



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**Efecto De Diferentes Concentraciones De Hipoclorito De Sodio Como Irrigante
Endodóntico Sobre Propiedades Físicas De La Dentina. Una Revisión De La
Literatura**

Diana Carolina Guevara Lizarazo

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Odontología, Especialidad en Endodoncia
Bogotá, Colombia
2014

**Efecto De Diferentes Concentraciones De Hipoclorito De Sodio Como Irrigante
Endodóntico Sobre Propiedades Físicas De La Dentina. Una Revisión De La
Literatura**

Diana Carolina Guevara Lizarazo

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título
de:
Especialista en Endodoncia

Director (a):
José Manuel González Carreño Mg.
Codirector (a):
Claudia Carmiña García Mg.

Línea de Investigación:
Grupo de Investigación:
Gerodontología

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Odontología, Especialidad en Endodoncia
Bogotá, Colombia
2014

A mi familia que amo con toda mi alma, a mis compañeros de posgrado hermanos de vida, a mi bebe, mi sobrino Sebastián Guevara Ojeda que fue mi motor, mi motivación y mi mejor amigo, a mi mamá mi compañera mi mejor amiga, a mi papá por ser el mejor hombre del mundo.

Resumen

El principal objetivo del tratamiento endodóntico convencional es tratar las patologías pulpares, promoviendo la reparación apical y así mantener el diente afectado en función, libre de signos y síntomas clínicos y radiográficos. Para lograrlo es necesario eliminar el material antigénico (restos de tejido necrótico y/o microorganismos y sus productos metabólicos) presentes en el sistema de conductos radiculares. Este procedimiento involucra instrumental y sustancias químicas denominadas irrigantes encargadas de eliminar o controlar los microorganismos y sus productos. Diferentes publicaciones han reportado los cambios en la estructura y propiedades físicas que se dan en la dentina como resultado del procedimiento. Se ha descrito, la pérdida de humedad, disminución en el módulo de elasticidad, dureza y el debilitamiento de las paredes dentinales, como posibles causas de fracturas verticales, después de haberse rehabilitado el diente con o sin retenedores intrarradicales. Diferentes autores han evaluado el efecto del hipoclorito por ser el agente de irrigación más usado en endodoncia, sobre las propiedades químicas y mecánicas de la dentina; evaluar las propiedades químicas de este tejido es relativamente sencillo, sin embargo la evaluación de las propiedades mecánicas no es tan simple, se requiere de la evaluación de modelos *in vitro* que en muchas condiciones no reproduce lo que realmente sucede con la dentina *in vivo*. Gulavibala y colaboradores estudiaron las propiedades del hipoclorito de sodio como irrigante endodóntico y el efecto que el mismo tiene sobre las propiedades mecánicas de la dentina. Se encontró que variaciones en las condiciones de la solución irrigante, como temperatura, concentración, tiempo de exposición sobre el tejido dentinal o el uso de equipo de activación ultrasónica, pueden modificar el módulo elástico dentinal, la dureza y la microestructura de la matriz orgánica dentinal. Sin embargo, al existir inconvenientes en el diseño metodológico de los estudios no se pueden dar conclusiones concretas sobre si la hipótesis de que el hipoclorito de sodio (NaOCl) afecta o no este tipo de propiedad.

La presente revisión concluye que el NaOCl al alterar la composición orgánica de la dentina afecta la mayoría de las propiedades físicas de la dentina, sin embargo, se deben realizar estudios más estandarizados teniendo en cuenta las variables como el grado de compromiso de la estructura dental, variedad en el tipo de especímenes (tipo de diente), número de especímenes sometidos a las pruebas (superior a 12), la rigurosidad en el diseño metodológico de la simulación determinara la exactitud de los resultados esperados.

Palabras clave: Hipoclorito de sodio, dentina, endodoncia, erosión dentinal,

Abstract

The main objective of the conventional endodontic treatment is to attempt the pulp pathologies, promoting repair and maintain apical tooth function affected, free of clinical signs and symptoms and radiological. To achieve this you need to remove the antigenic material (remnants of necrotic tissue and / or microorganisms and their metabolic products) present in the root canal system. This procedure involves instrumentation and chemicals called irrigating responsible for eliminating or controlling microorganisms and their products. Publications have reported different changes in the structure and physical properties that occur in the dentin as a result of the procedure. Described, moisture loss, decrease in modulus, hardness and the weakening of the dentinal walls as possible causes of vertical fractures, after the teeth have been restored with or without Intrarradicular retainers. Several authors have evaluated the effect of hypochlorite as the agent most used in endodontic irrigation on the chemical and mechanical properties of dentin; assess the chemical properties of this tissue is relatively simple, however the evaluation of mechanical properties is not that simple, it requires the evaluation of in vitro models in many conditions not reproduce what actually true in vivo dentin. Gulavibala and colleagues studied the properties of sodium hypochlorite endodontic irrigant and the effect it has on the mechanical properties of dentin. It was found that variations in the conditions of the irrigating solution such as temperature, concentration, exposure time on the dentinal tissue or using equipment ultrasonic activation, may modify the dentin elastic modulus, hardness and microstructure of the organic matrix of dentin. However, drawbacks exist in the methodological design of studies cannot provide specific conclusions about whether the hypothesis that or sodium hypochlorite (NaOCl) affects not this type of property.

Based on this review it is concluded that the NaOCl to modify the organic composition of the dentin affects most physical properties of the dentin, however, must be made more standardized studies taking into account such variables as the degree of engagement of the structure dental, variety in the type of specimen (tooth type), number of specimens tested not (greater than 12), the methodological rigor in the design of the simulation determines the accuracy of the expected results.

Keyword: Sodium hypochlorite, dentin, endodontic irrigants, dentin erosion

Contenido.

	Pág.
Resumen.....	VII
Lista de figuras	X
Lista de tablas.....	XI
1. Introducción.....	3
2. Justificación	3
3. Pregunta de investigacion	4
4. Objetivos	4
4.1 Objetivos Generales	4
4.1.1 Objetivos específicos	4
5. Materiales y métodos	5
5.1 Tipo de Estudio	5
5.2 Búsqueda bibliográfica	6
5.3 Criterios de Inclusión y Exclusión	6
6. Marco Teorico	8
6.1 Dentina	8
6.2 Propiedades físicas de la dentina	10
6.2.1 Susceptibilidad a la fractura de los dientes tratados endodónticamente	13
6.3 Efectos de las soluciones irrigantes en la dentina	15
6.3.1 Clorhexidina	18
6.3.2 EDTA	19
6.3.3 Hipoclorito de sodio (NaOCl)	21
6.3.3.1 Efecto de Hipoclorito de Sodio sobre la dentina	24
6.3.4 Interacciones entre el hipoclorito de sodio, clorhexidina y el EDTA	27
6.4 Alteraciones de las propiedades químicas de la dentina con el uso de hipoclorito de sodio como irrigante endodóntico	29
6.5 Alteraciones de las propiedades físicas de la dentina con el uso de hipoclorito de sodio como irrigante endodóntico	29
6.5.1 Resistencia a la Flexión	30
6.5.2 Modulo elástico	31
6.5.3 Microdureza/Dureza	32

6.5.4 Tensión superficial	33
6.6 Modificaciones de la concentración, tiempo y temperatura del NaOCl usado como irrigante endodóntico y sus implicaciones en las propiedades físicas de la dentina	34
6.6.1 Tiempo	34
6.6.2 Concentración	36
6.6.3 Temperatura	36
7. Conclusiones.....	38
8. Bibliografía.....	42

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1: Diagrama de flujo muestra estrategia de búsqueda, artículos incluidos y excluidos	6
Figura 2: Dentina del conducto radicular sin preparar (3).	8
Figura 3: Paredes dentinales de conducto posterior a instrumentación (3).	9
Figura 4: Modelo de bio compuesto dentinal (12).	10
Figura 5: Diagrama esquemático que muestran los diferentes mecanismos de resistencia a la fractura que se dan en la dentina (12)	15
Figura 6: Erosión dentinal por uso de EDTA+NaOCl (3).	28
Figura 7: Dentina después de irrigación EDTA+NaOCl (3).	28

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Criterios de inclusión	7
Tabla 2. Criterios de Exclusión	7
Tabla 3. Composición y estructura de la dentina (7)	12
Tabla 4. Características ideales de un irrigante endodóntico (1)	16
Tabla 5. Clasificación de las soluciones de irrigación utilizadas comúnmente (1)	17
Tabla 6. Clasificación de los tipos de productos químicos utilizados para irrigación (9)	18

1. Introducción

El propósito del tratamiento endodóntico es retirar el material antigénico del sistema de conductos radiculares y lograr un sello hermético a nivel apical, promoviendo la cicatrización de los tejidos periapicales. De este modo se preserva el tejido dentinal remanente para permitir una correcta rehabilitación ya sea con retenedores intrarradiculares o reconstrucción de la corona dental, con el fin de devolver la al diente afectado (1, 2).

Restos de tejido necrótico en los conductos radiculares son el perfecto refugio y funcionan como una fuente de nutrición para las bacterias. El completo desbridamiento del conducto radicular todavía no se ha alcanzado, estudios con técnicas de tomografía computarizada han demostrado que existen áreas a lo largo del conducto radicular donde la instrumentación mecánica no es efectiva, por lo cual la preparación con agentes químicos es necesaria para neutralizar los irritantes presentes en estas zonas como material orgánico y biofilms bacterianos, las paredes de la dentina pueden ser albergas tanto a estas bacterias como a sus productos metabólicos (3-6).

El incremento de las fracturas verticales en los dientes tratados endodónticamente representa una preocupación para los odontólogos, y ha motivado la publicación de diversos estudios explicando los motivos de la pérdida de los dientes por variaciones en las propiedades físicas de la dentina, posterior a la preparación biomecánica y obturación endodóntica.

El hipoclorito de sodio es el irrigante de elección por su capacidad de disolver materia orgánica y poseer propiedades bactericidas, en concentraciones adecuadas. Es una solución de irrigación efectiva en la preparación química del conducto radicular, esencial para el proceso de esterilización, conformación y neutralización del contenido antigénico, previo a la obturación definitiva. El hipoclorito de sodio es una base fuerte ($\text{pH} > 11$), en concentración de 1%, NaOCl presenta una tensión superficial igual a 75 dinas/cm, viscosidad igual a 0,986 cP, 65,5 mS de conductividad, 1.04 g/cm³ de densidad y capacidad de humectación igual a 1 h y 27 minutos (1, 2). Para mejorar la eficiencia durante la irrigación del conducto radicular se ha modificado las propiedades de esta sustancia aumentando su concentración, temperatura y el tiempo de exposición sobre la matriz dentinal. El alto pH del NaOCl interfiere en la integridad de la membrana citoplasmática causando degradación de los fosfolípidos por peroxidación lipídica y promueve una inhibición enzimática irreversible, alterando el metabolismo biosintético en el metabolismo celular (1, 2, 7).

En la literatura internacional actual se ha iniciado la investigación sobre los diferentes efectos del hipoclorito que al ser el de uso más frecuente se requiere comprobar si puede o no afectar las propiedades físicas de la dentina.

En esta revisión bibliográfica se encontró que las propiedades químicas de la dentina se ven afectadas por cualquier tipo de irrigante incluido el hipoclorito, con respecto a las propiedades físicas se informó que las principales propiedades afectadas son la microdureza y el módulo de elasticidad, adicionalmente se encontró que la principal modificación que afecta las propiedades físicas es la concentración, a mayor concentración mayor el efecto encontrado en la dentina, además se encontró que el tiempo de exposición sumado al aumento de la concentración son las causas principales que afectan el tejido.

2. Justificación.

El principal objetivo del tratamiento endodóntico convencional es tratar las patologías pulpares, promoviendo la reparación apical y así mantener el diente afectado en función, libre de signos, síntomas clínicos y evidencia radiográfica de patología periapical. Para lograrlo es necesario eliminar el material antigénico (restos de tejido necrótico y/o microorganismos y sus productos metabólicos) presentes en el sistema de conductos radiculares. Este procedimiento denominado preparación biomecánica, involucra instrumental usado para conformar las paredes dentinales, tanto rotatorio como manual y sustancias químicas o irrigantes encargadas de eliminar o controlar los microorganismos y sus productos (1).

Se ha reportado como causa de la alteración en las propiedades físicas/mecánicas químicas y micro estructurales del tejido dentinal, procedimientos mecánicos y químicos, como la preparación biomecánica extensa con instrumental rotatorio, y el uso de sustancias quelantes y soluciones irrigadoras.

Los agentes antimicrobianos a menudo se han desarrollado y optimizado para su actividad contra las poblaciones en rápido crecimiento. Sin embargo, las comunidades microbianas que crecen en biofilms son notablemente más difíciles de erradicar con agentes antimicrobianos que los microorganismos en biofilms maduros que pueden ser extremadamente resistentes por razones que aún no han sido plenamente explicadas (4).

El hipoclorito de sodio (NaOCl) al ser irrigante de mayor uso en endodoncia no se escapa del interrogante de si realmente este tipo de sustancias pueden llegar a alterar de tal manera la dentina, que se den fallas catastróficas como la fractura de los dientes posterior al tratamiento el objetivo de la revisión es por lo tanto, revisar y organizar los datos encontrados en la literatura hasta el momento para definir más claramente si la manipulación de las propiedades de esta sustancia, puede o no afectar las propiedades físico/mecánicas de la dentina, esto es importante en la toma de decisiones clínicas para mejorar el pronóstico de los dientes tratados endodónticamente, disminuyendo, de esta manera el riesgo de fracturas verticales.

3. Pregunta de investigación.

¿Cuál es el efecto de diferentes concentraciones de hipoclorito de sodio como irrigante endodóntico sobre propiedades físicas de la dentina reportadas en la literatura internacional?

4. Objetivos

4.1 Objetivo General

Determinar el efecto de diferentes concentraciones de hipoclorito de sodio como irrigante endodóntico sobre propiedades físicas de la dentina reportadas en la literatura internacional

4.1.1 Objetivos específicos

- Describir si la exposición de la dentina al hipoclorito como irrigante altera las propiedades físicas como resistencia a la flexión, modulo elástico, microdureza, tensión superficial, basado en reportes de literatura internacional
- Describir si el tiempo de irrigación con hipoclorito de sodio altera las propiedades físicas de la dentina , basados en reporte de la literatura internacional
- Describir si el aumento en la concentración de hipoclorito como irrigante altera las propiedades físicas de la dentina, basado en reporte de la literatura internacional
- Describir si el aumento en la temperatura del hipoclorito usado como irrigante altera las propiedades físicas de la dentina, basado en reporte de la literatura internacional.

5. Materiales y métodos.

5.1 Tipo de estudio:

Revisión narrativa de la literatura

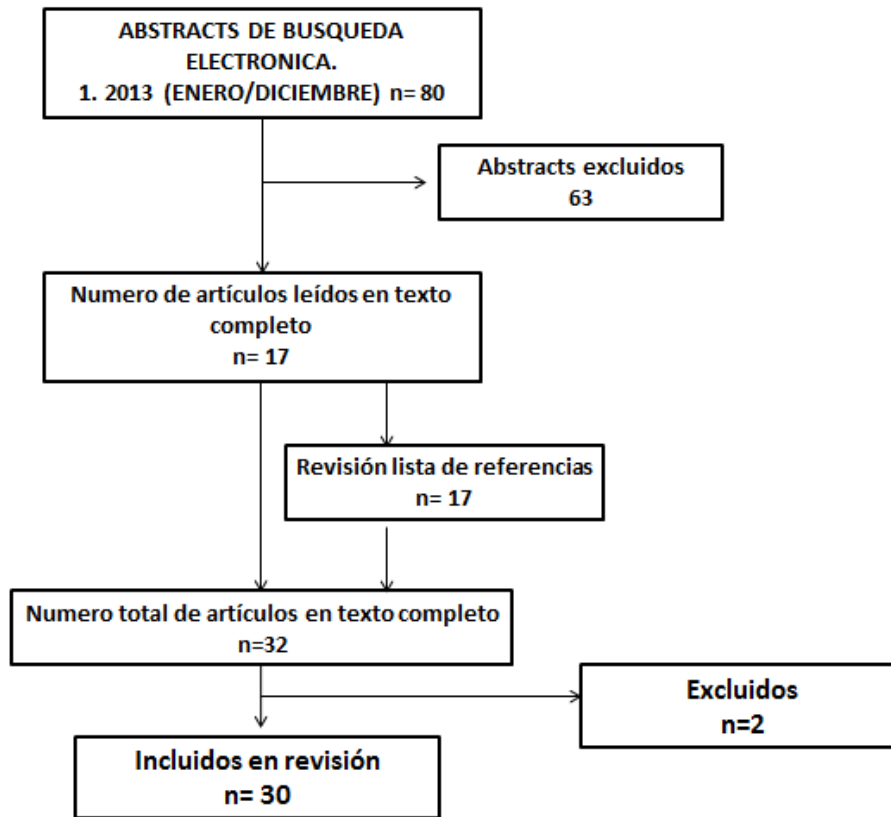
5.2 Búsqueda bibliográfica.

