes orgánicos e inorgánicos de la dentina, lo cuales se modifican con el uso de irrigantes.

## RECOMENDACIONES

Es necesario realizar estudios para analizar propiedades diferentes a la microdureza, así como estudios que reflejen los protocolos empleados en clínica ya que los artículos incluidos empleaban el irrigante solo y con un tiempo de uso prolongado.

Por último es difícil realizar una Revisión Sistemática *in vitro* dado que no hay herramientas para la evaluación de la evidencia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gu L-S, Huang X-Q, Griffin B, Bergeron BR, Pashley DH, Niu L-N, et al. Primum non nocere - the effects of sodium hypochlorite on dentin as used in endodontics. *Acta Biomater.* 2017; S1742-7061(17)30498-1.
2. Tjäderhane L, Carrilho MR, Breschi L, Tay FR, Pashley DH. Dentin basic structure and composition-an overview. *Endod Topics.* 2012; 20:3–29.
3. Zaslansky P. Dentin, in: Fratzl P. (Ed.), *Collagen: Structure and Mechanics*, Springer. 2008; pp. 421-446.

4. Carrilho MR, Tay FR, Donnelly AM, Agee KA, Tjathane L, Mazzoni A, et al. Host-Derived Loss of Dentin Matrix Stiffness Associated With Solubilization of Collagen. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2008; 10.1002/jbm.b.31295.
5. Kishen A. Mechanisms and risk factors for fracture predilection in endodontically treated teeth. *Endod Topics.* 2006, 13, 57–83.
6. Hülsmann M. Effects of mechanical instrumentation and chemical irrigation on the root canal dentin and surrounding tissues. *Endod Topics.* 2013; 29:55–86.
7. García Guerrero C, Parra Junco C, Quijano Guauque S, Molano N, Pineda GA, Marín Zuluaga DJ. Vertical root fractures in endodontically-treated teeth: A retrospective analysis of possible risk factors. *J Invest Clin Dent.* 2018; 9:e12273.
8. Currey JD, Brear K, Zioupos P. Dependence of mechanical properties on fibre angle in narwhal tusk, a highly oriented biological composite. *J Biomech.* 1994; 27:885–97.
9. Garcia A.J., Kuga M.C., Palma-Dibb R.G., Só M.V., Matsumoto M.A., Faria G., et al. Effect of sodium hypochlorite under several formulations on root canal dentin microhardness. *J Investig Clin Dent.* 2013; 4:229-232.
10. Cecchin D, Farina AP, Souza MA, Albarello LL, Schneider AP, Pimenta Vidal CM, et al. Evaluation of antimicrobial effectiveness and dentine mechanical properties after use of chemical and natural auxiliary irrigants. *J Dent.* 2015; 43:695 – 702.
11. Grigoratos D, Knowles J, Ng YL, Gulabivala K. Effect of exposing dentine to sodium hypochlorite and calcium hydroxide on its flexural strength and elastic modulus. *Int Endod J.* 2001; 34:113-119.
12. Scaffa PM, Vidal CMP, Barros N, Gesteira TF, Carmona AK, Breschi L, et al. Chlorhexidine inhibits the activity of dental cysteine cathepsins. *Den Res J.* 2012; 91:420-5.

