

**ANÁLISIS POR DIFRACTOMETRIA DE
RAYOS X DEL SISTEMA WAVE ONE GOLD DESPUÉS DEL USO CLÍNICO Y
ESTERILIZACIÓN**

Stepfany Katherine Camargo Murillo
Luisa Fernanda Gaitán Gómez
Katerine Lindo Santamaria

Trabajo de grado para optar al título de Endodoncista

Directores científicos

Dr. Maria Fernanda Serpa
Especialista en Endodoncia

Dr. Javier Gutiérrez
Especialista en Endodoncia

Director metodológico
Dra. Diana Parra
Especialista Epidemiología

Universidad Santo Tomás Bucaramanga

Facultad de Odontología
Posgrado de Endodoncia
Extensión Bogotá
2017
DEDICATORIA

A Dios, por darme la fuerza y perseverancia para culminar este proceso.

A mis padres y hermanos, por ser mí guía, mi fortaleza y motivación para luchar día a día

A mis docentes, por sus aprendizajes, enseñanzas y aportes para formarme como una profesional
integral

A mis amigas Luisa, Katerin, Sunil y Viviana por permitirme ser parte de sus vidas y brindarme
su compañía en esta vocación A Diego, mi compañero de aventuras, quien jamás me desamparó y
siempre me apoyó en los momentos más difíciles para culminar con éxito esta etapa.

KATHERIN CAMARGO MURILLO

Este trabajo se lo dedico a mi papá que debe estar orgulloso en el cielo

Agradecerle a DIOS por qué ha hecho de mí lo que él ha querido

A mi bella familia por su gran apoyo y comprensión

A mis docentes por regalarme sus conocimientos

A mis queridas compañeras por reír, trasnochar y compartir a mi lado este camino de tanto
sacrificio.

LUISA GAITAN GOMEZ

A Dios por iluminar mi camino

A los docentes por su función de enseñar y transmitir su pasión por la endodoncia

A mis compañeras a quienes llevaré siempre en mi corazón

a mi familia por brindarme su apoyo en momentos difíciles y animarme de una u otra
forma contribuyendo a aliviar las cargas para culminar esta meta.

KATERINE LINDO SANTAMARIA

TABLA CONTENIDO

	Pág.
1. Introducción.....	1
1.1 Planteamiento problema.....	2
1.2 Pregunta de investigación.....	2
1.3 Justificación.....	2
2. Marco conceptual teórico.....	4
2.1 Aleaciones de níquel titanio en instrumentos rotatorios.....	4
2.1.1 Fase austenita.....	4
2.1.2 Fase R.....	4
2.1.3 Fase martensita.....	4
2.2 Fatiga cíclica.....	4
2.3 Wave One Gold.....	5
2.4 Clasificación de la curvatura.....	5
2.5 Esterilización.....	6
2.5.1 Dispositivos críticos.....	6
2.5.2 Dispositivos semi-críticos.....	6
2.5.3 Dispositivos no críticos.....	6
2.6 Tomografía de rayo de cono.....	7
2.7 Difracción de rayos X.....	8
2.7.1 Técnicas para difracción de rayos x.....	8
2.7.1.1 Técnica de bragg brentano.....	8
2.7.1.2 Técnica de haz rasante.....	8
2.7.1.3 Técnica de cámara de temperatura.....	8
2.7.1.4 Técnica de ensayo de estrés.....	8
2.7.1.5 Técnica de ensayo de reflectividad.....	8
2.8 Microscopía electrónica de barrido.....	9
2.8.1 Señal de electrones secundarios.....	9
2.8.2 Emisión de rayo X.....	9
2.8.3 Emisión de electrones auger.....	9
3. Objetivos.....	10
3.1 Objetivo general.....	10
3.2 Objetivos específicos.....	10
4. Método.....	11
4.1 Tipo de Estudio.....	11
4.2 Selección y descripción de participantes población.....	11

4.2.1 Población.....	11
4.2.2 Muestra y tipo de muestreo.....	11
4.3 Variables.....	11
	Pág.
4.4 Implicaciones Bioéticas.....	11
4.5 Procedimiento.....	11
5. Resultados.....	13
5.1 Análisis por difracción.....	13
5.2 Análisis SEM.....	14
6. Discusión.....	15
6.1 Conclusión.....	16
6.2 Recomendaciones.....	16
7. Bibliografía.....	17

APÉNDICES

A. Cuadro de operacionalización de variables.....	21
---	----

IMÁGENES

	Pág.
1. Figura 1 Clasificación curvaturas	5
2. Figura 2 Difracción de rayos X limas mediana y primaria en usos 0 al 6.....	13
3. Figura 3 SEM lima primaria nueva.....	14
4. Figura 4 SEM lima primaria usada.....	14
5. Figura 5 SEM lima mediana nueva.....	14
6. Figura 6 SEM lima mediana usada.....	14

**ANÁLISIS POR DIFRACTOMETRIA DE
RAYOS X DEL SISTEMA WAVE ONE GOLD DESPUÉS DEL USO CLÍNICO Y
ESTERILIZACIÓN
WAVE ONE GOLD® SYSTEM X-RAY DIFFRACTOMETRY ANALYSIS
AFTER CLINICAL USE AND STERILIZATION**

Serpa M*, Gutiérrez J*, Camargo S**, Gaitán L**, Lindo, K** y Parra D***.

RESUMEN

Introducción: La preparación biomecánica de conductos radiculares utiliza instrumentos en Níquel Titanio (NiTi), que tienen propiedades de súper elasticidad y memoria de forma. Estos, pueden sufrir alteraciones después del uso y esterilización generando posibles complicaciones. **Objetivo:** Analizar las alteraciones cristalográficas y cambios superficiales de las limas primaria y mediana del sistema Wave One® Gold después del uso clínico y esterilización en molares superiores e inferiores con curvaturas leves a moderadas mediante difracción de Rayos X y SEM. **Método:** La muestra consistió en 2 limas del sistema rotatorio Wave One Gold®, una Primaria (25/0.7) y otra mediana (35/0.6) que se utilizaron en 6 molares con curvaturas de leves a moderadas, que se midieron con tomografía de rayo de cono. Los cambios estructurales y superficiales de las limas posterior a su uso y esterilización se analizaron con difracción de rayos X y SEM. **Resultados:** La difracción de rayos X mostró cuatro planos de la fase austenita con claridad (**110-200- 211- 220**). Los picos atómicos de las limas Primaria y Mediana fueron constantes en todos los usos y esterilizaciones. Al SEM los mayores cambios se observaron en los tercios medio y apical (estrias, debris, exceso de metal y microfracturas). En la lima primaria hubo tres aplanamientos de la estria y en la lima mediana un aplanamiento. **Conclusiones:** Las limas Primaria y Mediana del sistema Wave One Gold® no presentaron cambios estructurales y superficiales relevantes posterior a seis usos en molares con curvaturas de leve a moderado y su respectiva esterilización. **Palabras clave:** SEM, Limas, Niti, Tomografía, Fatiga cíclica.

ABSTRACT

Introduction: The root canal biomechanical preparation uses Nickel Titanium (NiTi) instruments which have memory shape and super elasticity properties. These can suffer alterations after use and sterilization that may lead to some complications. **Objective:** To analyse crystallographic alterations and surface modifications of primary and medium Wave One® Gold system files on upper and lower molars with slight to moderate curvatures after clinical use and sterilization through X-Ray diffractometry and SEM. **Method:** The sample consisted on 2 Wave One® Gold rotatory system files: the Primary one (25/0.7) and the Medium one (35/0.6), both were used on 6 slight to moderate curved molars measured with computed tomography. X-Ray diffractometry and SEM were used to analyse structural and superficial changes on the files after use and sterilization. **Results:** XRD analysis revealed 4 peaks 110, 200, 211 and 220 atomic planes in austenite. Primary and Medium Files did not have changes in intensities peaks after completion six molars and sterilization. SEM examination revealed the main changes in the apical and medium third. (milling grooves, debris, metal strip and micro-cracks). Primary file had three Blunt cutting edges and Medium file had just one. **Conclusions:** Primary and Medium Wave One® Gold files showed no significant changes after completion six molars with curvatures less than 20° and five autoclaving cycles. **Keywords:** SEM, Reciprocating NiTi Files, XRD, Cyclic Fatigue.