La búsqueda electrónica de literatura incluye la base de datos PubMed, EmBase, y las revistas electrónicas inscritas en la base de datos de la Universidad Nacional de Colombia de la sede Bogotá, hasta julio de 2014 (Journal of endodontics, International Dental Journal, International Endodontic Journal, Endodontic Topics, ente otras). Desde enero del año 1990 a julio de 2014. No se realizó filtro en el idioma.

Los términos MeSH utilizados fueron: “Sodium Hypochlorite”, “Dentin”, “Dentine”, “Endodontic irrigants”, “Dentin erosion”, “Dentin microhardness”, “mechanical analysis” “compressive strenght”.

La búsqueda se limitó a los ensayos clínicos y estudios in vitro. Fueron excluidos informes, resúmenes, cartas, comunicaciones cortas y revisiones. Se imprimieron los documentos identificados en las bases de datos, se imprimieron como resúmenes o artículos de texto completo, si el resumen no se encontraba. Dos autores revisaron independientemente los estudios pertinentes y los que se consideraron de interés fueron ordenados y archivados en la versión de texto completo. Durante el proceso de evaluación se realizaron búsqueda manuales en la lista de referencias en las versiones de texto completo. En la Figura 1. se muestran más detalladamente la estrategia de búsqueda.

Figura 1. Diagrama de flujo muestra estrategia de búsqueda, artículos incluidos y excluidos



5.3 Los criterios de inclusión y exclusión.

Se realizó una introducción que incluyó estudios sobre las generalidades de la dentina, irrigantes e hipoclorito y las implicaciones del irrigante sobre las propiedades químicas de la dentina para contextualizar la revisión. La comprensión de las propiedades físicas de los dientes y los tejidos de los que se forman es importante para comprender el comportamiento mecánico de los dientes en condiciones clínicas, y para proveer información adicional para guiar las decisiones clínicas (12).

Después de la revisión general, se sometieron los artículos encontrados en la literatura a los criterios de inclusión y exclusión mencionados en la Tabla 1. y Tabla 2.

Tabla 1 Criterios de inclusión	
Población/muestra	Modelos de dentina in vivo e in vitro en humanos
Publicaciones	Artículos de revistas indexadas
	Libros de texto
	Año de publicación de 1990 a Diciembre de 2013
	Artículos que reporten resultados basados en evidencia
	Estudios que reporten estudios histológicos, mecánicos.
Agente irrigante	Estudios que involucren uso exclusivo de hipoclorito sin adiciones ni combinados con otros irrigantes
	Estudios que utilicen diferentes concentraciones de hipoclorito de sodio como irrigante endodóntico
	Estudios que describan el uso de diferentes volúmenes de hipoclorito utilizado como irrigante endodóntico
	Estudios que describan el efecto del uso de ultrasonidos y aumento de temperatura para la activación del hipoclorito
Tejido (dentina)	Estudios que describan efectos del hipoclorito como irrigante endodóntico en las propiedades mecánicas, físicas y químicas de la dentina humana

Tabla 2 Criterios de exclusión	
Población/muestra	Modelos de dentina en animales
Publicaciones	Publicaciones anteriores a 1990
	Estudios que no informen conclusiones basadas en los resultados encontrados
Agente irrigante	Estudios que involucren combinación de hipoclorito de sodio con otro tipo de irrigantes

6. MARCO TEÓRICO

6.1 Dentina

La dentina es un tejido conjuntivo mineralizado de origen ectomesenquimal que constituye la mayor parte del diente, recubierto por el esmalte en la porción coronal y por el cemento en la porción radicular. Está compuesta por un 20% de materia orgánica, 70% de minerales y 10% de agua (8, 9). El principal componente de la matriz orgánica es el colágeno tipo I y colágeno tipo III, 10% consiste en proteoglicanos y otras proteínas no colágenas como las sialoproteínas dentinales y fosforinas y menos del 2% son lípidos. La matriz orgánica dentinal es aposicionada por células diferenciadas especializadas llamadas odontoblastos, que conforman el complejo pulpo dentinal, estructurando la arquitectura del tejido en canaliculos dentinales, dentina peritubular y dentinal intertubular. La aposición de la matriz dentinal se da durante toda la vida funcional del diente como mecanismo compensatorio y defensivo ante los agresores externos como la caries o la atrición (10). La fase mineral está constituida en un 90% hidroxapatita carbonatada y el 10% restante fosfatos, y otros minerales. El componente mineral ocupa dos sitios dentro de esta estructura de colágeno: intrafibrilar (dentro de las zonas Gap espaciadas periódicamente en la fibrilla de colágeno) y extrafibrilar (en los intersticios entre las fibrillas). La división entre estos dos sitios es incierta, aunque se cree que entre el 70 y el 75% del mineral puede ser extrafibrilar. Los cristales minerales son en forma de aguja cerca de la pulpa; la forma progresa continuamente a la placa con la proximidad al esmalte. El espesor de los cristales, 5 nm, varía con la ubicación.(11, 12)

Figura 2. Dentina del conducto radicular sin preparar (3).

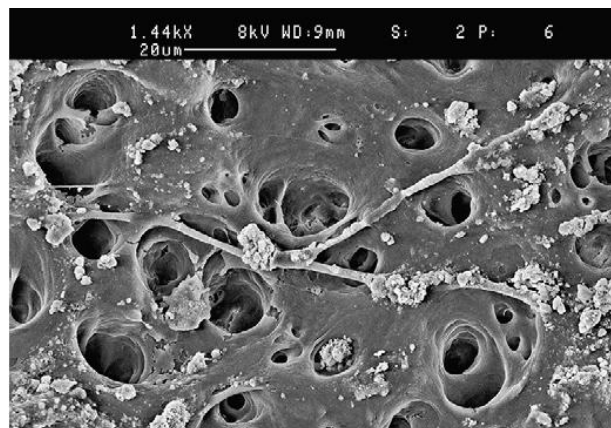
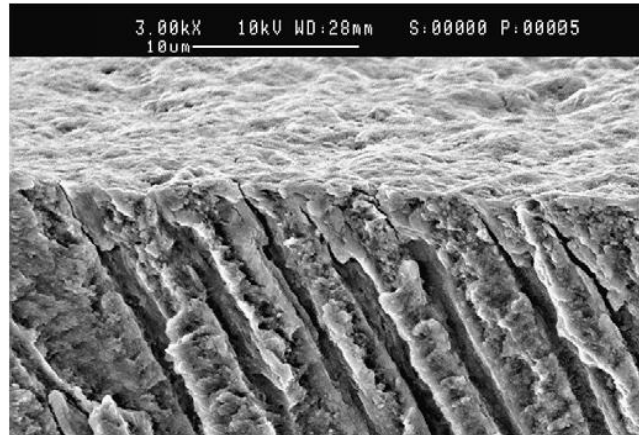


Figura 3. Paredes dentinales de conducto radicular posterior a instrumentación (3).



La principal diferencia de la matriz extracelular de los tejidos conjuntivos blandos y la dentina es el alto grado de entrecruzamiento del colágeno y la aparente ausencia de colágeno tipo III, este tipo de colágeno es escaso en la dentina (10).

El colágeno tipo I le confiere las propiedades mecánicas a la dentina como la elasticidad y resistencia a la flexión y compresión, es el principal componente de la matriz dentinal. Esta glucoproteína de tipo fibrilar es la más abundante en el cuerpo humano y es un polímero fibroso tridimensional que existe en un entorno biológico acuoso, a él se asocian los proteoglicanos que contienen una gran cantidad de agua unida de la cual se hablara más adelante. Las fibras colágenas están conformadas por fibrillas de aproximadamente 50 a 100 nm de diámetro aleatoriamente en un plano perpendicular a la dirección de la formación de dentina (10, 11).

Se han encontrado otros tipos de colágeno, en menor proporción y relacionados con capas de dentina más profunda secretados por los odontoblastos, como el tipo V presente durante el desarrollo ausente en la dentina mineralizada, o el tipo VI se encuentra en la preentina mas no en la tejido mineralizado (10, 13).

El agua presente en la dentina se puede encontrar en dos tipos de unión: anclada a los cristales de hidroxiapatita en la fase inorgánica y en las proteínas de la matriz colágenas y no colágenas de la fase orgánica, el otro tipo de unión es el agua libre que se encuentra en los túbulos dentinales rellenándolos y en otras porosidades, se asocia, también con iones inorgánicos de calcio y fosforo; el calcio (Ca) y fósforo (P) presentes en los cristales de hidroxiapatita, que son los principales componentes inorgánicos de tejido duro dental. La relación Ca / P de la hidroxiapatita en la dentina, determina la composición básica de las superficies dentales de tejido duro, se demostró que era $\sim 1,67$ M, dependiendo del tipo de cristal, la disponibilidad de Ca, la localización anatómica, y la técnica de determinación (14). El agua libre es más fácil de eliminar por calentamiento a 100 °C, el agua unida en cambio requiere mayor temperatura alrededor de 600 °C (10, 12).

La presencia de agua suaviza el colágeno, de lo contrario sería seco, quebradizo y rígido, la interacción entre el agua y la matriz se da entonces por la relación de esta con la

hidroxiapatita por medio de enlaces de hidrogeno; el agua adicional se une por medio de fuerzas de Van der Waals débiles, otra molécula de agua más fuerte es la que se incorpora directamente al colágeno; por cada tripéptido se encuentran dos moléculas de agua.(10, 12)

La organización estructural de la dentina en túbulos hace que este tejido se comporte de manera diferente dependiendo la zona del diente, debido a la ubicación, al diámetro y a su estructura; es altamente permeable y permite que el flujo de líquido dentinal no solo se dé también del exterior al interior transportando componentes bacterianos. Los túbulos se distribuyen continuamente de la unión dentina-esmalte a la pulpa en la dentina coronal, y desde la unión cemento-dentina en el conducto radicular. La casi uni-axial regular alineación de los túbulos ha llevado a algunos a sugerir que ellos desempeñan una función importante en las propiedades mecánicas dependiendo de la orientación (11).

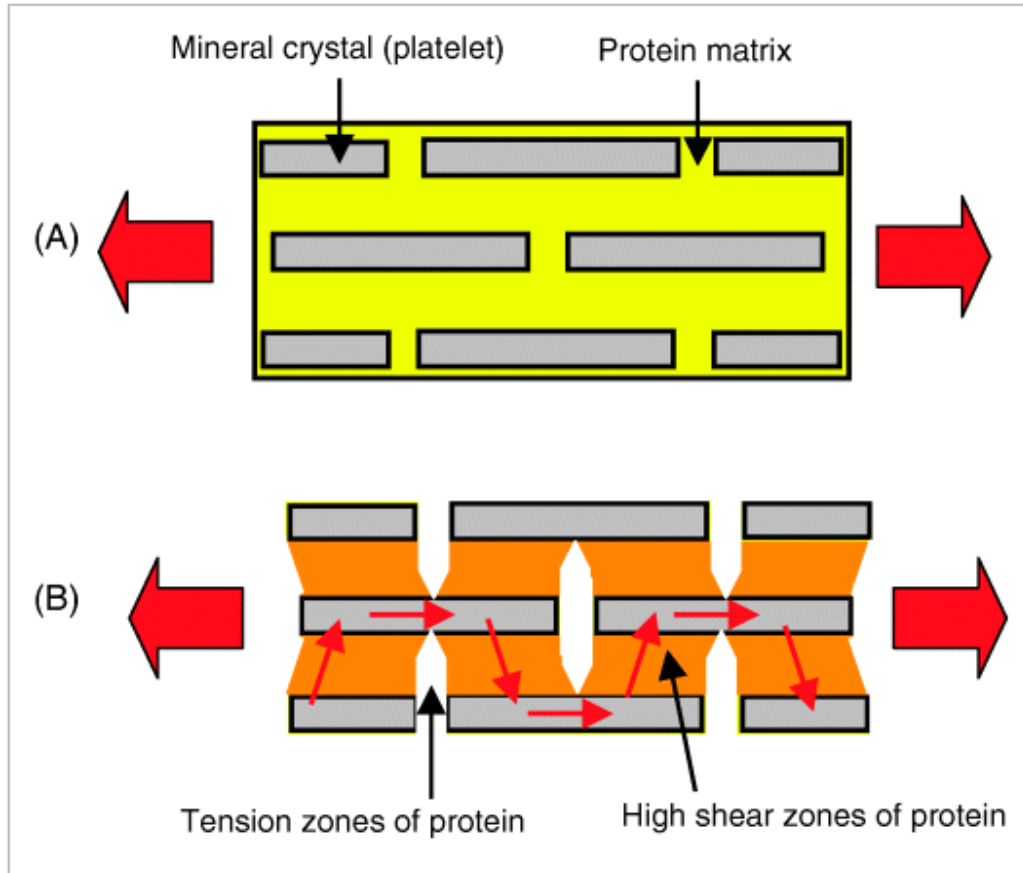
Los túbulos dentinales tienen mayor diámetro (0.5 a 4.0 micrómetros) cerca de la pulpa y disminuyen cuando se acercan al esmalte; la dureza de la dentina esta inversamente relacionada a la densidad del túbulo (10.000-96.000 túbulos por mm^2). Los túbulos proporcionan las propiedades mecánicas del tejido y la resistencia a las fuerzas oclusales. Además del túbulo principal se encuentran en él múltiples ramificaciones cuyo número es menor cuando la densidad es baja, de esta forma se observan sistemas de anastomosis tubulares (10, 12), lo cual hacen compleja la desinfección de estas zonas donde no llegan las sustancias irrigantes (9).

La unión dentina esmalte hasta hace poco considerada como una interfaz inactiva, se ha observado que no es así, que incluso después de la mineralización de ambos tejidos ocurren distintos eventos biológicos por la presencia de enzimas y factores de crecimiento, esta unión se da en forma de festoneado lo cual contribuye a una mejora en las propiedades mecánicas, estudios de elementos finitos demuestran que este enclavamiento mecánico entre los dos tejidos es más débil en la zona cervical; la unión de los dos tejidos se da gracias a fibrillas de colágeno de 80 a 120 nm insertadas directamente en el esmalte y la fusión con la red fibrilar de la matriz de la dentina. Estas fibrillas son principalmente de colágeno tipo I o de una de una red de fibrillas de von Korff compuestas de colágeno tipo III y fibronectina, esta red de colágeno podría proporcionar una transferencia eficiente del estrés del esmalte a la dentina y por lo tanto brindaría una resistencia a las fuerzas de tracción y de corte desarrollada en la masticación.

6.2 Propiedades Físicas de la dentina

Se ha estudiado la capacidad de este material biológico de resistir a la fractura a pesar de sus componentes simples, se ha descubierto que la matriz de proteína se comporta como una envoltura suave alrededor las plaquetas minerales protegiéndola de los esfuerzos causados por las fuerzas externas, homogenizándolas y distribuyendo las tensiones, estas plaquetas llevan la carga de tracción y la matriz trasfiere la carga en los cristales minerales a través de cizallamiento, debe existir, por lo tanto, un equilibrio biológico entre rigidez y tenacidad dinámica para dar estabilidad mecánica a este tipo de estructura biológica (Figura 3).(12)

Figura 4. Modelo de biocompuesto dental (12).