13. Hülsmann M, Heckendorff M, Lennon A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. Review. *Int Endod J*. 2003; 36:810-830.
14. Furiga A, Roques C, Badet C. Preventive effects of an original combination of grape seed polyphenols with amine fluoride on dental biofilm formation and oxidative damage by oral bacteria. *J Appl Microbiol*. 2014; 116:761–71.
15. Al-Habib A, Al-Saleh E, Safer AM, Afzal M. Bactericidal effect of grape seed extract on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). *J Toxicol Sci*. 2010; 35:357–64.
16. Aguiar TR, Vidal CMP, Phansalkar RS, Todorova I, Napolitano JG, McAlpine JB, et al. Dentin biomodification potential depends on polyphenol source. *Den Res J*. 2014; 93:417–22.
17. Vidal CMP, Aguiar TR, Phansalkar R, McAlpine JB, Napolitano JG, Chen S-N, et al. Galloyl moieties enhance the dentin biomodification potential of plant-derived catechins. *Acta Biomater*. 2014; 10:3288–94.
18. Del Carpio-Perochena A, Monteiro Bramante C, Hungaro Duarte MA, de Moura MR, Aouada FA, Kishen A. Chelating and antibacterial properties of chitosan nanoparticles on dentin. *Restor Dent Endod*. 2015; 2234-7658.
19. Higgins JPT, Green S (editors). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* Version 5.1.0 [updated March 2011]. The Cochrane Collaboration, 2011. Available from [www.cochrane-handbook.org](http://www.cochrane-handbook.org).
20. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, The PRISMA Group. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med*. 2009; 6(6): e1000097. doi: 10.1371/journal.pmed1000097.
21. Shea BJ, Grimshaw JM, Wells GA, Boers M, Andersson N, Hamel C, et al. Development of AMSTAR: a measurement tool to assess the methodological quality of systematic reviews. *BMC Med Res Methodol*. 2007 Feb 15; 7:10. PMID: 17302989.

22. Krithikadatta J, Gopikrishna V, Datta M. CRIS Guidelines (Checklist for Reporting In-vitro Studies): A concept note on the need for standardized guidelines for improving quality and transparency in reporting in-vitro studies in experimental dental research. *J Conserv Dent.* 2014 Jul;17(4):301-4.
23. Review Manager (RevMan) [Computer program]. Version 5.3. Copenhagen: The Nordic Cochrane Centre, The Cochrane Collaboration, 2014.
24. Barón M, Llena C, Forner L, Palomares M, González-García C, Salmerón-Sánchez M. Nanostructural changes in dentine caused by endodontic irrigants. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2013 Jul 1;18(4):e733-6.
25. Farshad M, Abbaszadegan A, Ghahramani Y, Jamshidzadeh A. Effect of Imidazolium-Based Silver Nanoparticles on Root Dentin Roughness in Comparison with Three Common Root Canal Irrigants. *Iran Endod J.* 2017;12(1):83-86.
26. Ballal NV, Mala K, Bhat KS. Evaluation of the Effect of Maleic Acid and Ethylenediaminetetraacetic Acid on the Microhardness and Surface Roughness of Human Root Canal Dentin. *J Endod.* 2010; Volume 36, Issue 8, Pages 1385-1388.
27. Saha SG, Sharma V, Bharadwaj A, Shrivastava P, Saha MK, Dubey S, et. al. Effectiveness of Various Endodontic Irrigants on the Micro-Hardness of the Root Canal Dentin: An in vitro Study. *J Clin Diagn Res.* 2017 Apr;11(4):ZC01-ZC04.
28. Ballal NV, Khandewal D, Karthikeyan S, Somayaji K, Foschi F. Evaluation of Chlorine Dioxide Irrigation Solution on the Microhardness and Surface Roughness of Root Canal Dentin. *Eur J Prosthodont Restor Dent.* 2015 Dec; 23(4):173-8.
29. Cullen JK, Wealleans JA, Kirkpatrick TC, Yaccino JM. The effect of 8.25% sodium hypochlorite on dental pulp dissolution and dentin flexural strength and modulus. *J Endod.* 2015 Jun; 41(6):920-4.
30. Kalluru RS, Kumar ND, Ahmed S, Sathish ES, Jayaprakash T, Garlapati R, et. al. Comparative Evaluation of the Effect of EDTA, EDTAC, NaOCl and