Asesor científico*, Residentes especialización Endodoncia**, Asesor metodológico***

1. INTRODUCCIÓN

La preparación biomecánica de conductos radiculares es una fase importante en la terapia endodóntica (1), para la conformación intraradicular, se utilizan instrumentos manuales o rotatorios; los fabricados en Níquel Titanio (NiTi), tienen grandes propiedades como la súper elasticidad y memoria de forma que disminuyen los errores de procedimiento como escalones, perforaciones o trasportación del ápice (2).

La aleación de Níquel Titanio, después del uso y esterilización sufre alteraciones en su estructura, afectando la superficie del instrumento, causando aumento de fatiga cíclica, posibilidad de fractura y deficiencia de corte. (3) En un intento para contrarrestar estas alteraciones en la aleación durante la instrumentación y con el fin de garantizar una preparación óptima del sistema de conductos radiculares, se han diseñado diferentes instrumentos con nuevos tratamientos térmicos que optimizan las propiedades mecánicas de las limas rotatorias, sin embargo, estos avances no garantizan ausencia de eventos adversos durante la preparación debido a que las alteraciones en la estructura del instrumento no son visibles clínicamente (4).

Las limas del sistema Wave One Gold® (WOG), se maquinan con NiTi convencional y posteriormente se les realiza un tratamiento térmico Gold, donde el metal se calienta y enfría lentamente, mejorando la elasticidad del instrumento y permitiendo el control de memoria de forma. Tienen una sección transversal de paralelogramo simétrico, movimiento recíproco y puntos de contacto 2-1, que disminuyen el riesgo a la fractura (5-6). Su presentación es en blisters pre-esterilizados, con un anillo de identificación de color en el mango que coincide con el diámetro en la punta y norma ISO, longitudes de 21, 25 y 31 mm. (7)

El reuso de los instrumentos rotatorios endodónticos es controversial, los fabricantes de WOG sugieren uso único para prevenir la fatiga y fractura; sin embargo investigaciones realizadas con otros instrumentos rotatorios indican que se pueden reutilizar más de una vez (8). En este caso, es necesario realizar un proceso de desinfección y esterilización para destruir y eliminar cualquier tipo de vida microbiana (9). Los estudios que evalúan el efecto de la esterilización sobre las propiedades de las aleaciones, muestran resultados contradictorios. (10,11,12,13,14), adicionalmente diversas situaciones clínicas como la escasa visibilidad, posición del diente, capacidad de apertura bucal y centricidad, pueden contribuir a la fatiga.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La preparación biomecánica de conductos radiculares es la fase más importante en la terapia endodóntica, puesto que, por medio de la instrumentación, se realiza la limpieza y desinfección del conducto físicamente, siendo este un parámetro para el éxito del tratamiento endodóntico. (1)

Para la conformación de los conductos radiculares se utilizan instrumentos manuales o rotatorios. Estos últimos, son fabricados de Níquel Titanio (NiTi), aleación que tiene grandes propiedades como la súper elasticidad y memoria de forma que permiten que el metal pueda retornar a su estado original después de ser sometido a fuerzas mecánicas o cambios de temperatura.(2)

Gracias a estas propiedades, las limas rotatorias de Níquel titanio proporcionan una óptima preparación intraradicular sin generar escalones, perforaciones o trasportación del ápice mejorando así el tratamiento endodóntico y a la vez dando comodidad al paciente por la reducción del tiempo de trabajo.(2)

Sin embargo, como lo ha sugerido Guttman (15), el Nitinol de los instrumentos rotatorios puede sufrir alteraciones estructurales en sus propiedades, posterior a su uso, y a los ciclos de esterilización, puesto que, las temperaturas a las que se someta el instrumento en el ciclo de esterilización pueden afectar su superficie, aumentando la fatiga cíclica, causando su fractura o disminuyendo su eficiencia de corte. (3) Así mismo, es importante tener en cuenta que durante la realización de tratamiento, el operador puede enfrentarse a diversas situaciones clínicas tales como: la escasa visibilidad, diversos grados de curvatura del conducto, posición del diente a tratar, capacidad de apertura bucal y la dificultad que se presenta al momento de acceder a los conductos radiculares por su anatomía y centricidad, (teniendo en cuenta que idealmente el instrumento debe ingresar al conducto siguiendo el eje longitudinal del diente); aumentado la posibilidad de fractura del instrumento con posteriores fallas en las preparaciones y efectos adversos durante el tratamiento.(7)

1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son las alteraciones cristalográficas y estructurales que sufren las limas Wave One® Gold durante el uso clínico y sus ciclos de esterilización, en conductos del primer molar superior e inferior?

1.3 JUSTIFICACIÓN

La fabricación de los instrumentos de uso endodóntico han tenido una evolución marcada en el tiempo gracias a los avances tecnológicos, permitiendo que sus fabricantes faciliten el ejercicio práctico de la endodoncia, garantizando calidad y pronósticos favorables a los tratamientos. (4)

Se han creado estrategias para aumentar la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos rotatorios de níquel titanio mejorando el proceso de fabricación y el uso de nuevas aleaciones optimizando sus propiedades mecánicas. (5).

El Nitinol tiene propiedades físicas y estructurales que hacen que las limas de los sistemas rotatorios sean más eficaces al momento de realizar preparaciones biomecánicas en conductos radiculares, incluso en conductos curvos, comparado con las limas manuales, lo que facilita el trabajo del endodoncista. Con el tiempo, diferentes casas comerciales, han desarrollado diversos sistemas rotatorios, que han sido mejorados, permitiendo que la aleación del instrumento proporcione a la lima eficacia y resistencia al momento de su uso. (4)

Wave One® Gold es un sistema de limas rotatorias de níquel titanio con tratamiento térmico fabricado por la casa comercial Dentsply Mailleffer. Es un instrumento con sección transversal de paralelogramo simétrico, puntos de contacto 2-1 y movimiento recíproco (rotación anti horario- horario). A pesar que sus características de diseño disminuyen el riesgo de fractura, la casa comercial recomienda uso único. (4).

El reuso de las limas endodónticas está indicado máximo 8 veces, dependiendo el ciclo de esterilización y las condiciones anatómicas y morfológicas de cada conducto. Sin embargo, existe controversia respecto al uso prolongado de este sistema de limas debido a que la aleación sufre cambios en su estructura cristalográfica secundario a la fatiga cíclica después de la preparación. (5)

Por lo anterior se debe tener en cuenta que aunque el nitinol es una aleación mejorada puede perder sus propiedades al ser sometida a varios usos y ciclos de esterilización Además, es de resaltar que este estudio al ser realizado In vivo, no garantiza el acceso recto al conducto, puesto que el operador no puede manipular la posición del diente a tratar, siendo este un factor predisponente para la fractura del instrumento. Adicionalmente, la difracción se realiza para establecer las alteraciones estructurales en la fase cristalográfica de la lima. En la actualidad, no se han realizado estudios clínicos que demuestren si existen o no cambios estructurales en el sistema Wave One Gold® posterior a su reuso clínico y esterilización. (4,16)

2. MARCO CONCEPTUAL O TEÓRICO

La limpieza y conformación eficaz del sistema de conductos radiculares es uno de los requisitos principales para el éxito de la terapia endodóntica. Es importante que el endodoncista identifique los factores que influyen en la preparación intraconducto, como lo son, la anatomía interna de los conductos, las características propias del instrumento a utilizar, su diseño y propiedades cristalográficas de las aleaciones que son parámetros determinantes para un óptimo desempeño clínico. Así mismo, la esterilización es otro factor que el endodoncista debe conocer y practicar eficazmente, siendo este necesario para evitar la contaminación durante el procedimiento y conocer sus efectos sobre los instrumentos, asegurando gran parte del éxito del tratamiento. (17)

2.1 Aleaciones de níquel titanio en instrumentos rotatorios

El níquel titanio, es una aleación utilizada para la fabricación de instrumentos endodónticos compuesta por un 56 % de níquel y un 44% de titanio, formando una aleación equiatómica. Posee alta resistencia a la corrosión, biocompatibilidad y dos grandes propiedades que son la memoria de forma y la superelasticidad que permiten su recuperación después de soportar una carga.