La concentración de minerales en el tejido duro determina su rigidez, durante la mineralización entre más componente mineral se forme más agua se desplaza por lo tanto el tejido se vuelve más rígido esto se refleja en altos valores de módulo de elasticidad y resistencia estática observándose bajos valores de energía de deformación por lo cual el tejido es más frágil.(12)

La dentina peri tubular tiene una influencia insignificante sobre la simetría de este material biológico. Las propiedades elásticas de la dentina son explicables en términos de la microestructura de la matriz de la dentina inter tubular, y que cualquier correlación de las propiedades elásticas con la dirección del túbulo es una consecuencia necesaria de la relación ortogonal entre los túbulos y las fibrillas de colágenos (11).

En una escala microscópica, las características biomecánicas más importantes de la dentina se las confiere su organización en túbulos dentinales, que son una red que se extienden casi radialmente hacia fuera desde la pulpa hacia la unión dentina-esmalte y la unión cemento-dentina. Cada túbulo está rodeado por un manguito altamente mineralizado de cristales de apatita conocidos como la dentina peritubular. La dentina intertubular ocupa la región entre los túbulos y se compone de una malla de fibrillas de colágeno orientadas esencialmente perpendiculares a los túbulos y encuadrado por cristallitos de apatita. Las

fibrillas de colágeno tienen un diámetro de 50 a 100 nm, mientras que los cristales de apatita son de aproximadamente 5 nm de espesor y sus dimensiones restantes dependen de la distancia de la pulpa (10, 12, 15).

Gulavibala y Ng (9) definen la dentina del conducto radicular superficial, mencionan que esta dentina tiene un frente no mineralizado con un valor de dureza que es más bajo (30 kg/mm²). Afirma que esta dureza varía con la edad, es decir, aumenta teniendo alrededor de 60-70 Kg/mm², la dentina es porosa debido a la permeabilidad de los túbulos, aunque en ocasiones pueden estar esclerosados. Lo cual coincide con la dureza propuesta por Hülsmann (7), ambos autores refieren que esta dureza puede cambiar según el sitio evaluado por lo cual se debe tener especial cuidado al momento de realizar estudios sobre este tejido

La tenacidad y / o aumento de la energía de deformación se proporciona por la fracción orgánica, en particular del colágeno de la dentina, el grado de mineralización del sustrato de colágeno en la dentina varía al igual que la dureza según la ubicación, esto optimiza la funcionalidad de la estructura dental en general.(12)

Debido a la naturaleza, la composición, la mecánica y la fisiología de la dentina, las cuales cambian con el tiempo, el tejido es muy vulnerable, especialmente con respecto a sus propiedades mecánicas tales como permeabilidad, microdureza, resistencia a la fractura, y elasticidad que pueden verse afectados durante el tratamiento endodóntico. La revisión realizada por Hülsmann en el 2013 resume en el cuadro presentado a continuación la composición y algunas de las propiedades mecánicas de dentina (7).

Tabla 3. Composición Y Estructura De La Dentina (7).

Composición y estructura de la dentina	
✓	50% volumen de hidroxiapatita de calcio nano cristalina
✓	30% volumen de fibrillas de colágeno, predominantemente colágeno tipo I
✓	10% de agua
✓	Túbulos dentinales con la dentina peri tubular: su tamaño, alineación, y la densidad son importantes para las propiedades mecánicas de la dentina (es decir, distribución de tensiones)
✓	Dentina apical radicular: a medida que aumenta la edad, aumenta la esclerosis
✓	Mineralización: no homogénea
✓	Dureza: depende de la región es diferente el grado de mineralización, la dureza disminuye de esmalte a la pulpa
	Cerca de la pulpa de 30 kg / mm ²
	Cerca de esmalte 70 kg / mm ²
	Dentina del manto 60 kg / mm ²
✓	Módulo de Young: 18-25 GPa
✓	Módulos de Shear "cizalla": 7.10 GPA
✓	Resistencia a la fractura: 52 a 105 Mpa
✓	Resistencia a la compresión: 275 a 300 Mpa
✓	Módulo de Young: 18-25 GPa

Kinney y Marshall (2003) definieron al módulo de Young de la estructura dentinal como la resistencia a la tracción, resistencia a la compresión y resistencia a la fractura como propiedades efectivas de la dentina, estas propiedades dependerán de la densidad de los túbulos, la orientación y la densidad media de la zona de la fase mineral lo cual coincide con lo mencionado en otros estudios (7, 11, 12).

En los estudios de Kishen (2006) acerca de las propiedades físicas de la dentina, define fuerza como la capacidad del tejido para resistir la deformación o mostrar rigidez a cargas, medida bajo situaciones bien controladas, dureza es la capacidad para absorber energía sin fracturarse, el módulo de elasticidad o módulo de Young se define como la proporción de tensión a deformación dentro del límite elástico en una curva tensión-deformación, es el indicador de la rigidez de un material, resistencia a la fractura es la tensión máxima que un material puede soportar antes de fallar, dureza es la energía total absorbida por una estructura antes de que se fracture, y puede determinarse mediante el cálculo del área bajo la curva de tensión-deformación (energía de deformación), es el indicador de la capacidad de un material para resistir la fractura y la resistencia de un material a la deformación permanente, por lo general a la penetración de un indentador(12).

Eidelman (9) en 2012, menciona que la fuerza está directamente relacionada con la orientación y la densidad de los túbulos dentinales, reiterando lo sugerido y observado por Kinney, Marshall y otros autores (11, 12).

En resumen, a pesar de que en la búsqueda de la literatura es complejo encontrar conceptos claros sobre las propiedades mecánicas de la dentina, algunos autores, como Kishen, Kinney y Marshall (11, 12) han logrado organizar conceptos sobre la biomecánica de la dentina. Kinney y Marshall (11) definen las constantes elásticas, en términos de rigidez o conformación estructural de la matriz, incluyen el módulo de Young, módulo de cizallamiento y el coeficiente de Poisson. Plantean que dependiendo de la simetría de la microestructura, las constantes elásticas tienen diferentes grados de independencia. Por ejemplo, una estructura isotrópica tiene sólo dos constantes elásticas independientes, mientras que una estructura ortotrópica tiene nueve constantes elásticas independientes. Por lo tanto, cualquier estudio de las propiedades elásticas de la dentina debe considerar su simetría. Estas variables deben ser tenidas en cuenta en el momento de realizar estudios sobre la dentina.

En la actualidad al tener métodos de medición más exactos y con la curiosidad reciente de los investigadores por conocer el funcionamiento complejo de la dentina, hace que los estudios actuales sobre biomecánica dentinal sean mucho más exactos y tengan mayor aplicabilidad clínica.

6.2.1 Susceptibilidad a la fractura de los dientes tratados endodónticamente

Históricamente se ha hablado de la susceptibilidad a la fractura de los dientes tratados endodónticamente, la problemática ha sido estudiada por múltiples autores llevando a diferentes conclusiones al respecto, en las primeras investigaciones del tema se afirmaba que el agua en el tejido se reducía hasta en un 9% (12), sin embargo, en la actualidad

estas versiones son controvertidas pues no se encuentran diferencias significativas entre los dientes tratados endodónticamente y los dientes sin tratamiento de endodoncia, lo importante y la recomendación principal es alterar lo menos posible la estructura dentinal. Grietas en la dentina o fracturas radicular se producen cuando la tensión de tracción en la pared del conducto radicular excede la tensión de tracción de la dentina.(7)

Kishen (12) en el 2006 estableció los mecanismos de resistencia a la fractura para la dentina, relacionadas con el sustrato dentinal, como las consideraciones biomecánicas de la dentina intacta, la dentina restaurada con postes y los factores de riesgo de fractura en los dientes tratados con endodoncia, factores químicos (efectos de irrigantes endodoncia y medicamentos en la dentina), factores microbianos (efectos de la interacción bacteria-dentina), factores de la dentina (efectos de la pérdida estructural dental), la restauración (efectos de restauraciones), la edad.

Eidelman (15) a su vez, menciona, el fracaso de los dientes con tratamiento de endodoncia es dependiente principalmente de dos factores: la magnitud de la tensión experimentada por el diente, que está directamente relacionada con la estructura restante del diente y la función oral del paciente, y la mecánica inherente a las propiedades del tejido restante responsables de la resistencia a la fractura. Dientes tratados endodónticamente generalmente se han considerado a ser más susceptibles a la fractura que los dientes no restaurados o restaurados de forma conservadora debido a la pérdida de la estructura dental y el correspondiente incremento en el estrés (12, 15).

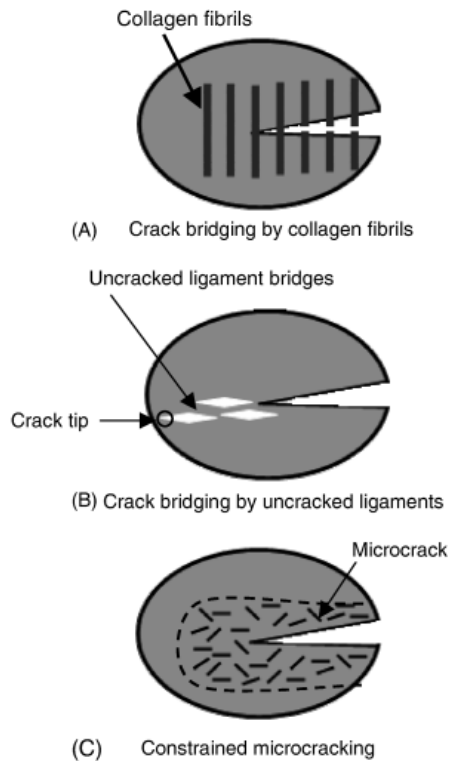
Gulavibala, menciona en el 2005 (9) que la pérdida de tejido dental, propiedades físicas alteradas de la dentina, y la respuesta alterada a la carga oclusal son los principales causas de las fracturas en dientes no vitales. Explica, la probabilidad que estos factores interactúen de forma acumulativa para influir en la carga de los dientes y la distribución de tensiones, aumenta la posibilidad de una falla catastrófica. Por lo tanto los autores coinciden que la principal causa de la fractura es la pérdida de la estructura dental.

Se ha propuesto que la pérdida de la vitalidad pulpar altera las propiedades de la dentina; las propiedades evaluadas incluyen: cambios en el contenido de humedad y la naturaleza de colágeno. Los resultados han sido contradictorios o ambiguos y hasta ahora no hay pruebas definitivas de debilitamiento mecánico significativo en la dentina. Las pruebas de los experimentos se realizaron *in vitro*. (9, 16)

Kishen plantea los mecanismos de resistencia a fracturas de la dentina, los clasifica en dos grupos, factores intrínsecos y los factores extrínsecos, el primer factor lo define como los que operan por delante de la grieta, actúan para mejorar la resistencia del material inherente a los daños y grietas micro estructurales. Los mecanismos resistencia extrínsecos operan principalmente detrás de la punta de la grieta mediante la promoción de blindajes en la punta, lo que reduce la intensidad de esfuerzos locales experimentados en la punta de la grieta. Sugiere que el efecto viscoso proporcionado por el agua ralentiza el efecto de propagación de la grieta lo cual explicaría porque al perder el agua libre el diente tratado endodónticamente se hace más susceptible a la fractura(12). El movimiento de agua de un sitio a otro es clasificado por el autor entre los mecanismos extrínsecos y parece ser uno de los mecanismos de resistencia más importantes. La formación de fibrillas de colágeno

entre las grietas también entra en este grupo. Kishen ilustra bien esta situación en el esquema de la (Figura 4)

Figura 5. Diagramas esquemáticos que muestran los diferentes mecanismos de resistencia a la fractura que se dan en la dentina (12).



Las causas de fractura en dientes tratados endodónticamente son variadas Kishen las clasifica en causas primarias y secundarias, definiendo las causas primarias como las que predisponen al diente a fracturas inmediatas y las secundarias lo predisponen a fracturas después de un tiempo, los factores químicos entre los cuales están los agentes irrigantes y los medicamentos los clasifica como una probable causa secundaria a la fractura.

Debido a este tipo de estudios la inquietud acerca de los irrigantes, los medicamentos, y si son o no una posible causa para la fractura de los dientes tratados endodónticamente, es creciente, en la literatura estudios secuenciales como los de Gulavibala y col, Kishen están explorando esta teoría.

6.3 Efectos de las soluciones Irrigantes en la dentina

Dentro de los factores que influyen en el pronóstico del tratamiento convencional de conductos se encuentra el diagnóstico inicial de la patología pulpar a tratar. Es de mejor pronóstico la terapia endodóntica en un diente con pulpitis irreversible que en aquellos en los que ya se desarrolló una lesión periapical y se ha organizado una biopelícula bacteriana en los conductos radiculares (9). Para desinfectar el canal radicular se debe combinar la preparación biomecánica con instrumento y agentes químicos, este procedimiento puede

ocasionar cambios no solo biológicos sino en las propiedades mecánicas y químicas de la superficie de la dentina. Estos cambios pueden tener consecuencias inmediatas y a largo plazo como ya se mencionó anteriormente por Kishen, Gulavibala y otros autores (7, 9, 12, 17).

El uso de agentes irrigantes en el conducto radicular busca desinfectar y remover el material orgánico en zonas donde la instrumentación mecánica no logra llegar, esta penetración del agente irrigante es dependiente de la ampliación adecuada del tercio apical y la conicidad lograda con la preparación del conducto radicular. Estudios con tomografía computarizada han demostrado que existen áreas a lo largo del conducto radicular donde los instrumentos no llegan por ello la importancia de los agentes químicos para la desinfección de las mismas (3, 4, 18).

Dentro de las sustancias químicas usadas como irrigantes endodónticos se encuentran: clorhexidina, MTAD, hipoclorito de sodio, Peróxido de hidrógeno, EDTA y soluciones saturadas de hidróxido de Calcio, entre otros y la combinación de estos agentes para potencializar su efecto (1, 3).

En dientes con diagnóstico previo de pulpa sana el agente irrigante busca la disolución del tejido orgánico, esta capacidad ha sido dada al NaOCl sin embargo, se ha encontrado estar directamente relacionado con la cantidad de tejido orgánico presente, la frecuencia de irrigación, la intensidad de flujo del irrigante y el área superficial disponible para la interacción. En los dientes con diagnóstico previo de pulpa necrótica, son más fáciles de disolver, sin embargo, el régimen de irrigación debe ser más eficaz (9)

Los objetivos de la irrigación en endodoncia, son descritos por Basrani y Happasalo (2012) en mecánicos y químicos mencionando entre ellos, eliminar los desechos, lubricar el canal, disolver el tejido orgánico e inorgánico, impedir la formación de un capa de frotis durante la instrumentación o disolverla en caso de formarse. La función biológica también descrita en la revisión hecha por los autores, es relacionada con el efecto antimicrobiano, tener alta eficacia contra microorganismos anaerobios y los facultativos tanto en estado planctónico como en biofilms, inactivar endotoxinas, no ser tóxicos para los tejidos vitales, poca reacción anafiláctica del organismo al ser expuesto al agente (1). Definen por lo tanto las características de ideales de los irrigantes de uso en endodoncia

Tabla 4. Características ideales de un irrigante endodóntico (1)

Características ideales de un irrigante endodóntico.
1. Germicida y fungicida eficaz.
2. No irritante a los tejidos periapicales.
3. Estable en solución.
4. Efecto antimicrobiano prolongado y un efecto antibacteriano sostenido después de su uso.
5. Activa en la presencia de sangre, suero y derivados de proteínas de tejido.
6. Capaz de eliminar por completo la capa de barrillo.
Tabla 2 (continuación)

Tabla 4. (continuación) Características ideales de un irrigante endodóntico.
7. Tensión superficial baja.
8. Capaz de desinfectar la dentina / túbulos de la dentina.
9. No interfiere con la reparación de los tejidos periapicales.
10. No mancha la estructura del diente.
11. Inactivación en un medio de cultivo.
12. No induce una respuesta inmune mediada por células. Es no antigénico, no tóxico y no carcinogénico para las células del tejido que rodean el diente.
13 No tiene efectos adversos sobre las propiedades físicas de la dentina expuesta.
14. No tenga efecto adverso sobre la capacidad de sellado de los materiales de obturación.
15. Fácil de usar.
16. Barato.