- MTAD on Microhardness of Human Dentin - An In-vitro Study. *J Clin Diagn Res.* 2014 Apr; 8(4):ZC39-41.
31. Patil CR, Uppin V. Effect of endodontic irrigating solutions on the microhardness and roughness of root canal dentin: an in vitro study. *Indian J Dent Res.* 2011 Jan-Feb; 22(1):22-7.
  32. Hu X, Ling J, Gao Y. Effects of irrigation solutions on dentin wettability and roughness. *J Endod.* 2010 Jun; 36(6):1064-7.
  33. Ozdemir HO, Buzoglu HD, Çalt S, Çehreli ZC, Varol E, Temel A. Chemical and Ultramorphologic Effects of Ethylenediaminetetraacetic Acid and Sodium Hypochlorite in Young and Old Root Canal Dentin. *J Endod.* 2012; 38(2), 204–208.
  34. Zhang YR, Du W, Zhou XD, Yu HY. Review of research on the mechanical properties of the human tooth. *Int J Oral Sci.* 2014; 6(2):61–69.
  35. Plotino G, Grande NM, Bedini R, Pameijer CH, Somma F. Flexural properties of endodontic posts and human root dentin. *Dental materials.* 2007; 23 (9) 1129–1135.
  36. Sim TPC, Knowles JC, Ng Y-L, Shelton J, Gulabivala K. Effect of sodium hypochlorite on mechanical properties of dentine and tooth surface strain. *Int Endod J.* 2001; 34:120–32.
  37. Marending M, Luder HU, Brunner TJ, Knecht S, Stark WJ, Zehnder M. Effect of sodium hypochlorite on human root dentine—mechanical, chemical and structural evaluation. *Int Endod J.* 2007; 40:786–93.
  38. Tartari T, Bachmann L, Maliza AG, Andrade FB, Duarte MA, Bramante CM. Tissue dissolution and modifications in dentin composition by different sodium hypochlorite concentrations. *J Appl Oral Sci.* 2016 May-Jun; 24(3):291-8.
  39. Hu X, Peng Y, Sum C, Ling J. Effects of Concentrations and Exposure Times of Sodium Hypochlorite on Dentin Deproteinization: Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy Study. *J Endod.* 2010; 36(12), 2008–2011.
  40. Kishen A, Shrestha S, Shrestha A, Cheng C, Goh C. Characterizing the

- collagen stabilizing effect of crosslinked chitosan nanoparticles against collagenase degradation. *Dental Materials*. 2016; 32(8), 968–977.
- 41.** Ersahan S, Alakus Sabuncuoglu F. Effect of surface treatment on enamel surface roughness. *J Istanb Univ Fac Dent*. 2016 Jan 12; 50(1):1-8.
- 42.** Tartari T, Duarte Junior AP, Silva Junior JO, Klautau EB, Silva E Souza Junior MH, Silva E Souza Junior P de A. Etidronate from Medicine to Endodontics: effects of different irrigation regimes on root dentin roughness. *J. Appl Oral Sci*. 2013; 21: 409-415
- 43.** Huang X, Zhang J, Huang C, Wang Y, Pei D. Effect of intracanal dentine wettability on human dental pulp cell attachment. *Int Endod J*. 2011; 45(4), 346–353.
- 44.** Ranc V, Žižka R, Chaloupková Z, Ševčík J, Zbořil R. Imaging of growth factors on a human tooth root canal by surface-enhanced Raman spectroscopy. *Anal Bioanal Chem*. 2018.
- 45.** Galler KM, Buchalla W, Hiller K-A, Federlin M, Eidt A, Schiefersteiner M, Schmalz G. Influence of Root Canal Disinfectants on Growth Factor Release from Dentin. *J Endod*. 2015; 41(3), 363–368.
- 46.** Sungur DD, Aksel H, Ozturk S, Yılmaz Z, Ulubayram K. Effect of dentine conditioning with phytic acid or etidronic acid on growth factor release, dental pulp stem cell migration and viability. *Int Endod J*. 2018.
- 47.** Yeung T, Georges PC, Flanagan LA, Marg B, Ortiz M, Funaki M. Effects of substrate stiffness on cell morphology, cytoskeletal structure, and adhesion. *Cell Motil Cytoskeleton*. 2005; 60:24-34.