El Nitinol, presenta tres estructuras cristalográficas que modifican las propiedades mecánicas de la aleación y dan las propiedades de superelasticidad y memoria de forma del metal: Austenita, Fase R y Martensita. Estas ocurren en función de la temperatura y el estrés. (10)

2.1.1 Fase austenita: es la fase más estable y dúctil de la aleación. Se caracteriza por tener forma de red cúbica a cuerpo centrado y tener una temperatura de 100° C.

2.1.2 Fase R: Es una fase romboédrica, que puede ser inducida por temperatura o estrés.

2.1.3 Fase martensita: Igual que la fase R, la martensita se produce por temperatura o estrés. Cuando la aleación se enfría a través de un intervalo crítico de temperatura de transformación, muestra cambios fuertes en su rigidez y límite elástico, se produce la transformación martensítica por temperatura, con acomodación de maclado, o por estrés, donde ya existe un daño irreversible, identificándose con una acomodación por deslizamiento. (10)

2.2 Fatiga cíclica

La fatiga cíclica se produce de forma inesperada y sin signos visibles de deformación permanente mientras que la fatiga por torsión resulta en un desentorchado del instrumento antes de la fractura.

En el 2005 Bahia y cols., investigaron sobre limas rotatorias de níquel titanio, que fueron sometidas a fatiga cíclica y torsional, hasta su punto máximo de cedencia en conductos curvos. Como resultado mostraron que las limas níquel titanio tienen mejor comportamiento ante la

fatiga cíclica y torsional, teniendo en cuenta que al observar un primer indicio de fatiga en el instrumento su vida útil disminuye en un 40 a 30%. (18)

Johnson y colaboradores, realizaron un estudio comparativo de limas endodónticas rotatorias fabricadas de níquel titanio convencional y alambre M-Wire. Como resultado se observó que las limas con aleación M-Wire, presentaron mejor comportamiento ante la fatiga cíclica y la fatiga torsional, comparado con las limas de aleación de nitinol convencional. (19)

2.3 Wave One® Gold (Maillefer)

El sistema Wave One® Gold es un sistema rotatorio reciprocante en aleación Níquel titanio mejorada, con un tratamiento térmico el cual la casa comercial denominó tratamiento Gold. (4)

Wave One® Gold, es un sistema con avances tecnológicos que proporcionan una mejor aleación con respecto al Sistema Wave One®. Combina la flexibilidad con la resistencia a la fatiga cíclica y torsional, que a su vez cuenta con una eficiencia óptima de corte, facilitando el acceso a la longitud de trabajo. (4-6)

De acuerdo con la casa comercial, este sistema permite en la mayoría de los casos, conformar completamente el conducto radicular con un solo instrumento, emplea una dinámica de movimiento similar a la de la técnica de fuerzas balanceadas propuesta por Roan y Sabala (1985) con un motor pre-programado que rota la lima con un movimiento antihorario dando mayor corte que en sentido horario, con tres ciclos de rotación inversa lo cual permite el instrumento avance gradualmente con poca presión apical. (4)

El sistema Wave One® Gold, viene en blisters pre esterilizados, de cuatro limas, small, primary, medium, y large tiene un anillo de identificación de colores en el mango, amarillo, rojo, verde y blanco, y un diámetro en la punta que coincide con la norma ISO, longitudes de 21, 25 y 31 mm y el mango corto de 11mm para mejorar el acceso a los dientes posteriores. Tiene conicidad variable en sus 16 mm de parte activa para mejorar la flexibilidad y permitir una preparación más conservadora del sistema de conductos radicular en la zona coronal. (4,6)

El sistema tiene 3 ventajas que son:

- Combina la flexibilidad con la resistencia a la fatiga cíclica y torsional, mientras que es lo suficientemente rígido para optimizar la eficacia de corte.
- Reduce la fuerza del instrumento contra la pared del conducto disminuyendo la transportación apical.
- Conicidad variable de las limas.

2.4 Clasificación de la curvatura:

El grado de curvatura es esencial para probar nuevos instrumentos y para elegir una adecuada técnica de preparación, por lo cual ha sido estudiada por autores que han propuesto diferentes clasificaciones.

Schneider por su parte las clasifico en base al grado de curvatura siendo recta cuando presenta entre 0° a 5° , moderada 10° a 20° , y severa de 25° a 70° .(20)

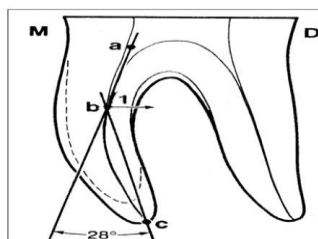


Figura 1: Clasificación de la curvatura

La angulación de la raíz se calcula trazando una línea tangente desde el inicio del conducto (a) hasta el punto de máxima curvatura (b) la otra línea va desde el ápice (c) hasta el punto de máxima curvatura. Se mide el ángulo que forman estas dos líneas y se clasifica con el método de Schneider. (21)

2.5 Esterilización

La esterilización es el proceso de destrucción de todos los microorganismos de un objeto o superficie que incluye esporas. (22) Todo instrumental y equipo destinado a la atención de pacientes requiere de limpieza previa, desinfección y esterilización con el fin de prevenir el desarrollo de procesos infecciosos. (23)

En la endodoncia es necesaria la esterilización para destruir y eliminar cualquier tipo de vida microbiana o esporas bacterianas que estén presentes en la preparación de los conductos. (24)

La clasificación propuesta por el Dr. E. H. Spaulding divide los dispositivos médicos en categorías, en función del riesgo de infección relacionado con su uso. Este sistema de clasificación está ampliamente aceptado y es utilizado por la Administración de Medicinas y Alimentos (FDA), los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC), áreas de epidemiología, microbiología, y organizaciones médicas para determinar el grado de desinfección o esterilización necesario para cada dispositivo médico. Existen tres categorías de dispositivos médicos y su nivel de desinfección asociado:

2.5.1 Dispositivos críticos: Los dispositivos que penetran en tejido normalmente estéril, en el sistema vascular, o a través del cual fluye sangre deben ser esterilizados para eliminar toda presencia microbiana.

2.5.2 Dispositivos semi-críticos:

Dispositivos que entran en contacto con mucosas y no suelen penetrar en el tejido. Este tipo de dispositivos deben exponerse a una desinfección de alto nivel, que se define como la destrucción de todos los microorganismos vegetativos, micobacterias, virus pequeños, virus medianos, esporas fúngicas y ciertos tipos de esporas bacterianas.

2.5.3 Dispositivos no críticos: Dispositivos que no suelen entrar en contacto con el paciente o que entran en contacto únicamente con piel intacta. Por lo tanto, deben limpiarse con bajo nivel de desinfección. (25)

En la resolución 2183 de 2004 del Ministerio de la Protección Social, por la cual se adopta el Manual de Buenas Prácticas de Esterilización para Prestadores de Servicios de Salud, advierte que las infecciones nosocomiales representan un problema y una amenaza permanente, tanto para los enfermos como para el personal que los maneja, para lo cual se hace necesario establecer procedimientos y actividades en las centrales de esterilización, que garanticen el cumplimiento del proceso de esterilización y que el control físico, químico y biológico se cumpla de forma adecuada.(22-9)

Se han realizado diferentes investigaciones con el fin de evaluar el efecto de los ciclos de esterilización sobre las propiedades mecánicas y resistencia a la fractura de los instrumentos endodónticos rotatorios.