Este concepto coincide con el estudio de Haapasalo (4) donde se enumeran las funciones de los irrigantes, acción de lavado (remoción de detritus), reducir la fricción del instrumental utilizado en la preparación del canal (1), facilitar la remoción de dentina (lubricante), disolver tejido inorgánico, penetrar en la periferia del conducto radicular, disolver material orgánico (7) (colágeno de la dentina, tejido pulpar, Biofilms), matar bacterias y levaduras, no ser irritante para el tejido periapical, no ser caustico, no tener efecto citotóxico, no debilitar la estructura del diente (4, 8).

Basrani y Haapasalo (1) clasifican los agentes irrigantes según el modo de acción

Tabla 5. Clasificación de las soluciones de irrigación utilizadas comúnmente.(1)

A. Agentes químicos	B. Agentes naturales
a. Agentes disolventes de tejido: NaOCl	a. Los agentes antibacterianos: por ejemplo: Te verde, Triphala
b. Agentes antibacterianos:	
1. Bacteriostático: clorhexidina (CHX) algunos antibióticos	
2. Bactericida: algunos antibióticos, NaOCl	
c. Agentes quelantes:	
1. HEBP	
2. EDTA	
d. Los productos combinados (tejido de disolución y el efecto antibacteriano): MTDA, QMiX, SmearClear, Tetraclean	

Por otra parte Gulavibala (9) clasifica los según su naturaleza química.

Tabla 6. Clasificación de los tipos de productos químicos utilizados para la irrigación del conducto radicular (9)

Tipo de producto químico	Ejemplos genéricos y de marca
Agentes quelantes	EDTA, EDTAC, REDTA, Salvizol, Tublicid, RCprep; Glyde EGTA
Complejos de haluro	Hipoclorito de sodio, tintura de yodo, povidona yodada, yoduro de potasio, agua activa electroquímicamente.
Ácidos (orgánicos e inorgánicos)	El ácido fosfórico, ácido cítrico, ácido láctico, ácido acrílico, ácido tánico, DMSA (ácido dimercaptosuccínico)
Antibióticos	Clorhidrato de tetraciclina, clorhidrato doxiciclina
Los agentes oxidantes	El peróxido de hidrógeno
Otros	Cetrimida, 22 Bardac (compuesto de amonio cuaternario), tergenol (0,2% de lauril sulfato de sodio), clorhexidina, MTAD (isómero tetraciclina, ácido, detergente), etilendiamina, colorante azul de metileno, tetrafluoruro de titanio, clorhidrato de trientina (Syprine),
Disolventes orgánicos	Cloroformo, halotano, xileno, aceite de eucalipto, aceite de naranja

La búsqueda de agentes irrigantes con características ideales ha sido infructuosa, en la actualidad el hipoclorito siendo el agente irrigante más utilizado, a pesar de ello, el clínico en su búsqueda de lograr una irrigación más eficiente realiza diferentes protocolos de irrigación donde combina dos y hasta tres irrigantes.

A continuación se mencionaran los agentes irrigantes más comunes.

6.3.1 Clorhexidina.

Se desarrolló hace más de 50 años en Imperial Chemical Industries en Inglaterra, y se comercializó por primera vez en el Reino Unido en 1953 como una crema antiséptica. Inicialmente, se sintetizó una serie de poli bisguadinas para obtener sustancias anti-virales. Sin embargo, tuvieron poca eficacia y se dejaron de lado, sólo para ser re-descubierto algunos años más tarde como agentes antibacterianos. La clorhexidina fue el más potente de los bisguadinas ensayadas para tal fin (19), desde 1957 se ha utilizado para fines generales de desinfección y también para el tratamiento de la piel, los ojos y las infecciones de garganta en los seres humanos y los animales (1).

El digluconato de clorhexidina es una polibiguadina utilizada en endodoncia, es una molécula fuertemente básica, es fácilmente soluble en agua y es estable como una sal (1), su actividad se limita a los virus de envoltura lipídica (4, 18), activo contra bacterias Gram-positivas y Gram-negativas (1), al respecto otros estudios (15) afirman, tiene buena eficacia antibacteriana contra un amplio espectro de microorganismos, sin embargo Zhender (19) afirma que es incapaz de disolver restos necróticos de tejido, menos eficaz en Gram-negativo que en las bacterias Gram-positivas, se ha utilizado también en gel como medicamento intracanal, no tiene mal olor, citotoxicidad menor a la del hipoclorito de

sodio, por lo tanto, no puede sustituir a este agente irrigante (4), no afecta el colágeno presente en la matriz de dentina orgánica (15). Eficacia antibacteriana depende de su nivel de concentración por lo que se recomienda utilizarla en endodoncia al 2%.

La clorhexidina impregna la pared celular microbiana o de la membrana externa y ataca a la membrana citoplasmática bacteriana interior o la membrana plasmática de la levadura, es capaz de unión electrostática a las superficies cargadas negativamente de bacterias, dañando las capas externas de la pared celular y haciéndola permeable, en altas concentraciones, actúa como un detergente (1), ocasiona la coagulación de los componentes intracelulares, en la mayoría de las ocasiones es utilizado como irrigante final por la capacidad que tiene de adherirse a la dentina y de permanecer allí por periodo de tiempo más prolongado que el hipoclorito (sustantividad) se ha reportado que clorhexidina se une a la dentina, y muestra sustentividad a lo largo de aproximadamente 3 meses (7), sin embargo, este efecto depende del pH encontrado en el canal por lo cual se prefiere el uso de hipoclorito de sodio (3). Aunque CHX puede neutralizar a las bacterias, es ineficaz para remover el biofilm bacteriano y no puede disolver el material orgánico. (4, 20).

La clorhexidina se descompone y los cationes de clorhexidina restantes forman una unión electrostática para grupos fosfato. A altas concentraciones, causa la precipitación del citoplasma y por lo tanto ejerce un efecto bactericida, también, resulta en una mayor unión a la dentina. Se especula que, por este mecanismo, la recolonización de bacterias en la pared del canal de la raíz se puede prevenir, así como la eliminación de las bacterias residuales (15). A bajas concentraciones sub-letales, la clorhexidina es bacteriostático, causando sustancias de bajo peso molecular. También puede afectar el metabolismo bacteriano de varias otras maneras, tales como la supresión de la actividad del sistema de transporte de azúcar PTS y la inhibición de la producción de ácido en algunas bacterias (1).

Se le han añadido varios tipos diferentes de irrigantes con el fin de reducir su tensión superficial y mejorar su penetración en el canal de la raíz, la marca comercial CHX-Plus mostró niveles más altos de actividad bactericida en todos los tiempos de exposición en comparación con 2% CHX, lo que puede indicar que el componente tensioactivo en CHX-Plus facilita la penetración del desinfectante en el biofilms. Se ha comprobado mayor efectividad de la clorhexidina mejorando la formula (4).

En contacto con otros agentes tales como NaOCl, el subproducto de la reacción es la formación de productos de degradación tóxicos tales como para-cloro-anilina, sustancias que se ha demostrado es teratogénica, clínicamente, este precipitado puede ocluir los túbulos dentinales. El nivel de toxicidad de clorhexidina en tejidos periapicales cuando se aplica a los conductos radiculares necesita ser investigado más a fondo (1, 21).

6.3.2 EDTA.

El compuesto fue descrito por primera vez en 1935 por Ferdinand Munz, que preparó el compuesto de etilendiamina y ácido cloroacético. Hoy en día, EDTA se sintetiza principalmente de etilendiamina (1,2-diaminoetano), formaldehído (metanal), y cianuro de sodio (4). En endodoncia fue introducido como un agente quelante en 1957 por Birger

Nygaard-Østby, fue compuesto originalmente de la sal disódica del ácido etilendiaminotetraacético, agua destilada, y el hidróxido de sodio; más tarde se añadió un detergente para reducir la tensión superficial de la solución, mejorando así la capacidad de humectación en las paredes del canal de la raíz y la capacidad de penetrar la dentina (7). La eficacia de estos agentes de descalcificación de ácidos quelantes depende de la longitud de la raíz, el tiempo de aplicación, la difusión en la dentina y, especialmente, el pH de la solución. Se recomienda el uso de un pH neutro de alrededor de 7,3 para las soluciones de EDTA.(22)

El EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) es un aglutinante de calcio (agente quelante) eficaz, es un ácido carboxílico poliamino con la fórmula $[\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H})_2]_2$ disuelve material orgánico e inorgánico, es incoloro, tiene pH de 7-8, actúa como un agente quelante derivando su capacidad de "secuestrar" di- y tri-iones metálicos catiónicos tales como Ca^{2+} y Fe^{3+} , retira la capa residual después de la irrigación NaOCl, contribuye a la eliminación de las bacterias en el conducto radicular, los productos combinados tienen actividad antimicrobiana de amplio espectro. EDTA puede tener actividad antifúngica, desmineraliza dentina (20-50 micras), baja toxicidad y se utiliza normalmente a una concentración de 17% (4). Remueve completamente el smear layer que se compone principalmente de partículas de dentina incrustadas en una masa amorfa de material orgánico que se forma en las paredes del conducto radicular durante el procedimiento de instrumentación y el debris dentinal (4), tiene poca o ninguna actividad bacteriana (18, 22), tiene mayor penetración en los túbulos dentinales. En exposición directa por un tiempo prolongado, extrae las proteínas de la superficie bacteriana mediante la combinación con iones metálicos de la envoltura celular, lo que eventualmente puede conducir a la muerte bacteriana (18).

Se eliminan capas de frotis en menos de 1 min si la solución alcanza la superficie de la pared del canal de la raíz. El proceso de descalcificación es auto-limitante porque el quelante se ha agotado. Para la preparación del conducto radicular, EDTA tiene un valor limitado como líquido de irrigación (4). EDTA a un pH neutro es capaz de reducir el mineral y la proteína no colágena y el contenido de fosfoproteína de la dentina y ablandar la dentina, aunque no induce la erosión de la superficie de la dentina por sí solo (7).

La humectabilidad, así como la rugosidad de la superficie dentinal es importante para la adhesión de las bacterias sobre el sustrato y se puede determinar midiendo el ángulo de contacto del irrigante a la superficie. Ángulos de contacto altos son un resultado de la energía libre superficial baja; ángulos bajos demuestran la presencia de la energía libre superficial, facilitando la adhesión microbiana. Valores más altos para los ángulos de contacto de agua para EDTA (55 grados), lo que indica la energía libre superficial baja. Energía superficial libre parece facilitar la adhesión bacteriana a una superficie. Sin embargo, la rugosidad de una superficie tal como la dentina puede promover la adhesión de las bacterias, así como la adhesión de un material de obturación de la raíz. Como ambos parámetros hasta ahora no han sido investigados adecuadamente, no hay conclusiones definitivas se pueden extraer sobre la importancia y las implicaciones de la rugosidad superficial y la humectación y sus respectivas interacciones (4).

Según lo descrito por Nygaard-Østby, los componentes minerales de la dentina, fosfato y calcio son solubles. Cuando se irriga con EDTA, se elimina el calcio y los iones de calcio

adicionales tienen que entrar en la solución con el fin de mantener el equilibrio y el producto de solubilidad constante, lo que resulta en la descalcificación de la dentina. Una concentración normal de EDTA, generalmente 15-17%, es capaz de unirse 10,5 g de 100 g de calcio. Nygaard-Østby describe el conducto radicular rodeado por una zona claramente definida de la dentina desmineralizada. La desmineralización se produce rápidamente y la profundidad de la desmineralización depende del tiempo de trabajo: después de 9 min, se observó, una caída en la dureza Knoop de 60 a 45, el pH óptimo para la desmineralización se ha informado de que entre 5 y 6 (7).

6.3.3 Hipoclorito de Sodio.

El cloro es uno de los elementos más ampliamente distribuidos en la tierra. No se encuentra en un estado libre en la naturaleza, pero existe en combinación con el sodio, potasio, calcio, y magnesio. En el cuerpo humano, los compuestos de cloro son parte de la defensa inmune no específica. Se generan por los neutrófilos a través de la cloración de mieloperoxidasa mediada por un compuesto nitrogenado o un conjunto de compuestos (19). El compuesto activo del hipoclorito es el cloro el cual en todas las soluciones de hipoclorito se denomina “cloro libre” (23).

El hipoclorito de sodio es el irrigante de elección durante los tratamientos de conducto radicular debido a su eficacia contra los organismos patógenos y la degradación del material orgánico, tejido necrótico y efecto bactericida. Como irrigante en endodoncia se utiliza actualmente como solución en concentraciones que van del 1% al 5,25%, entre las más comunes aunque sean reportado concentraciones de hasta 10%. Las soluciones comerciales de 5,25% NaOCl son las de uso más común (24).

Es un compuesto halogenado utilizado como un agente proteolítico no específico capaz de eliminar magnesio e iones de carbonato (22). Se han reportado efectos indeseables de la solución como ser citotóxico (accidentes graves al ser inyectado accidentalmente en los tejidos vivos), corroe el metal, olor desagradable y elimina sólo la parte orgánica de la capa de barrillo dentinal. Tiene capacidad de penetración en los túbulos dentinales de 77 a 300 micras según lo reportado por Haapasalo (25), informan que el hipoclorito puede eliminar a los microorganismos diana en cuestión de segundos, incluso a bajas concentraciones, aunque otros informes han publicado tiempos considerablemente más largos para la muerte de las mismas especies. También disuelve efectivamente restos de pulpa, colágeno y los principales componentes orgánicos de la dentina, siendo el único irrigante del conducto radicular que disuelve el tejido necrótico orgánico y vital (3). Numerosos estudios han utilizado la irrigación con NaOCl (intervalo de concentración de 0,5 a 5,25%) para complementar la preparación mecánica, el aumento de la frecuencia de cultivos negativos inmediatamente después de desbridamiento muestra el beneficio del procedimiento con un rango de 25-98% en la eliminación de bacterias (1). Se utiliza en ocasiones como solución irrigante luego de agentes de desmineralización causando una marcada erosión de la dentina radicular (4). Se ha encontrado que el tratamiento con hipoclorito de sodio acumula minerales en la dentina radicular humana, el aumento de la cantidad de carbonato reduce la cantidad de fosfato alterando las propiedades de la dentina (14).

Se conoce comúnmente como blanqueador, se utiliza con frecuencia como un desinfectante, es eficiente en la eliminación de los desechos en los tercios coronales y medio de conductos radiculares pero no para dispersar la capa de barrillo dentinario y los tapones de los túbulos dentinales (26), fue producido por primera vez en 1789 en Javel, Francia, haciendo pasar gas cloro a través de una solución de carbonato de sodio. El líquido resultante, conocido como "Eau de Javel" o "agua de Javel" era una solución diluida de hipoclorito de sodio. Sin embargo, este proceso no era muy eficiente y se buscaron métodos de producción alternativos. Uno de tales métodos implicó la extracción de cal clorada (conocido como polvo de blanqueo) con carbonato de sodio para producir bajos niveles de cloro disponible. Este método se utiliza habitualmente para producir soluciones de NaOCl para su uso como un antiséptico hospitalario que se vende bajo los nombres comerciales "Eusol" y "solución de Dakin." El hipoclorito de sodio como una solución tamponada al 0,5% se recomienda para la irrigación de heridas durante la Primera Guerra Mundial por Dakin (26).

La capacidad de penetración del hipoclorito en los túbulos dentinales como ya se mencionó, se ha medido con precisión micrométrica y se estima que esta entre 77 y 300 micras, se han mencionado tres parámetros que afectan directamente esta penetración la concentración, el tiempo y la temperatura, se sugiere por lo tanto que estos factores se deben encontrar en forma simultánea para tener un efecto aditivo en la penetración de los túbulos, es decir se debe utilizar una concentración alta, por tiempo prolongado de continuo recambio y si es posible elevar la temperatura del irrigante (1). A su vez Haapasalo (14) reporta niveles de penetración de hasta (300 micras) en irrigación con hipoclorito al 6%, concluye, que el aumento de la concentración de 1% a 6% no dio como resultado más de 30 a 50% de aumento en la penetración (25) con respecto al tiempo, menciona que la penetración inicial a los primeros dos minutos, es estable, y aumenta duplicándose a los siguientes 18 minutos de exposición, la profundidad de penetración se ve relacionada con la concentración de NaOCl y el tiempo de exposición.