Canalda - Shali y cols (1998), informaron una reducción en la resistencia a la torsión y reducción de flexibilidad de limas de acero inoxidable y de níquel titanio convencional después de la esterilización. (11)

Hilt y cols. (12), realizaron un estudio In Vitro sobre las propiedades de torsión de acero inoxidable y limas de níquel - titanio después de múltiples esterilizaciones en autoclave, sus resultados indicaron que ni el número de ciclos de esterilización ni el tipo de esterilización en autoclave utilizado afectan a las propiedades de torsión, dureza y microestructura de limas de níquel - titanio y acero inoxidable. Melo y Cols (13), reportaron que después de 5 ciclos de esterilización, los instrumentos endodónticos rotatorios no sufren deformaciones ni alteraciones en su estructura cristalográfica Viana y cols. (14), coinciden con estos resultados afirmando que los cambios en las propiedades mecánicas de los instrumentos endodónticos después de ser sometidos a ciclos de esterilización, son insignificantes y que además no producen un aumento en la resistencia a la fractura de los instrumentos previamente usados Casper y cols. (18), comprobaron por medio de un estudio sobre los efectos de la esterilización en la resistencia a la fractura y a la deformación torsional de tres sistemas de limas rotatorias, que los ciclos de esterilización en autoclave no tuvieron un efecto significativo en el rendimiento de los sistemas de instrumentación rotatoria probadas.

Confirmando lo anterior, Plotino y Cols. (19)., realizaron un estudio experimental de la influencia de los ciclos de esterilización sobre la fatiga cíclica de los instrumentos rotatorios de Níquel Titanio, de cuatro grupos de instrumentos rotatorios de nitinol con tratamiento termomecánico (K3, Mtwo, Vortex, and K3 XF) sometidos 10 ciclos de esterilización y posteriormente realizaron pruebas de fatiga cíclica a cada sistema. Concluyeron que los ciclos de esterilización en autoclave no influyen en las propiedades mecánicas de los instrumentos rotatorios de endodoncia, excepto en los instrumentos K3 los cuales eran fabricados con aleación Fase R, pero que esto debe confirmarse con pruebas de Difractometría de Rayos X.

El radio, el grado de la curvatura, diámetro, conicidad, masa y el número de uso de los instrumentos son factores que determinan la fatiga por estrés del instrumento. Un instrumento rotatorio debe presentar unas características importantes para favorecer la preparación de conductos curvos: resistencia a la fatiga cíclica, flexibilidad y resistencia a la fatiga por torsión. Estos tres factores disminuyen los errores en la preparación y prolonga la vida útil del instrumento.

2.6 Tomografía de rayo de cono (CBCT)

Se creó para evaluar tejidos duros ayudando en el diagnóstico oral y maxilofacial y la planificación de implantes. Por otra parte, este sistema ha sido muy útil en endodoncia como herramienta con el fin de identificar características anatómicas y variaciones del sistema de conductos radiculares, debido a que el diagnóstico y planificación del tratamiento han sido difíciles de manejar con radiografías bidimensionales. La exposición de un paciente a una TC convencional ha sido aproximadamente 100-300 microsievverts (mSv) para el maxilar y 200-500 mSv para mandibular. Sin embargo, la exposición a la radiación a CBCT ha sido 34-102 mSv, que ha dependido del tiempo de exposición.

2.7 Difracción de Rayos X

La difracción de rayos X es el conjunto de técnicas analíticas que muestra información sobre la estructura cristalina de un metal, su distribución atómica y tamaño de los cristalitos. Es un método útil para investigar la estructura de red de las fases NiTi en localizaciones específicas y proporciona información valiosa para complementar los resultados de calorimetría diferencial de barrido

El análisis se realiza sobre la muestra a temperatura ambiente (a menudo 25°C), con radiación monocromática CuK α a 40 kV y una corriente de tubo de 100 mA. Los átomos en la dispersión de la red cristalina (difracción), el rayo-X en un patrón de puntos específicos a la estructura de la red. Al rotar la muestra, un modelo tridimensional del cristal se puede obtener por un software (8).

La difracción proporciona la imagen más adecuada sobre las estructuras cristalinas y constituyen la herramienta más poderosa disponible para el estudio de la estructura íntima de la material cristalina. Se presenta como un fenómeno de dispersión de rayos X en el cual participan todos los átomos de la sustancia irradiada. Los rayos X son difractados por electrones que rodean el átomo por la longitud de onda y la magnitud del radio atómico; el haz del rayo X emerge tras esta interacción y contiene la información sobre la posición y tipo de átomos encontrados en su camino. Por su estructura periódica, dispersan elásticamente los haces de rayos X en ciertas direcciones y los amplifican por interferencia constructiva, originando un patrón de difracción. (28)

2.7.1 Técnicas para difracción de Rayos X

2.7.1.1 Técnica de Bragg Brentano: permite obtener información sobre las fases y estructura cristalina de todo tipo de materiales en polvo, película delgada y en bloque. Adicional a ello, a través del procesamiento de los datos de los difractogramas se puede obtener información de parámetros cristalográficos y de orientación preferencial de los planos de reflexión.

2.7.1.2 Técnica de haz rasante: utilizada para obtener información contenida en la superficie o recubrimiento de un material

2.7.1.3 Técnica de cámara de temperatura: mediante esta prueba se puede obtener información

del cambio de la estructura cristalina de la muestra sometida a la valoración de la temperatura, la cual permite subir la temperatura del material a ensayar hasta 1200°C, teniendo la opción de ingresar gases para generar atmosferas oxidantes (oxígeno), reductoras (hidrógeno) e inertes (nitrógeno) o cualquier gas no reactivo, como también la opción de ingresar vacío al sistema.

2.7.1.4 Técnica de ensayo de estrés: mediante este ensayo se obtiene información del estrés microestructural de la muestra que ha sido sometida a diferentes tensiones.

2.7.1.5 Técnica de ensayo de reflectividad: mediante este ensayo se obtiene información del espesor de la muestra. Películas desde 1 nm a 100 nm. (29)

2.8 Microscopia electrónica de barrido

Prueba que permite observar muestras relacionadas con el campo de la ciencia, material biológico, basándose en el principio de la microscopia óptica en la que se sustituye el haz de luz por un haz de electrones en la que se observan las muestras en tres dimensiones. La preparación de esta, debe ser lo suficientemente delgada como para ser transparente al haz de electrones. Las interacciones del haz de electrones proporcionan información específica sobre la composición de los objetos: topografía, cristalografía, potencial eléctrico, campo magnético local, etc.

El microscopio electrónico en su parte principal llamada columna de electrones lleva en su interior una serie de elementos son:

- Cañón de electrones con un filamento: actúa como emisor o fuente de iluminación.
- Sistema de lentes electromagnéticas encargado de focalizar y reducir el haz de electrones
- Sistema de barrido: hace recorrer el haz de electrones ya focalizado por la superficie de la muestra.
- Sistemas de detección: permiten captar el resultado de la interacción del haz de electrones y transformarlo en una señal eléctrica.

Adicionalmente, el microscopio cuenta con sistemas que permiten observar las señales de los detectores en forma de imágenes sobre un monitor.

El otro detector, de rayos X, captura este tipo de señal, con la que obtenemos un espectro de elementos, es decir un análisis químico elemental de la muestra. La técnica esencialmente consiste en hacer incidir en la muestra un haz de electrones. Este bombardeo de electrones provoca la aparición de diferentes señales que, captadas con detectores adecuados, nos proporcionan información acerca de la naturaleza de la muestra.