Su mecanismo de acción ha sido ampliamente estudiado y se da cuando se contactan las proteínas del tejido y el NaOCl, en esta reacción en corto tiempo se forma formaldehído y nitrógeno, los enlaces peptídicos se rompen para disolver las proteínas. Durante este proceso, el hidrógeno en los grupos amino (-NH-) se sustituye por el cloro (-NCl-) la formación de cloraminas desempeñan un papel importante para la eficacia antimicrobiana. Por lo tanto, el tejido necrótico y pus se disuelven y el agente antimicrobiano puede alcanzar y limpiar mejor las áreas infectadas.



Además de su aplicación como un agente irrigante del conducto radicular el NaOCl también se utiliza comúnmente para desproteinizar tejidos duros para aplicaciones biomédicas (26). El hipoclorito de sodio actúa como un disolvente orgánico y de la grasa, degradando los ácidos grasos y los transforma en sales de ácidos grasos (jabón) y glicerol (alcohol), y por lo tanto reduce la tensión superficial de la solución restante (reacción de saponificación). (3)

El hipoclorito de sodio neutraliza aminoácidos que forman agua y sal (reacción de neutralización). Con la salida de iones hidroxilo, hay una reducción del pH. Cuando el

cloro se disuelve en agua y está en contacto con la materia orgánica, forma ácido hipocloroso. Este es un ácido débil, actúa como un oxidante. Ácido hipocloroso (HOCl-) e hipoclorito (iones OCl-) conducen a la degradación del amino ácido y la hidrólisis (1), presenta acción antimicrobiana mediante la inhibición de enzimas bacterianas que conducen a la oxidación irreversible de grupos SH (grupo sulfhidrilo) de las enzimas bacterianas esenciales (1).

La eficacia antimicrobiana de hipoclorito de sodio se da con base en su pH alto que como ya se mencionó es de 11 (acción de iones hidroxilo), es similar al mecanismo de acción del hidróxido de calcio. El alto pH del hipoclorito de sodio interfiere en la integridad de la membrana citoplasmática con una inhibición enzimática irreversible, alteraciones en el metabolismo celular de biosíntesis y la degradación de fosfolípidos observados en la peroxidación lipídica (1).

Hipoclorito de sodio tiene amplia actividad antibacterial, incluso, se ha comprobado efectividad contra los microorganismos más resistentes presentes en los conductos radiculares, como el *Enterococo Faecalis*, en concentración del 5.25%. Con respecto a la acción antifúngica se ha comprobado que el hipoclorito de sodio tiene una alta capacidad de dilución frente a *Candida Albicans* residente de la familia de los hongos más frecuente en la cavidad oral (27).

En cuanto a la disolución de tejido orgánico, el hipoclorito de sodio tiene la capacidad de diluirlo, la revisión realizada por Mohammadi (27) habla de la importancia de la concentración para que esta propiedad sea aprovechada, hipoclorito de sodio al 5% diluye la materia orgánica en 20 minutos, sin embargo otros estudios, mencionan que no existe diferencia significativa entre las diferentes concentraciones y la disolución de tejido, la disolución del tejido depende de tres factores: frecuencia de la agitación, cantidad de material orgánico en relación con la cantidad de irrigante dentro del sistema y de la superficie de tejido que está disponible, sin embargo, in vivo la presencia de materia orgánica (exudado inflamatorio, restos de tejido, y el biofilm microbiano) consume NaOCl y debilita su efecto. Por lo tanto, la irrigación continua en el tiempo son factores importantes para la eficacia de NaOCl (1). En la revisión se menciona el aumento de la temperatura en la disolución de tejido orgánico como un factor que no es relevante en el momento de realizar la irrigación, hipoclorito de sodio al 1% a 45°C tiene la misma capacidad de disolución de tejido orgánico que hipoclorito de sodio al 5% a 20°C. Entre las múltiples cualidades del hipoclorito de sodio la capacidad como agente hemostático también, juega un papel importante en su desempeño como irrigante durante el tratamiento de endodoncia, especialmente utilizado en tratamiento de exposiciones pulpares pequeñas donde se ha encontrado contaminación bacteriana, hipoclorito de sodio al 3% fue biocompatible como un agente hemostático eficaz, no se ha evidenciado necrosis pulpar de 7 a 27 días después del tratamiento.

Cuando se encuentra en contacto con proteínas del tejido, se forman, nitrógeno, formaldehído y el acetaldehído, dentro de un corto tiempo enlaces de péptidos se rompen resultando en la disolución de las proteínas, tejido necrótico y pus de este modo se disuelven y el agente antimicrobiano pueden alcanzar y limpiar mejor las áreas infectadas, como consecuencia de esta reacción este agente irrigante es altamente tóxico para los

tejidos circundantes a la zona periapical, causando dolor agudo, inflamación, hemorragia en algunos casos parestesia e infección.

Basrani y Haapasalo recomiendan para lograr la mayor eficacia del hipoclorito como irrigante tener precauciones con el almacenamiento, entre ellos, mencionan, el pH bajo desestabiliza la solución esto sucede por la presencia de iones metálicos, la exposición del recipiente de almacenamiento a la luz y temperatura más elevada (1). Concluyen que los biocidas de acción rápida como hipoclorito de sodio requieren un tiempo de trabajo suficiente para alcanzar su potencial. Se sabe que el contacto de NaOCl con dentina causa el agotamiento del cloro libre disponible, resultando en la degradación de proteínas, además de un aumento de la temperatura y los cambios en el nivel de pH(28). El cloro, responsable de la disolución y de la capacidad antibacteriana de NaOCl, es inestable y se consume rápidamente durante la primera fase de disolución de tejido, probablemente dentro de 2 min; por lo tanto, los autores recomiendan que la reposición continua sea esencial. Los autores consideran que la introducción de los instrumentos rotatorios en endodoncia acelerando el proceso de la preparación debe fomentar la extensión. Sin embargo, la concentración y tiempo óptimos para que la solución de hipoclorito de sodio sea eficaz aún no ha sido definido (1).

6.3.3.1 Efecto del Hipoclorito de Sodio sobre la dentina.

En condiciones óptimas los irrigante endodónticos deben eliminar el material orgánico y neutralizar los microorganismos de las superficies del canal radicular sin alterar la estructura de la dentina, el hipoclorito de sodio ha sido el agente irrigante gold estándar por muchos años (8, 9, 16, 28-30), sin embargo es importante evaluar los efectos del hipoclorito de sodio sobre la dentina debido al incremento en la incidencia de fracturas verticales. Existen estudios que confirman que eliminar la infección y lograr un conducto totalmente aséptico es imposible, por lo cual en el afán de lograr este objetivo ha habido una tendencia entre los clínicos a usar una mayor concentración de hipoclorito de sodio con el fin de lograr más "efecto terapéutico a fondo" en un tiempo de tratamiento más corto, el hipoclorito de sodio, que es un producto químico muy reactivo, cuando se aplica a una alta concentración durante un largo periodo, junto con sus efectos terapéuticos deseados, tiene efectos no deseados sobre la dentina del conducto radicular (30), uno de los objetivos del tratamiento de endodoncia es proteger la estructura del diente de manera que los procedimientos físicos y tratamientos químicos no causan el debilitamiento de la dentina / raíz sin embargo, la erosión de la dentina es un riesgo latente que aún no se ha estudiado mucho (31).

La composición química de la fracción inorgánica de la dentina es similar a la de la apatita ósea conocida como un reservorio de carbonato proporcionando de esta manera un almacenamiento de las reacciones acido-base y su equilibrio en el cuerpo. La gran dificultad del tratamiento de endodoncia es lo complejo de la anatomía y la variedad de componentes y la mezcla entre material orgánico e inorgánico; la hidroxiapatita siendo uno de los principales componentes inorgánicos de la dentina, la importancia de los diferentes componentes tanto inorgánicos como orgánicos dentro del conducto radicular incluyendo sangre y exudado purulento, han restringido la investigación en irrigantes en endodoncia debido a la incapacidad de reproducir estos componentes en un modelo in vitro, el

hipoclorito es una base fuerte que reacciona con los amino ácidos mediante reacciones de neutralización y Cloraminación, lo que lleva a la degradación de los mismos, el efecto de desproteinización es el más usado en el tratamiento de endodoncia. El colágeno tipo I y los glicosaminoglicanos se pierden después de realizar irrigación con NaOCl utilizando un modelo de dentina desmineralizada. Sin embargo, en la dentina intacta el colágeno es capaz de resistir la actividad oxidativa del hipoclorito (27).

Se ha descrito la composición de la dentina sobre la base de componentes orgánicos e inorgánicos. El calcio (Ca) y fósforo (P) presentes en los cristales de hidroxiapatita son los principales componentes inorgánicos de tejido duro dental, se ha informado que algunos agentes químicos causan alteraciones en la estructura química de la dentina humana y cambiaron la relación Ca / P de la superficie de la dentina. Las alteraciones en la relación Ca / P puede cambiar la relación original entre los componentes orgánicos e inorgánicos que a su vez cambian las características de permeabilidad y solubilidad de la dentina y también puede afectar a la adherencia del material dental a los tejidos duros (22). Doğan (14), mediante microcopia electrónica de barrido y dispersión de energía de espectrometría de microanálisis, realizó irrigación con 10 ml de hipoclorito de sodio al 2.5% en dientes humanos extraídos, observo alteración significativa en el contenido mineral de la dentina radicular. Concluyó que el tratamiento causó la acumulación de minerales en la dentina de la porción radicular, y el aumento de la cantidad de carbonato con la reducción de la cantidad de fosfato. Sugirió que el uso de NaOCl solo como un irrigante puede exponer el material inorgánico que impide aún más la disolución de la dentina o puede disolver los componentes orgánicos y dejar una capa de frotis de tejido mineralizado. Esta capa mineralizada sería una de las razones por las que la irrigación con NaOCl ha aumentado la relación Ca / P de la superficie de la dentina.

El colágeno tipo I principal componente de la parte orgánica de la dentina que representa el 22% de su composición, se le atribuyen las propiedades mecánicas de este tejido. El hipoclorito de sodio es conocido para fragmentar las cadenas de péptidos largos y clorar grupos terminales proteicos; los resultantes N -cloraminas se descomponen en otras especies, en consecuencia, las soluciones de NaOCl pueden afectar a las propiedades mecánicas de la dentina a través de la degradación de los componentes orgánicos de misma(1). La investigación en la actualidad se centra en estudiar si la concentración de la solución y el tiempo de exposición en el tejido pueden alterar estas propiedades. Se han realizado estudios en los que se comprueba que el aumento en el tiempo de exposición a la solución altera las propiedades como la microdureza de la dentina, el aumento de la concentración por su parte altera propiedades como el modulo elástico y la resistencia a la flexión (32). La desorganización morfológica, principalmente del colágeno, y la pérdida de estructura de la matriz orgánica en la dentina del conducto radicular se han observado (7). Whittle (24) demostró que, al menos, el colágeno tipo I y sulfatos de condroitina se ven afectados por este compuesto oxidante. Es probable que otras proteínas de matriz de dentina se afectaran durante el tratamiento con NaOCl.

Los proteoglicanos son un grupo de macromoléculas de la superficie celular y la matriz extracelular que se compone de un núcleo de proteína a la que están unidos uno o más cadenas de glicosaminoglicanos, son altamente hidrofílicos y polianiónico debido a los grupos carboxilo y sulfato presentes en las cadenas de glucosaminoglicanos. Esto les

permite regular el contenido de agua y la permeabilidad intratubular. Los estudios inmunohistoquímicos han demostrado que la condroitina-4-sulfato, condroitín-6-sulfato y sulfato de queratán están distribuidos en predentina, y sólo condroitina-4-sulfato fue confinado principalmente a los túbulos de la dentina se encuentran los procesos odontoblasticos. Observaciones sugieren que 5% NaOCl afecta de manera diferente la organización de colágeno y proteoglicanos en la matriz extracelular de dentina mineralizada (24).

Whittle (24) realizo una sola exposición durante 2 min a una solución de NaOCl al 5% produjo una drástica pérdida de inmunorreactividad para anticuerpos anti colágeno utilizados en segmentos de dentina mineralizada, detecto una banda estrecha e irregular en la superficie de la dentina. Los resultados de este estudio sugieren que 5% NaOCl induce alteraciones en el colágeno y glicosaminoglicanos de la dentina y muestran el papel protector de la hidroxiapatita en la estabilidad de matriz orgánica.

Jun-qi Ling realiza un estudio con microscopia electrónica de barrido en barras de dentina las expone a irrigación con NaOCl en concentraciones de 5.25% y 1.23%, indica, que ambas concentraciones de NaOCl eran capaces de eliminar la fase orgánica del "subsuelo superficial" de la dentina mineralizada. Los datos encontrados, según el autor, confirman los resultados de estudios anteriores done el uso de NaOCl como un irrigante crea una capa visible de apatita rica en colágeno disperso, en la capa del "subsuelo" dentinal que es probable que sea más frágil que la dentina mineralizada sin tratar (33), el autor sugiere que esta variable depende del tiempo y la concentración. Agrega, que aunque ambas concentraciones de NaOCl causan un aumento lineal dependiente del tiempo en la eliminación de la fase orgánica de la dentina mineralizada, la tasa y el grado de eliminación fueron considerablemente más graves con el uso de 5,25% NaOCl como irrigante inicial. Menciona que a diferencia de las conclusiones derivadas de algunos estudios publicados, la causa de la erosión de la dentina en endodoncia no se debe a la utilización de EDTA como irrigante de quelación de calcio activo. Afirma que esta erosión se deriva de la utilización de NaOCl como irrigante inicial, con el efecto perjudicial relacionado con las concentraciones de NaOCl y sus tiempos de contacto con la dentina radicular intacta. El autor, agrega que el efecto destructivo superficial de NaOCl sobre la dentina mineralizada es irreversible y está presente con independencia de si se emplea posteriormente EDTA. Esto abre la puerta a futuras investigaciones pues si el hipoclorito por si solo logra afectar la capa del "subsuelo superficial" de la dentina esto podría conllevar a alterar las propiedades mecánicas de la dentina.

La erosión de la dentina no ha sido muy estudiada, sin embargo algunos estudios han comprobado que la exposición prolongada al hipoclorito de sodio puede ocasionar cambios estructurales en el tejido, sumado al aumento de la concentración, se han realizado experimentos in vitro en barras dentinales y se ha comprobado reducción considerable en el la resistencia a la flexión y el módulo de elasticidad. (10)

Sobhani y Gulavibala (26) reportaron que las sustancias irrigadoras usadas en la preparación biomecánica, como el Hipoclorito de Sodio (NaOCl) modifican las microestructura de la dentina, comprometiendo las propiedades físicas de esta. El estudio plantea que el patrón de irrigación puede producir defectos tipo grietas en la superficie

dentinal lo cual bajo cargas cíclicas puede permitir el crecimiento de estos defectos y causar fatiga que lleva a fracturas radiculares verticales de mal pronóstico (14).

Actualmente en la literatura internacional surge el interrogante de si esta alteración en la concentración y el tiempo de exposición pueden afectar las propiedades físicas de la dentina propiciando el incremento de fracturas radiculares verticales. Se ha demostrado la diferencia en la efectividad de la remoción del biofilms al elevar la concentración del hipoclorito de sodio en estudios ex vivo aumentando la concentración hasta en un 6% (10).