2.8.1 Señal de electrones secundarios: proporciona una imagen de la morfología superficial de la muestra. Son los electrones arrancados a la propia muestra por la acción del haz incidente. Con esta señal se obtiene en el monitor una imagen de la muestra, muy parecida a la visión del ojo humano debido a la gran profundidad de foco de esta señal. Esta señal proporciona una imagen más real de la superficie que se está estudiando, uso electrones tienen energía inferior a 50 eV (electronvoltios).

2.8.2 Emisión de rayos X: Cuando los electrones de niveles internos son expulsados por la interacción de los electrones primarios, habrá transiciones entre los niveles de energía con emisión de rayos X, esta energía y longitud de onda están relacionadas con la composición elemental del espécimen, permitiendo realizar análisis químicos mediante espectroscopía por dispersión de energía y de longitud de onda (EDS y WDS).

2.8.3 Emisión de electrones Auger: Cuando un electrón es expulsado de un átomo, otro electrón más externo puede saltar hacia el interior para llenar esta vacancia resultando en un exceso de energía. Esta energía extra puede ser liberada emitiendo un nuevo electrón de la capa más externa (electrón Auger). Son utilizados para obtener información sobre la composición de pequeñísimas partes de la superficie de la muestra. (30)

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar las alteraciones cristalográficas y cambios superficiales de las limas primaria y mediana del sistema Wave One® Gold durante el uso clínico y sus esterilización luego de ser empleados en seis molares superiores e inferiores con curvaturas de leve a moderada mediante difracción de rayos X y SEM.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Describir los cambios que se encuentran en la fase martensita y austenita posterior al uso y esterilización de las limas primaria y mediana del sistema Wave One Gold® por medio de difracción de Rayos X.
2. Comparar los cambios cristalográficos entre cada uso y esterilización de las limas primaria y mediana del sistema Wave One® Gold
3. Observar mediante microscopía electrónica de barrido los cambios estructurales de las limas primaria y mediana después de los seis usos.

4. MÉTODO

4.1. TIPO DE ESTUDIO

Experimental descriptivo In Vitro

4.2. SELECCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE PARTICIPANTES POBLACION

4.2.1 POBLACIÓN

Sistema de rotatorio Wave One Gold.

Primer Molar superior e inferior con curvature leve a moderada de la clasificación de Schneider.

4.2.2 MUESTRA Y TIPO DE MUESTREO

Sistema de rotatoria Wave One Gold después de uso y estilización

Tipo de muestreo no probabilístico por conveniencia.

4.3 VARIABLES.

Número de usos, fase cristalográfica, análisis estructural.

4.4 IMPLICACIONES BIOÉTICAS

Según la resolución 8430 de 1993 el estudio se clasifica como riesgo mínimo.

4.5 PROCEDIMIENTO

Este es un estudio experimental descriptivo In-vivo. Como muestra se tomaron dos limas del sistema rotatorio Wave One Gold: una primaria (25/0.7) y una mediana (35/0.6) que fueron utilizadas en la preparación de 6 molares (4 superiores 2 inferiores), para un total de 20 conductos instrumentados en cinco pacientes. Se seleccionaron pacientes que accedieron a participar en el estudio, que tuvieran molares superiores o inferiores con necesidad de tratamiento endodóntico, curvaturas radiculares de leves a moderadas según clasificación de Schneider (17). Se excluyeron dientes con variaciones anatómicas como conductos en C, curvaturas mayor de

20°, conductos calcificados, reabsorciones, fracturas radiculares y dientes sin cierre apical. La fractura de la lima durante la preparación del conducto también fue tomada como criterio de exclusión.

Inicialmente se realizó una difractometría con dos limas nuevas, que sirvieron como referencia para este estudio. La valoración del paciente y el procedimiento se llevó a cabo por parte de un endodoncista experto. Se realizó una tomografía inicial para la estandarización por parte del operador y las investigadoras, seleccionando curvaturas de leve (0° a 10°) y moderada (10° a 20°) respectivamente.

Previo diligenciamiento de historia clínica, se inició el procedimiento clínico de preparación de los conductos radiculares, según el siguiente protocolo establecido para la preparación: Anestesia con lidocaína 2% 1: 80.000 en la zona a tratar, apertura coronal con fresa diamante # 4 y endozecrya (Densply Maillefer), aislamiento absoluto con tela de caucho (Nic-ton), se determinó longitud de trabajo tentativa mediante radiografía obtenida con técnica de paralelismo, se permeabilizaron los conductos usando la lima tipo K[®] # 10 (Densply Maillefer), con irrigación simultánea de hipoclorito de Sodio al 5,25% (Eufar), se realizó ensanchamiento coronal con ensanchador Next XA[®] (Densply Maillefer), se determinó longitud de trabajo definitiva con localizador apical Pixi[®] (Densply Maillefer), se realizó pre ensanchamiento apical con lima Proglider, (Densply Maillefer) utilizando el motor IQ[®] (Densply Maillefer). Se utilizaron las limas primaria y mediana del sistema Wave One[®] Gold (Densply Maillefer) con movimiento de cepillado o pincelado para los tercios coronal y medio, y picoteo para el tercio apical. Antes de instrumentar el tercio apical se realizó patencia con una lima tipo K # 10 (Densply Maillefer).

Luego de terminar la preparación de cada conducto, las limas fueron sometidas al proceso de limpieza y desinfección, con barreras de bioseguridad específica, de la siguiente manera: recepción e inmersión de las limas, sumergidas en un recipiente con solución de detergente enzimático (Alkazyme) durante 15 minutos, lavadas bajo chorro de agua y cepillo, se retiraron los restos de dentina de la parte activa de las limas, se secaron con toallas de papel desechables; una vez terminado el proceso, se llevaron las muestras en un contenedor al laboratorio para análisis por difractometría de la Universidad de Antioquia con un equipo marca Panalytical modelo Empiream, con un rayo que incidió a 40Kv y corriente de 100Ma, a una temperatura ambiente de 25°C.

Una vez finalizada la difractometría, se procedió a desinfección de las muestras que posteriormente fueron empacadas en bolsas de polietileno, identificadas y rotuladas con fecha, lote y número de paquete. Posteriormente se llevaron a la clínica de la Federación Odontológica Colombiana, donde fueron esterilizadas en autoclave (OLSOTEK) durante 40 minutos a 30 libras de presión a 134°C, con un secado de 20 minutos. Este procedimiento se repitió para cada uso.

Después del sexto uso y esterilización, se realizó un análisis por medio de microscopia electrónica de barrido (SEM) para observar las alteraciones superficiales del instrumento. Este análisis también se realizó en la Universidad de Antioquia por medio de un microscopio de barrido JEOL, modelo JSM 6490-LV a una ampliación frontal de 500-600 y 1000X.

5. RESULTADOS

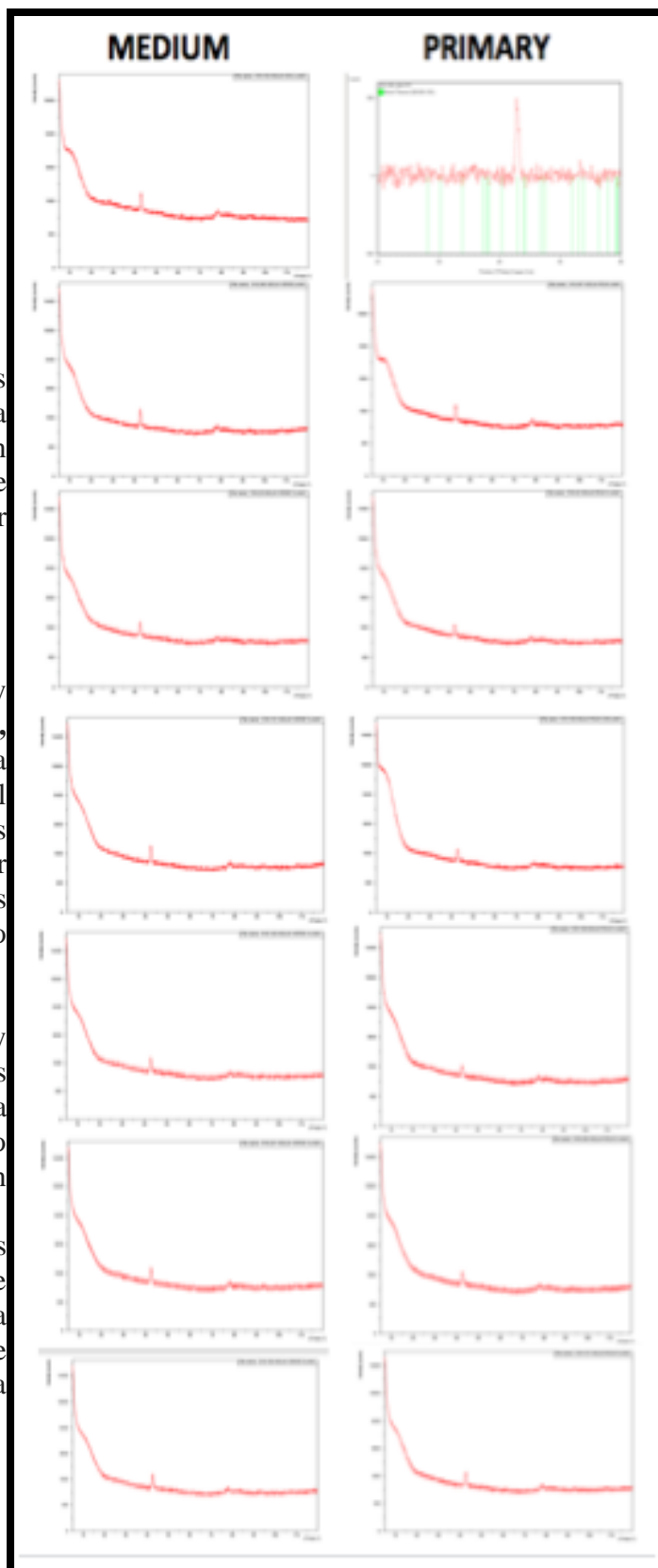
Los datos obtenidos del análisis de las difractometrías y de microscopía electrónica de barrido (SEM) fueron consignados en un instrumento de recolección de datos, que permitió tabular la información.

5.1 Análisis por difractometría

Se observó con claridad picos estables y altos en los planos (110), (200), (211), (220) que corresponden a la fase Austenita de las limas Primaria y Mediana del sistema Wave One® Gold, en el uso 0. Las fases R y Martensita no se pueden ver debido a que la intensidad de los picos es más baja, así que se necesita de otro método de detección para estas.

En los usos 1, 2, 3 de las limas Primaria y Mediana, se observan los planos atómicos, (110), (200), (211), (220) con una intensidad y altura constante, mostrando que esta fase de austenita está presente y sin cambios.

En todos los planos atómicos de las limas Mediana y Primaria del sistema Wave One Gold® en la detección de la fase Austenita de los usos 4, 5, 6 se observó constancia de los picos, lo que muestra que la estructura



del material de las limas no ha tenido una deformación evidente.

Figura2. Difractometría de limas Medium y Primary uso 0 al 6

5.2 Análisis Del SEM:

El análisis de microscopía electrónica de barrido (SEM) que se realizó a las limas Primaria y Mediana del sistema Wave One Gold®, fue realizado por un experto externo, que observó los mayores cambios superficiales en los tercios apical y medio.

En la lima Primaria se encontraron 3 aplanamientos en la hoja de corte, con desgaste en los tercios apical medio y coronal, también se observó estrías o marcas de fabricación, debris y exceso de metal principalmente en apical y medio, acompañado de microfracturas.

En la lima Mediana se detectó un aplanamiento en la hoja de corte en la parte apical, con desgaste en los tercios apical medio y coronal, también se observó estrías o marcas de fabricación, debris, exceso de metal y microfracturas en el tercio apical.

Ninguna lima usada o nueva, alteraciones como hoyos, corrosión, cracks, fracturas del instrumento o pérdida de metal.

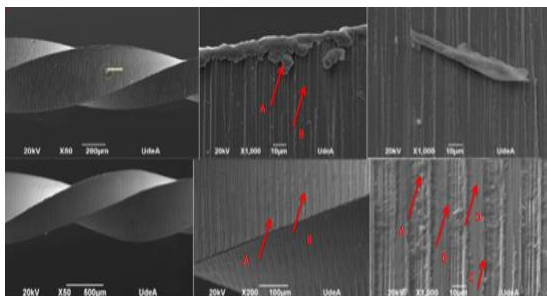


Imagen 1 Microscopía electrónica barrido, lima primaria nueva y usada sistema Wave One Gold™. vista tercio medio. A. Exceso de metal B. Estrías o marcas de fabricación C. Microfracturas D. Desgaste

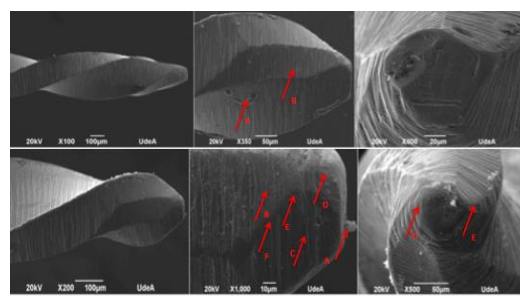


Imagen 2 Microscopía electrónica barrido, lima primaria nueva y usada sistema Wave One Gold™. vista tercio apical. A. Exceso de metal B. Estrías o marcas de fabricación C. Microfracturas D. Desgaste E. Interrupción del filo de corte F. Aplanamiento hoja de corte y estrías

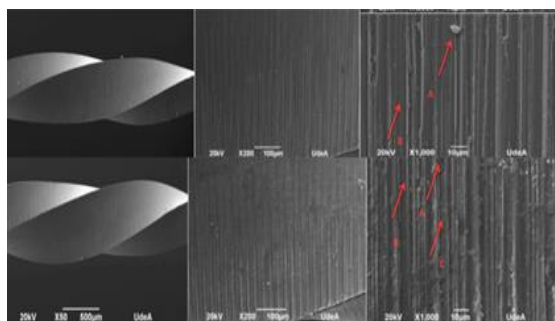


Imagen 3 Microscopía electrónica barrido, lima mediana nueva y usada sistema Wave One Gold™. vista tercio medio. A. Exceso de metal B. Estrías o marcas de fabricación C. Microfracturas

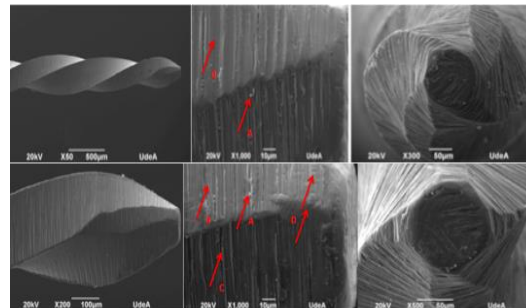


Imagen 4 Microscopía electrónica barrido, lima mediana nueva y usada sistema Wave One Gold™. vista tercio apical. A. Exceso de metal B. Estrías o marcas de fabricación C. Microfracturas D. Desgaste

6. DISCUSIÓN

El presente estudio analizó los cambios estructurales y superficiales de las limas primaria y mediana del sistema Wave One Gold[®] por medio de difracción de rayos X y SEM, después de seis usos y esterilización en conductos de molares superiores e inferiores, se observó ausencia de cambios estructurales relevantes y presencia de cambios superficiales como microfracturas, marcas de fabricación, debris y exceso de metal.