Se ha especulado entonces sobre el efecto del hipoclorito sobre la dentina, la nueva tendencia de conocimiento en endodoncia busca que este conocimiento manejado empíricamente hasta ahora y basado en la experiencia individual pase a ser basado en la evidencia por lo que en la actualidad múltiples estudios se enfocan hacia el análisis de la literatura, el conocimiento y la experiencia individual del clínico para sustentar si realmente los medicamentos e irrigantes intra conducto alteran las propiedades de la dentina, Gulavibala ha realizado estudios sobre el efecto que tiene el NaOCl sobre el sustrato dentinal, sin embargo y como se puede ver en sus estudios la principal dificultad con respecto al tema es que se realizan los estudios en el laboratorio la mayoría de veces sobre lo que él denomina unas barras de dentina a las cuales se les aplican fuerzas luego de sumergirse en concentraciones altas de hipoclorito, esto no reproduce la realidad clínica, otro inconveniente es que los estudios reportados in vivo se realizan sobre otras especies (34, 35).

6.3.4 Interacciones entre el hipoclorito de Sodio, la clorhexidina y el EDTA (ácido etilendiaminotetraacético).

El protocolo clínico sugerido por Zehnder para el tratamiento de la dentina antes de la obturación del conducto radicular consta de irrigación con NaOCl para disolver los componentes orgánicos, irrigación con EDTA para eliminar la capa de frotis, y la irrigación con CHX para aumentar el espectro de la actividad antimicrobiana y difundir sustantividad (19).

Combinación de EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) con NaOCl, altera significativamente la relación entre el calcio y fosfato (7), el uso de este régimen de irrigación doble resultó en la erosión esporádica de las paredes del conducto que se caracteriza por la disolución de la superficie de la dentina intertubular y peritubular y la coalescencia de los túbulos dentinarios ensanchadas (33), puede disminuir la capacidad del hipoclorito para eliminar el tejido orgánico eliminando el cloro, , sin embargo, el EDTA conserve su capacidad de agente quelante de calcio, por lo cual, se recomienda utilizar estos agentes por separado, o en un régimen estricto alternando con agua destilada. El uso de irrigantes como EDTA e hipoclorito de sodio alternados determina el grado de erosión de la dentina, se ha comprobado que la erosión de la dentina se da después de 1 minuto de exposición del hipoclorito después de la aplicación de un agente como EDTA, esta erosión ocasionada por esta combinación es proporcional al tiempo de exposición, en la revisión realizada por Basrani y Haapasalo se argumenta que a pesar de que la erosión no ha sido comprobado como factor predisponente para las fracturas verticales si se sabe, en teoría, que el componente mineral en el tejido conectivo duro contribuye a la resistencia y el módulo elástico, mientras que el colágeno es responsable de la dureza al alterar estos dos

componentes se podría ver afectada la capacidad de resistencia a la fractura del tejido, mencionan, factores predisponentes para este caso en específico, profundidad de la erosión, el grosor de la raíz, y la cantidad de dentina esclerótica en la raíz, sin embargo, mencionan que este tipo de erosión puede ayudar en la consecución de una superficie de la pared del conducto radicular limpia, libre de desechos y bacterias (1).

Combinación de EDTA y clorhexidina producen un precipitado blanco, formando una sal al interactuar ambos agentes. Sin inhibir ninguna de las dos reacciones.

Figura 6. Erosión dentinal por uso de EDTA+ Hipoclorito (3).

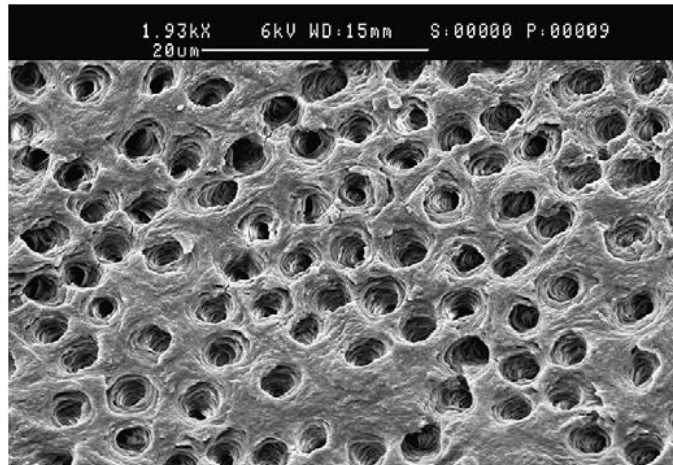
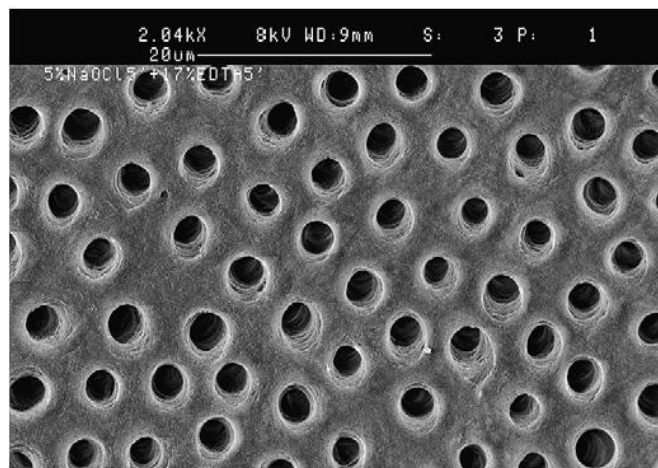


Figura 7. Dentina después de irrigación de EDTA + NaOCl (3).



Combinación de hipoclorito de sodio con clorhexidina en una secuencia lineal resulta en la formación de un precipitado, que se compone principalmente de paracloroanilina, la formación podría explicarse por la reacción ácido-base que se produce cuando hipoclorito de sodio y clorhexidina se mezclan juntos, clorhexidina, es un ácido dicatiónico, tiene la capacidad de donar protones mientras NaOCl es alcalino y puede aceptar protones del ácido dicatiónico, ocluyendo los túbulos dentinales, evitando el selle posterior con materiales de obturación, se ha observado una reducción de la permeabilidad en el tercio apical como resultado del precipitado (1, 19).

6.4 Alteraciones de las propiedades químicas de la dentina con el uso de hipoclorito de sodio como irrigante endodóntico.

El hipoclorito de sodio ha sido estudiado como irrigante endodóntico por las implicaciones que tiene su uso sobre las propiedades químicas de la dentina, en la actualidad, se revisan las propiedades mecánicas por el aumento de las fracturas verticales.

Pashley (36) demostró que el tratamiento con hipoclorito de sodio cambia la composición química de la dentina. Agrega que el componente mineral y la contracción volumétrica de la dentina tratada con NaOCl también se modifican. Durante el tratamiento del conducto radicular, soluciones de NaOCl se emplean habitualmente para la irrigación y el desbridamiento y pueden debilitar los dientes tratados endodónticamente, sin embargo este estudio es realizado con tiempos prolongados que no se ajustan a la realidad clínica del uso del irrigante. Se podría esperar que el agotamiento de la parte mineral de la dentina por tratamiento con EDTA causara mayor reducción de la fuerza de la porción de proteína por tratamiento con NaOCl. Sin embargo, la eliminación completa de las proteínas de la dentina no dejaría el apoyo a los pequeños cristales de dentina. Además, el tratamiento de la dentina con soluciones de NaOCl no sólo puede eliminar la matriz de colágeno orgánico, sino también algo del contenido mineral que en última instancia hace a la dentina mucho más débil de lo normal. Menciona que al momento de realizar la inmersión durante dos días con hipoclorito de sodio se observó la fractura del espécimen (láminas de dentina de terceros molares) lo cual, no sucedió en la preparación de las láminas con EDTA.

En el estudio realizado por España y col (22), sobre barras de dentina se comparó la pérdida de concentración de calcio en la irrigación con hipoclorito al 2.5 %, EDTA 15 % , ácido cítrico 15%, ácido fosfórico al 5%, encontrando mayor pérdida de iones de calcio, con la irrigación con EDTA en tiempos de 5, 10 y 15 minutos, por el contrario en la irrigación con hipoclorito de sodio al 2.5% no se mostró disminución significativa en la concentración de calcio. Menciona, que la solución de hipoclorito de sodio 2,5% obtuvo un mayor porcentaje de extracción de iones de calcio durante los primeros 5 min, en otros estudios, seguido de una lenta disminución en la tasa de extracción, sin diferencias significativas entre el 5-min (43,43%) y 10 min (34.04%) de tiempos de inmersión. Los cambios en hidroxiapatita y la re mineralización después del tratamiento de hipoclorito de sodio pueden ser responsables de la disminución de calcio y fósforo que se encuentra en la dentina de la porción radicular, agrega que la eliminación del componente orgánico de la dentina ocasionada por el hipoclorito de sodio aumenta la porosidad de la dentina residual, explica que el paso iones de Ca^{2+} en la solución irrigante explicaría los resultados obtenidos en cuanto a descalcificación con solución de hipoclorito de sodio al 2,5% en el estudio (14).

En cuanto a la rugosidad de la dentina, Belli reportó que el tratamiento con 2,5% a 5,25% NaOCl y 17% de EDTA mostro significativamente mayor rugosidad de la dentina radicular, encontrando valores de 0.25 para concentraciones de 5.25% y de 0.26 en concentración de 2.5%, control de agua destilada con valor de 0.11 en un estudio realizado para verificar alteraciones de microdureza (16).

Yan Gao (37), se refiere a las soluciones de irrigación y como pueden cambiar otras propiedades de la superficie de la dentina radicular y coronal como humectabilidad, que podrían influir en la adherencia de las bacterias y su interacción entre la dentina y materiales de restauración, se refiere a la humectabilidad como un factor dependiente de la composición química, rugosidad, y el estado de hidratación y que podría ser influenciada por la densidad de túbulo.

Otro aspecto encontrado en la revisión es la estabilidad del pH de la solución que se ve alterado al momento de la irrigación por el contacto con tejido, Zehnder realiza un estudio sobre el pH de la solución y busca estabilizarla por medio de una solución proteolítica de NaOH (hidróxido de sodio), concluye que esta solución tiene un efecto más fuerte que la solución no enriquecida, por otro lado, este tipo de solución de hipoclorito enriquecida al mantener el pH a lo largo del experimento también pueden infligir más daño a la dentina y potencialmente ser más caustico (23).

Con respecto a la rigidez de la dentina ElAyouti muestra una reducción en un 1.4 % y con respecto al módulo de elasticidad en un 3% cuando se utilizó NaOCl al 5%, plantea, que al considerar un material homogéneo y se da una reducción del 3% en la elasticidad puede ser irrelevante, sin embargo, la dentina es anisotrópica y varía de espesor así, una reducción del 2 a 3% puede conducir a la generación de micro fisuras en las regiones de concentración de esfuerzos, con respecto a la elasticidad se da una reducción del 24% del módulo de elasticidad en comparación con agua destilada, menciona otros autores que hablan de la misma propiedad señalando una reducción de 2% a 33%.(38)

Se ha llegado a la conclusión que la principal inferencia clínica fue que los dientes de tratados endodónticamente, ya tienen compromiso por la pérdida de la estructura dental, en particular por las interrupciones en la continuidad de la banda de esmalte circunferencial, la irrigación con NaOCl al 5% podría debilitar aún más la estructura dental al usarse como agente de irrigación exclusivo, aunque junto con el uso de 17% de EDTA se puede presentar mayor alteración. El aumento de la deformación, aunque significativa, no infiere directamente en el aumento del riesgo de fractura del diente. Sin embargo, mencionan que una posible hipótesis, podría estar dada por los patrones de irrigación que pueden producir defectos en la superficie de la dentina, esto sumado a la carga cíclica bajo tensiones normales de la masticación pueden permitir el crecimiento de grietas por fatiga a proporciones catastróficas.

6.5 Alteraciones de las propiedades físicas de la dentina con el uso hipoclorito de sodio como irrigante endodóntico

6.5.1 Resistencia a la flexión

Según Zehnder, resistencia a la flexión se relaciona con la fuerza máxima que un material puede soportar antes de romperse (29), la disminución de la resistencia a la flexión también es clínicamente relevante según la revisión realizada por Rontani y col. (8) pues indica que se requieren menos fuerzas para las uniones cohesivas dentro de la dentina para fracturarse.

Pashley demostró que existe reducción significativa en la resistencia a la tracción de la dentina cuando se irriga con hipoclorito de sodio, mostro que este tejido tiene la fuerza más baja de todos los grupos incluidos en el experimento (EDTA, infiltrado de resina) cuando se trata por dos días, incluso comparada con EDTA (36).

Zehnder en un estudio realizado sobre barras de dentina en constante hidratación con agua destilada, e irrigación con hipoclorito de sodio y EDTA, presento los siguientes resultados, la media de valores de los módulos elásticos fueron estadísticamente similares entre todos los grupos objeto de investigación, lo que indica la ausencia de un efecto EDTA y / o NaOCl en esta variable de resultado en las condiciones actuales de irrigación para hipoclorito alternado con agua destilada en secuencia de 21 minutos inicial y 3 minutos alternando los dos irrigantes. La exposición de hipoclorito de sodio redujo significativamente la fuerza de flexión 195 Mpa para agua destilada (grupo control) 146 Mpa (hipoclorito de sodio). Esto se observó en el grupo 24 minutos a 2.5% NaOCl (29). Sin embargo y en contravía a lo descrito por los demás autores Messias (39), describe que las resistencia a la flexión de la dentina radicular tratada con agentes químicos no difiere de la dentina expuesta a agua destilada, menciona que a pesar de que los resultados controvierten otros estudios, este puede darse por variable en el tiempo que al ser más corto de 10 minutos para este estudio puede justificar la ausencia de efectos negativos de NaOCl sobre la resistencia a la flexión.

Gulavibala y Grigoratos, (34) demostraron alta diferencia significativa después del tratamiento con NaOCl al 3% y 5% de NaOCl, sin embargo no demostró diferencia estadísticamente significativa entre el uso de estas dos concentraciones. Los autores introducen un término “Green stick” o “palo verde”, lo cual explican es una fractura sin desplazamiento, mencionan que las barras de dentina mostraban este tipo de comportamiento, al no fracturarse a la carga máxima pero continuando la deformación.

Gulavibala y Sim (26), relacionan la textura blanquecina “calcárea” con una disminución en los valores de resistencia a la flexión y rigidez en el grupo de concentración de NaOCl al 5% comparada con 3%, concuerda con otros autores en que este cambio se debe a pérdida de la matriz orgánica en el tejido, agregan que al realizar las pruebas con dientes completos que conservan la banda de esmalte alrededor de la dentina cervical tuvo un efecto significativo de refuerzo en la rigidez del diente. El aumento de la deformación después de la irrigación con NaOCl fue de 15.9% para la tracción y 33.5% para la comprensión, este cambio aunque estadísticamente es significativo no indica con seguridad al aumento en el riesgo de fractura al repetir sobre él una carga.

6.5.2 Modulo elástico

Según Zehnder, es una medida de la deformación lineal de un material durante la tensión mecánica (29).

Pashley menciona el efecto del hipoclorito de sodio sobre el módulo de elasticidad de la dentina mostrando una disminución en las propiedades mecánicas del tejido (36).

Gulavibala y Grigoratos (34), establecieron que no había diferencia estadísticamente significativa en los módulos de elasticidad entre las concentraciones de 3% y 5%, aunque los valores para la concentración del 5% eran más altos.

6.5.3 Microdureza/dureza.

Como ya se mencionó anteriormente, la microdureza de la dentina se encuentra valores entre 60 y 70 kg/mm² dependiendo la zona del diente. Prueba de Knoop de microdureza con indentador se ha utilizado en varios estudios para medir estos valores, Belli realizó un estudio sobre clorhexidina y comparo los valores de microdureza al utilizar diferentes agentes irrigantes entre ellos el hipoclorito, el resultado utilizando como grupo control la irrigación con agua destilada con microdureza de 61.86 +/- 11, fue una reducción significativa en esta propiedad cuando se utiliza hipoclorito de sodio con un valor de 51.74 +/- 6.03 en concentración de 5.25% y 50.86 +/-5.08 en concentración de 2.5% (16).