En el análisis por difracción de rayos X, se observaron con claridad los picos de los planos atómicos **(110)**, **(200)**, **(211)** **(220)** de la fase austenita de las limas Primaria y Mediana WOG. Al comparar los planos de las limas nuevas(uso 0) con las limas usadas (usos 1-2-3-4-5-6), se observa que se mantiene la intensidad de los picos, mostrando que no existen alteraciones marcadas en la estructura del instrumento.

Estos resultados concuerdan con los descritos por Shen y cols (31), quienes evaluaron la lima Profile Vortex nueva y posterior a su uso, encontrando un pico principal para estos mismos planos atómicos en austenita sin diferencia entre los 3 grupos experimentales. También, Gutiérrez y cols. (32) observaron en dos limas WO primary utilizadas para la instrumentación de conductos mesiales de molares superiores, tres picos austeníticos constantes en los planos atómicos **(110)**, **(200)** y **(211)**.

La evaluación al SEM de las limas Primaria y Mediana WOG, tuvieron cambios superficiales como marcas de fabricación, debris, exceso de metal, microfracturas y aplanamiento de hoja de corte que se consideraron normales por el número de uso al que fueron sometidos los instrumentos. No se observaron microfracturas, hoyos, corrosión, cracks o fracturas, coincidiendo con los resultados de Park y Kim (33) quienes analizaron las limas Reciproc, R 25 y Wave One[®] primaria después de instrumentar cinco conductos curvos, observaron ligeros desgastes y defectos superficiales. Contrario a estos hallazgos Sattapan y cols. (34), encontraron que el 50% las limas Quantec Series 2000 vistas al SEM después de 10 usos, presentaron deformación plástica visible, desentorchamiento, curvaturas o desdoblamientos en su superficie, y el 50 % restante se fracturó. Los resultados podrían atribuirse a que estos instrumentos son fabricados con NiTi convencional y accionados a rotación continua.

La conservación de la estructura de las limas Primaria y Mediana WOG se atribuye a múltiples factores entre los que se encuentra el tratamiento de la aleación, fabricada en NiTi convencional con un tratamiento térmico en presencia de oxígeno que mejora sus propiedades de control de forma y superelasticidad. (6-16) Plotino y cols. (35), evaluaron la resistencia de la fatiga cíclica de Protaper Gold y Protaper Universal, encontrando que Protaper Gold tuvo mayor resistencia a la fatiga cíclica debido a que tiene un comportamiento de transformación específica de dos fases y temperatura austenita final mayor. Además en su uso clínico se encuentra en fase martensítica, lo que permite ser más dúctil, suave y pre-curvarse fácilmente, concluyendo así, que las aleaciones con tratamiento térmico son más resistentes a la fatiga cíclica en comparación con los instrumentos fabricados en NiTi convencional. Topcuoglu y cols. (45), compararon la resistencia a la fatiga cíclica de Reciproc R25, WO Primary y WOG Primary, afirmando que las limas WOG mostraron mayor resistencia a la fatiga cíclica que las Reciproc R25 y WO Primary debido a que estas dos últimas están elaboradas con una aleación NiTi M-Wire, mientras que la lima WOG está fabricada con aleación térmica Gold. Elsaka y cols. (36), comprobaron alta resistencia a la torsión y flexibilidad de WOG comparada con Reciproc y Twister File Adaptativo, lo que respalda los resultados de esta investigación.

Otro factor es el movimiento reciprocante. Castello-Escrivá y cols., afirman que la cinemática del movimiento de los instrumentos NiTi, influye en la resistencia a la fatiga cíclica. Este movimiento propuesto por Yared (37), reduce el riesgo de fractura debido a que los ángulos de rotación son más pequeños que los ángulos de deflexión.

En este estudio el grado y radio de curvatura de los conductos radiculares fue controlado por tomografía axial computarizada, lo que permitió estandarizar los molares con curvaturas de leve a moderado según Schneider (38) antes de la instrumentación. Amr y cols. (39), afirman que la curvatura del conducto es considerada como el principal factor de riesgo para la fatiga cíclica y torsional del instrumento, afirmación que es respaldada por Gambarini (40). Zelada y cols. (41), en su estudio realizado con ProFile en conductos con curvaturas menores y mayores a 30°, en el que observó que las limas utilizadas en conductos con menor curvatura se comportaron mejor. Eleman y cols (42) muestran que en las curvaturas de 60 grados instrumentados con Protaper Next tenían mayor porcentaje de fractura.

Las limas primaria y mediana WOG fueron desinfectadas y esterilizadas por medio de calor húmedo después de cada uso. A pesar de esto, no se presentaron alteraciones en la estructura que se pudieran asociar a este proceso. Melo y Cols (13), reportaron que después de 5 ciclos de esterilización los instrumentos endodónticos rotatorios no sufren deformaciones ni alteraciones en su estructura cristalográfica. Viana y cols (14), coinciden con estos resultados, afirmando que los cambios en las propiedades mecánicas de los instrumentos endodónticos después de ser sometidos a ciclos de esterilización son insignificantes. Casper y cols. (18), comprobaron los efectos de la esterilización en la resistencia a la fractura y a la deformación torsional de 3 limas rotatorias concluyendo que los ciclos de esterilización en autoclave no tuvieron un efecto significativo en el rendimiento de los sistemas rotatorios probados.

Yao y cols. (43), indicaron que aunque el uso de dientes extraídos simula situaciones clínicas, no están estandarizados anatómicamente. Por lo tanto, los dientes extraídos no son ideales para la prueba de la fatiga cíclica de los instrumentos NiTi. Esta investigación fue realizada In vivo, asegurando un resultado más confiable debido a que se manejan situaciones clínicas reales sin

que se modifiquen sus condiciones.

6.1 CONCLUSIÓN

Las limas Primaria y Mediana del sistema Wave One Gold® no presentaron cambios estructurales y superficiales relevantes posterior a seis usos en molares con curvaturas de leve a moderado y su respectiva esterilización. Por lo tanto, estos instrumentos pueden ser utilizados hasta en 20 conductos de 6 molares en situaciones similares.

6.2 RECOMENDACIÓN

Controlar adecuadamente el radio y grado de la curvatura con tomografía axial computarizada con el fin garantizar la eficiencia en la preparación y la vida útil del instrumento para evitar fatigas en la aleación. Se recomienda realizar estudios clínicos para evaluar el comportamiento de las limas primaria y mediana del sistema WOG en dientes con curvaturas de moderado a severo.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Andrade D, Toledo B, Picoli F. Reduction in the degree of the mesial canal of lower molars after coronal flaring with stainless Steel or niti rotary instruments. Rev Gaucha Odontología. 2013;61(2):187-92.
2. Pereira J, Peixoto C, Viana D, Oliveira B. Physical and mechanical properties of a thermomechanically treated NiTi wire used in the manufacture of rotary endodontic instruments. J Endod. 2012;45(2):469-72.
3. Bermejo A, Macorra J, Paniagua A. Efecto de la esterilización en la resistencia a la fatiga cíclica de las limas hyflex® cm a nivel apical y coronal. J Endod. 2013;61(2):224-25.
4. Revista Soluciones clínicas 03-2015 Dentsply Maillefer 2015. Citado: 20-04-2016. Disponible : http://www.dentsply.es/Revista/PDF/SolucionesClinicas01_2014.pdf
5. Sben Y, Winestock E, Chung S, Haapasalo M. Deffects in niti instruments after clinical use. Part 4: Electropolished instruments. J Endo. 2009;35:197-201.
6. Taha Özyürek Cyclic Fatigue Resistance of Reciproc, WaveOne, and WaveOne Gold Nickel-Titanium Instruments. J Endo. 2016;42(10):1536-39.
7. Tobón D. Manual básico de endodoncia. 1ª Ed. Colombia. Editorial CIB. 2003. 52.
8. Baratto F, Zaitter G, ,* Aihara G, Alves de Campos E, Analysis of the Internal Anatomy of Maxillary First Molars by Using Different Methods. J Endod 2009;35(3):337-42.
9. Moya M, Pinzón M, Forero D. Odontología Básica Integrada, Bioseguridad: Normas de Bioseguridad para la práctica odontológica. 2ª. Colombia. Editorial Zamora. 2009. 69.