Pashley mide la microdureza en dureza Knoop afirma que el tratamiento con hipoclorito de sodio al 5% redujo significativamente al 47% del valor de microdureza en dentina mineralizada. Sin embargo en cuanto a la fuerza menciona que no se observan cambios evidentes en la morfología que se pueden correlacionar con la disminución de esta propiedad. Encontró que la dureza de la dentina tratada con NaOCl era 50% menor que la dureza de la dentina mineralizada. Esto refleja la eliminación de la porción orgánica y también parte del contenido mineral (36).

Oliveria realiza un análisis de los datos encontrados en microdureza indica la diferencia estadísticamente significativa en los valores de microdureza Vickers entre los grupos (clorhexidina 2% e hipoclorito de sodio al 1%). Conductos radiculares con irrigación de clorhexidina al 2% y 1% NaOCl redujo significativamente los valores de microdureza en los dos grupos de 500 micras y 1.000 micras desde la interfaz de la pulpa-dentina en relación con el grupo control (solución salina 0,85%) en todas las secciones (cervical, medio y apical). Para hipoclorito la microdureza fue de 19.84 y 20.75 respectivamente, el control con microdureza de 30,73 y 30.23 respectivamente, concuerda con estudios anteriores y con los valores mencionados anteriormente, que indican que la microdureza de la dentina se relaciona con la ubicación, y su valor se disminuye a medida que las muescas están más cerca de la pulpa (20).

Adicionalmente, Rontani y col. (8) se refieren a los cambios significativos en la dureza de la dentina después del tratamiento NaOCl indican efectos directos potentes de este agente químico en el contenido de materia orgánica y mineral de la estructura de la dentina. Por otra parte, la contracción volumétrica de la dentina tratada con NaOCl y los cambios en la cristalización de apatita de la dentina son factores importantes en la determinación del perfil de dureza intrínseca de las estructuras de dentina, confirma como otros autores que la microdureza es dependiente de la ubicación, atribuye esta variación a la cantidad de hidroxapatita encontrada en la zona intertubular, esta estructura determina la dureza de la estructura dentinal. En otro estudio (39) realizado por el mismo autor, informa valores de microdureza para especímenes sin tratar de 16.16 y valores de especímenes con irrigación de NaOCl al 1% de 11.46 confirmado lo dicho por otros autores, es decir, se encuentra una disminución pero no es significativa por lo menos con esta concentración de NaOCl.

Cruz-Filho, afirma, que la determinación de la microdureza puede proporcionar una evidencia indirecta de la pérdida o ganancia de mineral en los tejidos duros, confirma, la teoría de alteración de la microdureza de hipoclorito como irrigante comparado con el control de agua destilada, los resultados del estudio de este autor muestran, valores de microdureza Knoop para hipoclorito de 48.3 +/- 2.4 y para el control de 67.4 +/- 3.4, este valor es mucho más alto que el estudio anteriormente mencionada de Oliveria puede ser debido que el estudio de Cruz- Filho es realizado en la parte de la furcación específicamente (31).

Kinney y col. sugirió que la disminución en la dureza es causada por la disminución en la rigidez de la matriz de la dentina intertubular causado por la distribución heterogénea de la fase mineral dentro de la matriz de colágeno (30), supone que adiciones hechas al hipoclorito como detergentes incrementan la capacidad de disolución de la solución, en cuanto a la microdureza de la dentina en este estudio se vio alterada en los tres grupos investigados, con tres agentes diferentes Clor-Xtra, hipoclorito en gel 5.25% y solución de hipoclorito, observo disminución de esta propiedad muy similar. Atribuyo y confirma lo investigado por otros autores que la disminución de la microdureza se da por una alteración en el componente de colágeno de la matriz dentinal, menciona otra posible hipótesis, la solución de hipoclorito promueve la disminución en la cantidad de fosfato cuando entra en contacto con la dentina, concluye por lo tanto que la concentración y el tiempo de acción de la solución sobre la dentina interfiere en los valores de microdureza, agrega que esto depende de la ubicación de la indentación donde se realiza la prueba, en este estudio se realizaron en dos zonas en la dentina cervical y en el segmento apical.

Serper, (40) concuerda con lo mencionado por los demás autores con respecto a los valores de microdureza que disminuyen según el sitio donde se realice la muesca para la medición, afirma que las zona más vulnerable es la zona más cercana a la pulpa por el aumento del número de los túbulos dentinales y de mayor diámetro.

6.5.4 Tensión superficial

La tensión superficial es medida en la zona cervical del diente, utilizando sensores de tensión eléctrica, durante la carga cíclica de los dientes irrigados (41).

Figueiredo, en una revisión sobre la tensión superficial del hipoclorito (42) ha sugerido que la modificación de la tensión superficial de soluciones de irrigación puede mejorar la eficacia de riego al permitir que fluyan irrigantes en áreas remotas, ya que la tensión superficial inhibe la propagación de un líquido sobre una superficie y su capacidad para penetrar en los tubos capilares, sugiere que los supuestos beneficios de la reducción de la tensión superficial de los irrigantes de conductos radiculares son el aumento escombros libres del conducto radicular de la dentina, la adaptación a las paredes de la dentina, mejor penetración túbulo y un intercambio más rápido con una solución fresca. Agrega que los valores de tensión superficial de las preparaciones de NaOCl reportadas en la literatura son muy variables, debido a las diferencias en las soluciones ensayadas, la temperatura y las metodologías utilizadas para medir sus valores.

Serper, (40) define la tensión superficial como la fuerza entre moléculas que genera una tendencia a que el área de superficie de un líquido disminuya, agrega que al destruirse esta

atracción molecular la tensión superficial disminuye, esto se logra a través de una fuente de calor o de un agente tensioactivo como un detergente, que en muchas ocasiones se adiciona al NaOCl mejorando la eficacia anti bacteriana, facilita la penetración del irrigante a la superficie de la dentina y aumenta la humectabilidad de la superficie de la dentina.

Knowles (34) se refiere a la tensión superficial del diente bajo carga, afirma que la deformación puede definirse como el cambio de la longitud por unidad de longitud de un objeto cuando se aplica la tensión y que por lo tanto la medición de esta tensión en un diente bajo carga proporciona entonces una estimación de la flexión del diente por lo cual el utiliza no solo una carga sino múltiples cargas pequeñas que no llevan a la fractura en el mismo diente, esto es valioso para la investigación pues es semejante a las cargas cíclicas recibidas en los dientes cuando se encuentran en la cavidad oral. Comprobó que estas cargas cíclicas producen micro grietas y pérdida de la rigidez después de la irrigación con NaOCl en un protocolo de irrigación de 30 minutos a 3% de concentración, 30 minutos a 5.1%, 30 minutos a concentración de 7.3%.

Gulavibala y Knowles (43), realizaron un estudio con un diseño metodológico muy preciso y basados en los hallazgos tanto negativos y positivos de las publicaciones anteriores del mismo autor, tuvieron en cuenta en esta ocasión la anatomía dental, concluyen que, ninguno de los parámetros de la anatomía del diente (espesor medio de la dentina en la unión cemento-esmalte y la morfología del canal) tenían una influencia significativa en el cambio en la tensión superficial de los dientes, además, todos los dientes del estudio (n=12) mostraron un aumento en los valores de pico de tensión después de la irrigación con 5% de NaOCl seguido en la mayoría por un estancamiento de aumento de la tensión. En cuanto a la concentración del 3% sugieren que al no tener datos un cierto aumento en los valores de tensión y no ser significativamente diferente de la irrigación con solución salina, puede ser una concentración 'segura' de usar. En este estudio en específico siendo una secuencia de cuatro estudios realizados por el mismo autor, se encontró que los 12 dientes en el grupo NaOCl mostraron una disminución significativa en los valores pico de tensión 54% desde la línea de base, el apoyo a las conclusiones anteriores lo cual apoya los estudios anteriores realizados. Los autores coinciden en el aumento de la tensión su reducción después de 60 minutos de irrigación. Se presentó un aumento en la tensión en un régimen de irrigación cada diez minutos, bajo el estricto protocolo metodológico del estudio, se encontró que después de 60 minutos de irrigación con 5% de NaOCl se produjo un aumento de 24% aumentado a 47% en 70 minutos observando el pico ya mencionado en el aumento de la tensión (44).

6.6 Modificaciones de la concentración tiempo y temperatura del Hipoclorito de sodio usado como irrigante endodóntico y sus implicaciones en las propiedades físicas de la dentina.

6.6.1 Tiempo

Zehnder postuló que el tiempo de exposición de 2 horas de la dentina a solución de NaOCl en concentración del 3% disminuyó significativamente el módulo y la resistencia a la flexión elástica de dentina humana en comparación con un control de la exposición a la

solución salina fisiológica, con lo que posiblemente se contribuye al debilitamiento de la pared del conducto radicular (29).

Rontani y col. (8) mencionan reducciones en el módulo de elasticidad y la resistencia a la flexión en la dentina al utilizar irrigación con hipoclorito de sodio en concentraciones de 2.5% a 9% dentro de 24 minutos a 2 horas. Concluye que el efecto del NaOCl en la dentina afecta las propiedades mecánicas, sin tener en cuenta el tiempo de irrigación.

El estudio realizado por Jungi Ling (45) en la Universidad de China, determina que el factor tiempo de exposición (1, 5, o 10 minutos) de NaOCl con la misma concentración produjo significativamente distinta amida: proporción de fosfato, que mide el grado de desproteización de la dentina. Esto implicaba que los tiempos de exposición (entre 1 y 10 minutos) de NaOCl producen las diferencias insignificantes de desproteización dentina. Por lo tanto NaOCl elimina los componentes orgánicos, pero no influyó en la fase inorgánica de la dentina humana, mostró una eliminación lenta y heterogénea de la fase orgánica, pero mantuvo el carbonato de apatita sin cambios, sin embargo, se ha informado de que NaOCl puede eliminar no sólo el material orgánico, pero también los iones de carbonato y magnesio de estructura cristalina, así dentina. Estas diferencias pueden ser causadas por las diferentes técnicas utilizadas o las diferencias entre especies en la composición de la dentina, con 5% de tratamiento con NaOCl, el grado de desproteización se mejoró después de 10 segundos, alcanzando mesetas entre 30 y 60 segundos que alcanzan un máximo después de 120 segundos. Afirma que, estos resultados muestran que el grado de desproteización de NaOCl no está relacionado linealmente con el tiempo de exposición en decenas de segundos a varios minutos. Esto es debido al hecho de que el colágeno expuesto en las superficies de dentina puede ser atacado y eliminado rápidamente por las soluciones de NaOCl. Entonces, el proceso de desproteización de NaOCl vuelve al colágeno hidroxapatita encapsulada y muestra poco cambio durante un período de varios minutos. Recomienda finalmente realizar frecuencias de irrigación por más tiempo a concentraciones 0.5% de NaOCl obteniendo mejor capacidad bacteriana y sin afectar el colágeno de la dentina.

Oliveira, apoya la teoría de la disminución de la microdureza solo con el uso de NaOCl al 1% por 15 minutos a profundidades de 1000 micras desde el lumen del canal (20).

Keine, concluye en un estudio realizado con tres diferentes presentaciones de soluciones de NaOCl, que se produce alteración en la matriz de la dentina después de 15 minutos, las soluciones utilizadas son Clor-Xtra (NaOCl + detergente), gel de NaOCl al 5.5% y NaOCl al 2.5%.

Messias (46), menciona, que el tiempo de exposición determina las alteraciones de las propiedades mecánicas de la dentina, al no encontrar cambios específicamente en la resistencia a la flexión con la irrigación con NaOCl por 10 minutos comparada con otros estudios donde sí se encontraron efectos negativos sobre esta propiedad

Serper (39), demostró que la irrigación con 6% de NaOCl durante 5 minutos, disminuyó significativamente la microdureza de la dentina, al igual, que la exposición en 15 minutos.

6.6.2 Concentración

Zehnder, menciona que concentraciones superiores al 3% disminuye significativamente el módulo de resistencia y la flexión elástica de la dentina, discute, basado en los estudios de Gulavibala sobre hipoclorito que el 3% y 5% de NaOCl afectan significativamente tanto la resistencia a la flexión y módulo de elasticidad, una solución de NaOCl al 1% no tiene tal efecto por hasta 1 hora bajo condiciones, lo que subraya la dependencia del tiempo y la concentración de hipoclorito sobre las estructuras orgánicas (29), sin embargo no se ha logrado un consenso entre la concentración ideal de hipoclorito de sodio (35). Reporta como se han utilizado soluciones a una concentración de hasta el 10% de hipoclorito para la irrigación de los conductos radiculares. Sin embargo, reporto que no sólo la disolución de tejido y los efectos antimicrobianos de hipoclorito son dependiente de la concentración, también, el potencial cáustica de este irrigante. Además, la inmersión de barras de dentina de la raíz en 5 ml de NaOCl al 1% a 37 ° C durante 1 hora no causó un descenso significativo en su módulo de elasticidad o resistencia a la flexión en comparación con los valores correspondientes obtenidos con muestras sumergidas en agua. En contraste, 5% y 9% de hipoclorito redujo valores de módulo de elasticidad y resistencia a la flexión. Con respecto al contenido de carbono y nitrógeno se redujo significativamente en concentraciones del 5% y 9% de NaOCl, mientras que 1% de NaOCl no redujo significativamente estos valores comparado con el control del agua. Esto indica un efecto dependiente de la concentración de hipoclorito en los componentes orgánicos de dentina.

Rontani y col. (8) en una revisión sobre hipoclorito de sodio menciona, informes de la reducción en la microdureza de la dentina cuando se utiliza cualquier concentración de NaOCl 1%, 2.5%, 5%, y 6% como irrigante endodóntico. . Concluye que el efecto del NaOCl en la dentina afecta las propiedades mecánicas, sin tener en cuenta la concentración del agente de irrigación.

Por otra parte, Junqui Ling, menciona que, estudios muestran que la apatita: relación colágeno y el tiempo de exposición (10 a 240 minutos) de NaOCl (1,3% y 5,25%) se relacionaron linealmente. Sugiere y concluye que se debe realizar la elección de la concentración con NaOCl según el caso, recomienda utilizar la concentraciones de 0.5% para uso rutinario para minimizar la desproteinización y por lo tanto los efectos sobre las propiedades mecánicas y concentraciones de 5.25% con un mayor tiempo de exposición cuando los conductos se encuentran con infección persistente (45).

Gulavibala y Sim (26) concluyen que el 5.25% de NaOCl tiene un efecto negativo en las propiedades mecánicas de la dentina como la resistencia a la flexión que se ve disminuida en altas concentraciones de la solución, esto implica que los valores de resistencia a la flexión es clínicamente relevante ya que se requiere de menos fuerza para los lazos de cohesión dentro de la dentina al fracturarse.

6.6.3 Temperatura

Haapasalo, (3) comprobó mediante un estudio de disolución de tejido que una manera de mejorar la eficacia de las preparaciones de hipoclorito de sodio es aumentar la temperatura de las soluciones, junto con la activación ultrasónica, y el tiempo de trabajo prolongado. Aunque no existe un consenso general de que el aumento de temperatura aumenta la

eficacia de las soluciones de hipoclorito. Se ha sugerido que el precalentamiento de soluciones de baja concentración mejora su capacidad de disolución de tejido sin efecto en su estabilidad a corto plazo. Este es el objetivo que el clínico quiere alcanzar al aumentar la temperatura de la solución, sin embargo, no se han encontrado durante la revisión estudios que contemplen esta variación y su afectación de las propiedades mecánicas de la dentina.

7. Conclusiones y recomendaciones:

Existe evidencia de que el hipoclorito de sodio (NaOCl) altera las propiedades físicas de la dentina posterior al uso de esta sustancia como agente irrigante en el tratamiento de conducto radicular. Esta alteración puede influir en el comportamiento clínico de los dientes obturados, como soportes de retenedores intrarradiculares. Se observó que el tratamiento con NaOCl cambia la composición química de la dentina alterando como consecuencia el colágeno tipo I principal responsable junto con el componente mineral de las propiedades físicas del tejido. La variable más estudiada es la resistencia a la flexión, la revisión revela resultados contradictorios, algunos estudios aseguran que esta propiedad se ve afectada al momento de la irrigación con la sustancia sin embargo, no se obtiene diferencia significativa al momento de realizar el análisis estadístico, es irrefutable que la pérdida de la matriz orgánica altera tanto la rigidez como la resistencia a la flexión influyendo negativamente en la resistencia de la estructura, se deben realizar estudios estandarizados que midan la resistencia a la flexión con variedad de dientes, conservando y sin conservar el remanente dental circunferencial de esmalte dental, se deben tener en cuenta la mayor cantidad de variables posibles para realizar la simulación, incluyendo grupos control.