10. Nagy D, Szabo J, Szabo J. A Mathematically Based Classification of Root Canal Curvatures on Natural Human Teeth. *J Endod.* 1995;21(11):557-60.
11. Webber J, Machtou P, The Wave One single-file reciprocating system Roots. *J Endod* 2011;1(1):28-33.
12. Hilt B, Cunningham C, Shen C, Torsional Properties of Stainless-Steel and Nickel-Titanium Files After Multiple Autoclave Sterilizations. *J Endod.* 2000;26(2): 76-80.
13. Melo M, Bahia G. Fatigue resistance of engine-driven rotary nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod.* 2002;28(11):765-69.
14. Viana A, Gonzalez B, Buono V, Bahia M. Influence of sterilization on mechanical properties and fatigue resistance of nickel- titanium rotary endodontic instruments. *J Endod.* 2006;39(32):709-15.
15. Gutmann J, Gao Y. Alteration in the inherent metallic and Surface properties of nickel–titanium root canal instruments to enhance performance, durability and safety: a focused review. *J Endod.* 2012;45(2):113-28.
16. Adigüzel M., Capar I. Comparison of Cyclic Fatigue Resistance of WaveOne and WaveOne Gold Small, Primary, and Large Instruments. *J Endod* 2017;43(4):623-27.
17. Plotino G, Grande N, Cotti E. Treatment Enhances Cyclic Fatigue Resistance Of Vortex Nickel-Titanium Rotary Files. *J Endod.* 2014;40(9):1451-53
18. Casper R, Howard W, Mark D. Comparison of Autoclaving Effects on Torsional Deformation and Fracture Resistance of Three Innovative Endodontic File Systems Experimental. *J Endod.* 2011;37(11):1572-75.
19. Plotino G, Alberto C, Petrovic R, Evaluation on the influence of Autoclave Sterilization on the Cyclic Fatigue of New Nickel- Titanium Rotary Instruments, *J Endod.* 2012;38(2):222–25.
20. Stock C, Gulavibala K, Walker R., Goodman J. Atlas en color y texto de endodoncia. 4^a Ed. Estados Unidos. Editorial Harcourt Brace. 2004;6(30):55-59.
21. Cohen S, Burns R. Vías de la pulpa. 9^a Ed. Holanda. Editorial Elsevier. 2008;35(8):65-70.
22. Huimin Z, Peng B. An overview of the mechanical properties of nickel-titanium endodontic instruments. *Endod Top.* 2013;29(4):42-54.
23. Alapati S, Brantley W. Metallurgical characterization of a new nickel-titanium wire for rotary endodontic instruments. *J Endod.* 2009; 35(11):1589-93.
24. Ministerio De Protección Social. Dirección General De Promoción Y Prevención Programa Nacional De Prevención Y Control De Las Enfermedades Infectocontagiosas. Manual De Buenas Practicas De Esterilización Resolución 2183 De 2004.

25. Quintero G, Nieto J, Lerma C. *Infección en Cirugía Oral: Antisépticos y Desinfectantes*. 1ª Ed. Colombia. Editorial Médica Panamericana. 2001;20(2):52-56.
26. Secretaria Distrital de Salud, Institución Universitaria Colegios de Colombia, Colegio Odontológico. *Guía de Practica en Salud Oral: bioseguridad*. Bogotá. 2010.
27. Canalda C, Brau E, Seentis J. The effect of sterilization on bending and torsional properties of K-files manufactured with different metallic alloys. *J Endod*. 1998;1(4):25-27
28. Bahia M, Buono M. Influence of simulated clinical use on the torsional behavior of nickel-titanium rotary endodontic instruments. *Oral Surg Oral Med Oral Path Radiol Endod*. 2006;101(5):675-80.
29. Johnson E. Comparison between a Novel Nickel-Titanium Alloy and 508 Nitinol on the Cyclic Fatigue Life of ProFile 25/.04 Rotary Instruments. *J Endod*. 2008;61(2):187-92
30. Luger P. *Modern x-ray analysis on single crystals*. 1ª Ed. Alemania. Editorial Walter de Gruyter. 1980;34(89):30-35.
31. Shen Y, Coil J, Zhou H., ProFile Vortex Instruments after Clinical Use: A Metallurgical Properties Study *J Endod* 2012;12(38):1613-17.
32. Gutiérrez JF, Cajamarca DC, Monroy JC. Alteraciones de la estructura de la lima primaria posterior a su uso. *Univ Odontol*. 2015 Jul-Dic; 34(73): 29-36. <http://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.uo34-73.aelp>
33. Park S, Kim Y, Shon W, You, S. Clinical Efficiency and Reusability of the Reciprocating Nickel–Titanium Instruments According to the Root Canal Anatomy. *Wiley Periodicals* 2013 (9999) 1-6.
34. Sattapan B., Nervo G., Palamara J., Defects in rotary Nickel-Titanium files after clinical use. *J Endod* 2000;3(26):161-65.
35. Plotino G, Grande N., Mercade, M., Gambarini G. Influence of temperatura on cyclic fatigue resistance of Protaper Gold and Protaper Universal rotary files. *J Endod* 2016;1(2):1-3.
36. Topcuoglu H, Duzg S, Akti A., Topcuoglu G. Comparación de laboratorio de resistencia a la fatiga cíclica de limas Waveone Gold, Reciproc y WaveOne en conductos con una curvatura doble. *International Endod Journal*. 2016;6(11):557-60
37. Yared G. Canal preparation with only one reciprocating instrument without prior hand filing: A new concept. 2011;4(7):1-8.
38. Schneider S. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg Oral Path Oral Med*. 1971;32(27):220-23.

39. Amr M. Elnaghy, Elsaka SE. Evaluation of root canal transportation, centering ratio, and remaining dentin thickness associated with ProTaper Next instruments with and without glide path. *J Endod.* 2014;5(16):675-80.
40. Gambarini G., Plotino G, Sannino G. Cyclic fatigue of instruments for endodontic glide path. *J Endod* 2009;4(26):161-65.
41. Zelada G., Varela P., Martín B., Bahilo J. The Effect of Rotational Speed and the Curvature of Root Canals on the Breakage of Rotary Endodontic Instruments. *J Endod* 2002;7(28):540-42.
42. Eleman R., Capelas J., Vieira M., Effect of repeated use on topographical features of ProTaper Next endodontics rotary file. *Journal of international Oral Health.* 2016;8(4):445-50.
43. Yao JH, Schwartz SA, Beeson TJ. Cyclic fatigue of three types of rotary nickel-titanium files in a dynamic model. *J Endod* 2006;7(22):55-7.

APÉNDICES

B. Cuadro de operacionalización de variables

Variable	Nombre	Definición	Tipo	Escala
Independiente	Limas del sistema Wave One® Gold		Cualitativa ordinal	Primaria Mediana
Independiente	Número de uso y de esterilizaciones	Número de veces que se va a usar la lima	Cuantitativa discreta	0:0 1:0 2:1 3:2 4:3 5:4 6:5
Dependiente	Fase cristalográfica	Estructura interna de la aleación	Cualitativa Continua	Martensita Autenita Fase R
Dependiente	Análisis estructural	Observación visual de las características de la superficie de fractura	Cualitativa continua	