Con respecto a la microdureza del tejido por el contrario, se encuentra un consenso entre los autores, se menciona que los valores se reducen con significancia estadística, esto debido a la eliminación de la porción orgánica, el contenido mineral y la cantidad de hidroxapatita en la zona intertubular siempre relacionado con la ubicación y la posición de la muesca donde se coloca el indentador entre más cerca se encuentre la muesca de la pulpa más tendencia a la fractura tiene el espécimen, esto debido a que los valores de microdureza varían según la zona del diente. Por ello es importante estandarizar la zona donde se realizara la muesca al momento de la simulación.

La tensión superficial puede medirse para el irrigante como para el tejido, al aumentar la tensión superficial de la sustancia con el uso de detergentes o el aumento de la temperatura se verá un aumento estadísticamente significativo en la tensión superficial de la dentina lo cual produce una susceptibilidad a la fractura.

La revisión aunque con datos escasos sobre modulo elástico revelo que esta propiedad se ve afectada con las concentraciones superiores a 5% de NaOCl.

Algunos estudios incluidos en la revisión incluyen tiempos excesivos de exposición al NaOCl lo cual no se asemeja a la realidad donde el máximo tiempo de exposición es de una hora con recambio constante de la solución. Al respecto, se encontraron varias referencias de esta variable, los autores coinciden que el aumento en el tiempo de irrigación produce una alteración en la estructura de la dentina por lo mencionado en varias ocasiones, la eliminación del colágeno, se sugiere que la frecuencia de irrigación por más tiempo a concentraciones bajas obtendría una mayor capacidad de eliminación bacteriana sin afectar el colágeno.

No se ha logrado un consenso sobre la concentración ideal de NaOCl, los estudios revisados reportan alteraciones en la dentina con concentraciones superiores al 3%, se comprobó que la concentración al 1% después de una hora no afectó el tejido dentinal, sin embargo la disminución en la capacidad bactericida de la solución preocupa a los investigadores, una recomendación importante es la de escoger la concentración según el diagnóstico pre operatorio, es decir concentraciones bajas para dientes vitales y concentraciones altas para casos de dientes necróticos. Los autores coinciden sin embargo en que a pesar de que las concentraciones menores de 3% afectan en menor medida el tejido, todas las concentraciones afectan las propiedades mecánicas de la dentina en mayor o menor proporción.

El aumento en la temperatura es la variable menos reportada por los autores, se menciona el aumento en esta propiedad para mejor eficacia antibacteriana sin embargo no se reportan estudios sobre la alteración de esta variable y su inferencia en las propiedades físicas de la dentina.

Se debe tener en cuenta que la dentina es una estructura compleja que varía de espesor, posición y diámetro de los túbulos dentinales lo cual influye directamente en la distribución de las fuerzas, esto es relevante para definir la realización del modelo in vitro.

Es importante hacer el recambio constante de la solución de NaOCl para que el pH de la solución se mantenga estable y pueda cumplir con las propiedades de diluir el material orgánico y antigénico del conducto radicular, el recambio sin embargo, demuestra más pérdida de los iones de calcio pues esta pérdida alcanza su pico después de 5 minutos de utilizar la solución.

Se debe conservar en los especímenes de las pruebas in vitro remanente dental en la zona cervical con esmalte dental 360°, la alteración de esta estructura puede elevar la probabilidad de fractura dental. Con respecto a la carga aplicada a los especímenes están deben ser lo más parecidas al comportamiento durante la masticación por lo tanto se deben realizar cargas cíclicas con tensiones normales que reduzcan el riesgo de grietas y fatiga del tejido. Los patrones de deformación consistentes solo pueden poner de manifiesto con atención detallada en el montaje de los especímenes para la simulación. En relación al

número de muestras en los estudios se encontró que las barras de dentina humana en promedio eran bajas por lo cual se sugiere realizar la simulación con la mayor cantidad de barras disponible, si existe la disponibilidad se deben tener en cuenta las múltiples variables con respecto a la muestra como diferente tipo de dientes. Se deben tener en cuenta las recomendaciones sobre almacenamiento y manipulación de la solución de NaOCl y además el almacenamiento adecuado de la muestra (barras/dientes) para evitar la deshidratación, se deben tener en cuenta defectos previos en las barras dentinales que pueden predisponer a la fractura durante la simulación.

Con respecto a la combinación de los agentes irrigantes; EDTA + NaOCl se comprobó una marcada erosión por lo cual no es combinación recomendada en los protocolos de irrigación, sin embargo, los autores sugieren utilizar esta combinación en alternancia de irrigación profusa con agua destilada, en casos de infecciones periapicales persistentes, por otro lado, la combinación de CHX + NaOCl al formar el complejo para-cloro-anilina se recomienda realizar igualmente irrigación profusa con agua destilada, finalmente, combinación de los tres agentes irrigantes en alternancia con agua destilada es sugerida en casos de infecciones persistentes con re tratamiento de conductos radiculares.

La presente revisión concluye que el NaOCl al alterar la composición orgánica de la dentina afecta la mayoría de las propiedades físicas de la dentina, sin embargo, se deben realizar estudios más estandarizados teniendo en cuenta las variables como el grado de compromiso de la estructura dental, variedad en el tipo de especímenes (tipo de diente), número de especímenes sometidos a las pruebas (superior a 12), la rigurosidad en el diseño metodológico de la simulación determinara la exactitud de los resultados esperados.

8. Bibliografía

1. Bettina Basrani MH. Update on endodontics irrigating solutions. *Endodontic topics*. 2012;27:74,102.
2. Carlos Estrela, Eduardo Luis Barbin, Julio Cesar E. Spano, Melissa A. Marchesan, Jesus D. Pecora. Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Brazilian Dental Journal*. 2002;13(2):113,7.
3. Markus Haapasalo YS, Wei Qian, Yuan Gao. Irrigation in Endodontics. *Dental Clinics of North America*. 2010;54:291, 312.
4. Markus Haapasalo YS. Current therapeutic options for endodontic biofilms,. *Endodontic topics*. 2012;22:79,89.
5. M. Al-Ali. Root canal debridement efficacy of different final irrigation protocols. *International Endodontic Journal*. 2002;45(10):898, 906.
6. Debbie T. S. Wong. Extension of Bactericidal Effect of Sodium Hypochlorite into Dentinal Tubules. *Journal of Endodontics*. 2014;40(6):825,9.
7. HÜlsman M. Effects of mechanical instrumentation and chemical irrigation on the root canal dentin and surrounding tissues. *Endodontic topics*. 2013;29:55,86.
8. Fernanda Miori Pascon KRK, Patrícia Almada Sacramento, Marines Nobre-dos-Santos, Regina Maria Puppim-Rontani. Effect of sodium hypochlorite on dentine mechanical properties. A review. *Journal of dentistry* 2009;37:903, 8.
9. Kishor Gulavibala, Glynis Evans & Yuang-Ling Ng. Effects of mechanical and chemical procedures on root canal surfaces. *Endodontic topics*. 2005;10:103,22.
10. Leo TjÄderhane, Lorenzo Breschi, Fraklin R. Tay & David H. Pashley. Dentin basic structure and composition-and overview *Endodontic topics* 2012;20:3,29.
11. J. H. Kinney, G. W. Marshall. The mechanical properties of human dentin: a critical review and re-evaluation of the dental literature. *Critical reviews in oral biology & medicine*. 2003;14(1):13-29.
12. Kishen A. Mechanisms and risk factors for fracture predilection in endodontically treated teeth *Endodontic topics*. 2006;13:57-83.
13. J. H. Kinney, S. J. Marshall, G. W. Marshall. The importance of intrafibrillar mineralization of collagen on the mechanical properties of dentin. *Journal Dental Research*. 2003;82(12):957, 61.
14. Hatice DogÄn SÇ. Effects of chelating agents an sodium hypochlorite on mineral content of root dentin. *Journal of Endodontics*. 2001;27(9):578,80.
15. Dwayne Arola JI, Hessam Majd, Ashraf Fouad, Devendra Bajaj, Xiu Yin Zhang & Naomi Eidelman. Microstructure and mechanical behavior of radicular and coronal dentin *Endodontic topics*. 2012;20:30,51.

16. Hale Ari AE, Sema Belli. Evaluation of the effect of endodontic irrigation solutions on the microhardness and the roughness of root canal dentin. *Journal of Endodontics*. 2004;30(11):792,4.
17. S. Fraix Y-Ln, K. Gulavibala Some factors affecting the concentration of available chlorine in commercial sources of sodium hypochlorite *International Endodontic Journal*. 2001;34:206-15.
18. Markus Haapasalo, Homan Zandi, Jeffrey M. Coll. Erradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endodontic topics*. 2005;10(1):77,102.
19. Zehnder M. Root canal irrigants *Journal of Endodontics*. 2006;32(5):389,98.
20. Luciane Dias Oliveira CATC, William Nunes, Marcia Carneiro Valera, Carlos Enrique Ribeiro Camargo. Effects of clorhexidine and sodium hypochlorite on the microhardness of root canal dentin. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral pathology, Oral radiology, Oral endodontology*. 2007;104(4):e125, e8.
21. D. Mortenson MS, N. M. Flake, A. Paranjpe, I Helling, J.D Jhonson & N: Cohenca. The effect of using an alternative irrigant between sodium hypochlorite and clorhexidine to prevent the formation of para-chloroaniline within the root canal system. *International Endodontic Journal*. 2012;45(9):872,82.
22. M. Pérez-Heredia CMFL, M. P. González-Rodríguez, F. J. Martin-Peinado & S. Gonzalez-López. Decalcifying effect of 15% EDTA, 15% citric acid, 5% phosphoric acid and 2.5% sodium hypochlorite on root canal dentine. *International Endodontic Journal*. 2008;41:418,23.
23. Holger Jungbluth MM, Gustavo De-Deus, Beatrice Sener, Matthias Zehnder. Stabilizing sodium hypochlorite at high pH: effects on soft tissue an dentin. *Journal of Endodontics*. 2011;37(5):693,6.
24. Alejandra Oyarzún AMC, Martha Whittle. Immunohistochemical evaluation of the effects of sodium hypochlorite on dentin collagen and glycosaminoglycans. *Journal of Endodontics*. 2002;28(3):152,6.
25. Ling Zou YS, Wei Li, Markus Haapasalo., . Penetration of Sodium Hypochlorite into Dentin. *Journal of Endodontics*. 2010;36(5):793,6.
26. Sim T, Knowles, JC, Ng, Y.-L., Shelton, J. y Gulabivala, K. Effect of sodium hypochlorite on mechanical properties of dentine and tooth surface strain. *International Endodontic Journal*. 2001;34:120,32.
27. Mohammadi Z. Sodium hypochlorite in endodontics: an unpdate review. *International Endodontic Journal*. 2008;58:329,41.
28. Ricardo Gomes Macedo NPH, Paul Wesselink, Michel Versluis, and Luc van der Sluis. Influence of the Dentinal Wall on the pH of Sodium Hypochlorite during Root Canal Irrigation. *Journal of Endodontics*. 2014;40(7):1005, 8.
29. Monika Marending FP, Jens Fisher, Matthias Zehnder. Impact of irrigant sequence on mechanical porperties of human root dentin. *Journal of Endodontics*. 2007;35(11):1325, 8.
30. Arturo J.A Garcia McK, Regina G. Palma-Dibb, Marcus V.R Só, Maritza A. Matsumoto, Gisele Faria & Kátia C. Keine. Effect of sodium hypochlorite under several formulations on root canal dentin microhardness. *Journal of investigative and clinical dentistry*. 2013;4:229, 32.

31. Danilo Zapparoli PCS, Antonio Cruz-Filho. Effect of sodium hypochlorite and EDTA Irrigation, Individually and in alternation, on dentin microhardness at the furcation area or mandibular molars. *Brazilian Dental Journal*. 2012;23(6):654,8.
32. Slutzky-Goldberg I MM, Liberman R. Effects of sodium hypochlorite on dentin microhardness. *Journal of Endodontics*. 2004;30:880,2.
33. Kai Zhang FR, . Tay, Young Kyung Kim, Jan K. Mitchell, Jong Ryul Kim, Marcela Carrilho, David H. Pashley, Jun-qi Ling. . The effect of initial irrigation with two different sodium hypochlorite concentrations on the erosion of instrumented radicular dentin. *Dental Materials*. 2010;26:514, 23.
34. D. Grigoratos JK, Y-L Ng & K. Gulavibala. Effect of exposing dentine to sodium hypochlorite and calcium hydroxide on its flexural strength and elastic modulus. *International de Endodontic Journal*. *International Endodontic Journal*. 2001;34:113,9.
35. M. Mareending HUL, T. J. Brunner, S. Knecht, W. J. Stark & M. Zehnder. Effect of sodium hypochlorite on human root dentine – mechanical, chemical and structural evaluation. *International Endodontic Journal*. *International Endodontic Journal*. 2007;40:786,93.
36. Victoria Fuentes LC, Raquel Osorio, Manuel Toledano, Ricardo M. Carvalho, David A. Pashley. Tensile strenght and microhardness of treated human dentin. *Dental Materials*. 2004;20:522.9.
37. Xiaoli Hu JL, Yan Gao, . Effects of irrigation solutions on dentin wettability and roughness. *Journal of Endodontics*. 2010;36(6):1064,7.
38. John C, ElAyouti A. Ultrasonic monitoring of the effect of sodium hypochlorite on the elasticity of dentine. *International Endodontic Journal*. 2013;46:477,82.
39. Fernanda Miori Pascon KRK, Juliana Franciele Gaspar, Andreia Bolzan Paula, Regina Maria Puppini-Rontani. Effects of chemical agents on physical properties and structure of primary pulp chamber dentin. *Microscopy research and technique*. 2014;77:52,4.
40. Eda E. Aslantas, Emre Altundasar, Ahmet Serper. Effect od EDTA, Sodium hypochlorite, and clorhexidine gluconate with or without surface modifiers on dentin microhardness. *Journal of Endodontics*. 2014;40(6):876,9.
41. O. E: Sobhani KG, J. C. Knowles & Y-L Ng. The effect of irrigation time, root morphology and dentine thickness on tooth surface strain when using 5% sodium hypochlorite and 17% EDTA. *International Endodontic Journal*. 2010;43:190,9.
42. G. Rossi-Fedele JWP, L. Steier, J. A. P. de Figueiredo. The effect of surface tension reduction on the clinical performance of sodium hypochlorite in endodontics. *Journal of Endodontics*. 2013;46:492,8.
43. R. Rajasingham Y-LN, Knowles, K. Gulavibala. The effect of sodium hypochlorite and ethylenediaminetetraacetic acid irrigation, individually and in alternation, on tooth surface strain. *International Endodontic Journal*. 2010;43(31):31,40.
44. OE Sobhani KG, JC Knowles, Y.-L. Ng. The effect of irrigation time, root morphology and dentine thickness on tooth surface strain when using 5% sodium hypochlorite and 17% EDTA. *International Endodontic Journal*. 2010;43:190, 9.
45. Xiaoli YP, Chee-peng Sum, Jungi Ling. Effects of concentrations an exposure times od sodium hypochlorite on dentin deproteinatation: attenuated total reflection fourier transform infrared spectroscopy study. *Journal of Endodontics*. 2010;12:2008. 11.

46. Ana Paula Mancheto Marcelino JFB, Fuad Abi Rached-Junior, Silvio Rocha Correá da Silva, Danielle Christine Messias. Impact of chemical agents for surface treatments on microhardness and flexural strength of root dentin. *Brazilian Oral Research*. 2014;28(1):1,6.